

Organizadores:

Thiago Santana de Oliveira
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Carolina Gomes Araújo Garreto
Ronaldo de Jesus Barros

2024

Estudos em
Engenharia
& Inovação
Volume 7

Thiago Santana de Oliveira
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Carolina Gomes Araújo Garreto
Ronaldo de Jesus Barros
(Organizadores)

ESTUDOS EM ENGENHARIA & INOVAÇÃO

VOLUME 7

EDITORA PASCAL

2024

2024 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. Will Ribamar Mendes Almeida

Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior

Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda

Dr^a. Sinara de Fátima Freire dos Santos

Dr. Raimundo Luna Neres

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O48c

Coletânea Estudos em engenharia e inovação / Thiago Santana de Oliveira, Mirian Nunes de Carvalho Nunes, Carolina Gomes Araújo Garreto e Ronaldo de Jesus Barros (Org). São Luís - Editora Pascal, 2024.

376 f. : il.: (Estudos em engenharia e inovação; v. 7)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-6068-087-6

D.O.I.: 10.29327/5421749

1. Engenharia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. 4. Miscelânea. I. Oliveira, Thiago Santana de. II. Nunes, Mirian Nunes de Carvalho. III. Garreto, Carolina Gomes Araújo. IV. Barros, Ronaldo de Jesus. V. Título.

CDU: 621.7::330.341.1

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2024

www.editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

Nos últimos anos, os desafios dos engenheiros frente as mudanças tecnológicas no processo produtivo impõem operarem dentro dos conceitos da Indústria 4.0. O surgimento dos sistemas de digitalização nas operações produtivas, promoveu profunda mudança na realidade das manufaturas fazendo que o mercado de trabalho (empresas/indústrias) busquem por profissionais que estejam mais adaptados às conjunturas tecnológicas e nesse caso engenheiros que possuam competências técnicas, metodológicas, sociais e pessoais.

Como atualmente a produção mais autônoma, as fábricas possuem capacidade de prever erros, promover adaptações e mudanças rápidas, onde o engenheiro capacitado apontará às melhores tomadas de decisões que reduzirá os impactos no resultado final.

No Brasil, as mudanças da quarta revolução industrial têm ocorrido a passos lentos em relação ao resto do mundo, mas já é uma realidade bastante forte nas indústrias brasileiras. E o engenheiro tem o papel de fomentar esse desenvolvimento através da difusão de conhecimento, apresentando as melhores estratégias na alocação de investimentos, atualização de fornecedores, melhores layout na infraestrutura e principalmente, na implantação de metodologias de produção inteligente.

Um estudo realizado em 2017 pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) apontou que dos 24 setores industriais do Brasil, 14 estão atrasados na adoção de tecnologias digitais. Assim dados do IBGE mostra que, os 14 setores em situação de vulnerabilidade respondem por cerca de 40% da produção industrial e 38,9% do PIB industrial brasileiro. O que evidencia a necessidade de investimentos urgentes para manter-se sobrevivendo no mercado altamente competitivo. O papel do engenheiro na busca das melhores estratégias para elevar o grau de inovação com o objetivo de uma maior inserção das indústrias brasileiras no mercado global.

O desafio após a pandemia que estagnou a produtividade do trabalho, a ideia é trazer cada vez mais tecnologia no dia a dia para o ambiente dentro das fábricas, tornando-as mais inteligentes beneficiando as empresas, colaboradores e indústrias como um todo.

Este livro apresenta vários estudos das engenharias que corrobora com os conceitos da atualização tecnológica. A composição do livro é através de capítulos da engenharia ambiental, engenharia produção, engenharia mecânica, engenharia de controle e automação, engenharia elétrica e engenharia química, onde abordam temas sobre processo produtivo, manutenção industrial, computação, comunicação, redes, IoT, resíduos sólidos, segurança do trabalho, sustentabilidade, projeto etc.

Convido para essa atualização tecnológica!

Eduardo Mendonça Pinheiro

Doutor em Agroecologia, especialista em Engenharia de Produção e professor da Universidade Estadual do Maranhão

ORGANIZADORES

Thiago Santana de Oliveira

Bacharel em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal do Maranhão (2004), com mestrado em Engenharia de Materiais (2016), na mesma instituição. Atuou como profissional nas áreas de siderurgia e gerenciamento de frota de veículos e equipamentos a diesel, com bons conhecimentos nas ferramentas de gestão da manutenção e produção. Ministra aulas desde 2005, sendo a experiência inicial no ensino médio e técnico. Atualmente, trabalha no ensino superior, onde possui experiência de 10 anos, e técnico, ocupando os cargos de docente e coordenador de curso. Responsável pela organização de eventos na instituição e gestão de documentação dos cursos que coordeno. Possui importantes publicações na área.

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Graduada em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA. Graduada em Formação Pedagógica de Docentes para as áreas do Ensino Médio e Profissionalizante pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Pós-Graduada Gestão Educacional pela Faculdades Integradas Potencial - FIP - Cotias - SP; em Arte, Educação e Tecnologias Contemporâneas pela Universidade de Brasília - UnB e em Docência do Ensino Superior pela Universidade Candido Mendes RJ. Exerce cargo de Professora na Faculdade Anhanguera São Luís - MA, ministrando as disciplinas de Desenho Técnico, Desenho Técnico Mecânico no programa computacional Inventor da Autodesk, Desenho Técnico Projetivo no programa computacional AutoCAD da Autodesk e Orientação de TCC. Atuou como Professora EaD da disciplina de Desenho Técnico de 2013 a 2020 no Curso de Segurança do Trabalho pela UEMANET.

Carolina Gomes Araujo Garreto

Possui mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, pela Universidade do Porto (2019), Especialização em Engenharia de segurança do trabalho, pela Universidade Estácio de Sá - Laboro (2015), Especialização em engenharia ferroviária, pela UnDB (2012) e graduação em Engenharia Elétrica Industrial pelo IFMA (2011).

Ronaldo de Jesus Barros

Possui formação técnica em Mecânica Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA (2012); Graduação em Engenharia Mecânica pela Faculdade Pitágoras de São Luís (2019); Especializações em Engenharia de Materiais (2021) e Docência do Ensino Superior (2021), ambas pela Universidade Norte do Paraná. Atualmente (2023), é professor no ensino superior de engenharia na Faculdade Anhanguera de São Luís e está cursando Mestrando em Engenharia Mecânica com ênfase em Processos de Fabricação Mecânica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA.

SUMÁRIO

SEÇÃO: ENGENHARIA AMBIENTAL

CAPÍTULO 1	13
ESTUDO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS E DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DURANTE O PROCESSO DE MINERAÇÃO	
<i>Francilene de Jesus Carvalho Alves</i> <i>Geiziane Oliveira Gomes</i>	
CAPÍTULO 2	24
EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS ESCOLAS: PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS	
<i>Ygor de Araújo Salazar</i>	
CAPÍTULO 3	36
MINERAÇÃO E SEUS REFEXOS SOCIOAMBIENTAIS	
<i>Darlyson Alves Barbosa</i>	
CAPÍTULO 4	46
OS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	
<i>Winter Douglas Costa Xavier</i>	
CAPÍTULO 5	56
DESAFIOS PARA A AMPLIAÇÃO DO USO RESIDENCIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL	
<i>Jonas Guimarães Correa</i>	
CAPÍTULO 6	67
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA): ETAPAS E PROCEDIMENTOS	
<i>Denielson Lima Barbosa</i>	
CAPÍTULO 7	79
EDUCAÇÃO AMBIENTAL DISCUTIDA NAS ESCOLAS PÚBLICAS	
<i>Silmara Barbosa Couto</i>	
CAPÍTULO 8	91
DESAFIOS DO SANEAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS URBANAS	
<i>Ana Karine Silva Brasil</i>	

CAPÍTULO 9.....	103
SANEAMENTO BÁSICO NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL: IMPACTOS NA SAÚDE PÚBLICA E NA DIGNIDADE HUMANA	
<i>Paula Cristina Teixeira Costa</i>	
CAPÍTULO 10.....	110
O IMPACTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MEIO AMBIENTE: DESAFIOS E SOLUÇÕES	
<i>Claudemir Ferroz de Oliveira</i>	
CAPÍTULO 11.....	122
RESÍDUOS SÓLIDOS E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	
<i>Thais Teixeira Oliveira</i>	
CAPÍTULO 12.....	134
A POLUIÇÃO DA ÁGUA DO MAR POR PETRÓLEO: ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL	
<i>Ayda Kátia Ferreira Silva</i>	
CAPÍTULO 13.....	143
TECNOLOGIAS AMBIENTAIS UMA POSSIBILIDADE PARA UM FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL	
<i>Gustavo Ferreira Carvalho</i>	
<i>Wellington Santos Araújo</i>	
<i>Orlando Benício Santos</i>	
CAPÍTULO 14.....	155
A URBANIZAÇÃO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS NO SOLO	
<i>Djaine da Silva Fernandes</i>	
<i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i>	
CAPÍTULO 15.....	165
MODERNIZAÇÃO E FLEXIBILIZAÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL: AVANÇO OU RETROCESSO?	
<i>André Luiz Bittencourt Pinto Junior</i>	
<i>Eduardo Mendonça Pinheiro</i>	
CAPÍTULO 16.....	174
COMPOSTAGEM DOMÉSTICA: COMO PRÁTICA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL E GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DOMICILIARES	
<i>Leandra Nina Muniz</i>	

SEÇÃO: ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

CAPÍTULO 17	187
A INTERNET DAS COISAS PARA A MANUTENÇÃO PREDITIVA <i>Raymir Araújo Ferreira</i>	
CAPÍTULO 18	196
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NO SETOR HOSPITALAR <i>Claudionylson de Jesus dos Santos Pereira</i>	
CAPÍTULO 19	207
O IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS INDÚSTRIAS <i>Luís Henrique de Aquino Marques</i>	
CAPÍTULO 20	216
O CONTROLE E A AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0 <i>Francisco de Alves Lima Júnior</i>	
CAPÍTULO 21	226
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E COMPETITIVA: O USO DE TECNOLOGIAS AVANÇADAS EM CONTEXTOS EMPRESARIAIS <i>Werley Ximenes da Silva</i>	
CAPÍTULO 22	234
AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE PROCESSOS ATRAVÉS DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL <i>Diogo Travassos Martins</i>	
CAPÍTULO 23	242
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: O USO NO MERCADO BRASILEIRO E SEUS IMPACTOS NA SOCIEDADE E NO MEIO AMBIENTE <i>Rosimeiry Jansen Silva Torres</i> <i>Marcus Righetti</i>	
CAPÍTULO 24	253
INTERNET DAS COISAS: APLICAÇÃO NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL <i>Modesto Alves da Paciência Filho</i>	
CAPÍTULO 25	263
O CONTROLE E AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO <i>Denilson Barros França</i> <i>Lilian Barros Santiago</i>	

CAPÍTULO 26	272
NOVAS TECNOLOGIAS NA AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	
<i>Fernando Matos Ferreira</i>	
<i>Lilian Barros Santiago</i>	
CAPÍTULO 27	281
A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE E AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0	
<i>Antonio Geovandro Moreira Pedrosa</i>	
<i>Lilian Barros Santiago</i>	
CAPÍTULO 28	290
AUTOMAÇÃO E SISTEMAS INFORMATIZADOS DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL	
<i>Hudson Bastos Cascaes</i>	
<i>Carolina Gomes Araújo Garreto</i>	
CAPÍTULO 29	298
OS PROCESSOS DE AUTOMAÇÃO NAS EMPRESAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL	
<i>Paulo Romário Costa Prazeres</i>	
<i>Lilian Barros Santiago</i>	
CAPÍTULO 30	306
SMART HOMES: A AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E UM APANHADO SOBRE AS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA CONECTIVIDADE DAS CASAS INTELIGENTES E SEUS IMPACTOS NO BEM-ESTAR DA SOCIEDADE	
<i>Pedro de Oliveira Dutra Neto</i>	
<i>Victor Augusto Fernandes Arouche</i>	
<i>Marcus Righetti</i>	
CAPÍTULO 31	315
A RELEVÂNCIA DAS REDES INDUSTRIAIS NO TANGENTE À INDÚSTRIA 4.0	
<i>Thiago Ferreira Mendes</i>	
<i>Paulo Jose Pinto Souza</i>	

SEÇÃO: ENGENHARIA QUÍMICA

CAPÍTULO 32326

PRODUÇÃO DE BIOGÁS: UMA FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

Kleber Augusto da Silva De Sousa

Unielson Conceição Pacheco

Rayanne Oliveira do Nascimento

Flávia Cristina de Oliveira Maciel

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Orlando Benicio Santos

CAPÍTULO 33339

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS9

Leandra de Sousa Castro

CAPÍTULO 34347

O PROCESSO INDUSTRIAL NA CONVERSÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS AGROINDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES

Rayanne Oliveira do Nascimento

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Orlando Benício Santos

Flavia Cristina De Oliveira Maciel

Kleber Augusto Da Silva De Sousa

Unielson Conceição Pacheco

CAPÍTULO 35356

PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE COSMÉTICOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS

Flavia Cristina de Oliveira Maciel

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Orlando Benício Santos

Rayanne Oliveira do Nascimento

Kleber Augusto da Silva de Sousa

Unielson Conceição Pacheco

CAPÍTULO 36368

GERENCIAMENTO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS QUÍMICOS NA INDÚSTRIA

Unielson Conceição Pacheco

Kleber Augusto da Silva de Sousa

Rayanne Oliveira do Nascimento

Flavia Cristina de Oliveira Maciel

Orlando Benicio Santos

ENGENHARIA AMBIENTAL





1

ESTUDO DOS ASPECTOS AMBIENTAIS E DO GERENCIAMENTO
DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DURANTE O PROCESSO DE
MINERAÇÃO

STUDY OF ENVIRONMENTAL ASPECTS AND SOLID WASTE
MANAGEMENT DURING THE MINING PROCESS

Francilene de Jesus Carvalho Alves

Geiziane Oliveira Gomes

Resumo

A mineração é uma atividade industrial que envolve a extração de minerais valiosos da terra. Durante o processo de mineração, uma grande quantidade de resíduos sólidos é gerada, incluindo rochas indesejáveis, solo e outros materiais. O estudo dos aspectos ambientais e do gerenciamento de resíduos sólidos durante o processo de mineração é de extrema importância devido aos impactos importantes que essa atividade pode causar no meio ambiente. Diante desse contexto o objetivo geral consiste em compreender as práticas de gestão ambiental adotadas pelas empresas de mineração avaliando a efetividade dessas práticas na minimização dos impactos ambientais e no gerenciamento dos resíduos sólidos gerados durante o processo de mineração. A metodologia utilizada trata-se de uma revisão de literatura, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Google Acadêmico, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental dentre outros, envolvendo a temática discutida. Nos resultados os estudos demonstraram o papel das regulamentações ambientais na orientação das práticas de mineração e promoção de um gerenciamento adequado de resíduos sólidos. Destaca-se a importância de regulamentações eficazes, fiscalização rigorosa e conformidade com padrões internacionais. Conclui-se que o estudo dos aspectos ambientais e do gerenciamento de resíduos sólidos durante o processo de mineração é de suma importância, dada a complexidade e os impactos importantes que essa atividade pode ter no meio ambiente.

Palavras-chave: Rejeitos. Mineração. Gerenciamento de Resíduos. Resíduos Sólidos

Abstract

Mining is an industrial activity that involves extracting valuable minerals from the earth. During the mining process, a large amount of solid waste is generated, including unwanted rocks, soil and other materials. The study of environmental aspects and solid waste management during the mining process is extremely important due to the important impacts that this activity can have on the environment. Given this context, the general objective is to understand the environmental management practices adopted by mining companies, evaluating the effectiveness of these practices in minimizing environmental impacts and managing solid waste generated during the mining process. The methodology used is a literature review, using a qualitative and descriptive method. The search was carried out using the following search engines Scientific Electronic Library Online (SciELO), Google Scholar, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental among others, involving the topic discussed. In the results, the studies demonstrated the role of environmental regulations in guiding mining practices and promoting adequate solid waste management. The importance of effective regulations, rigorous supervision and compliance with international standards is highlighted. It is concluded that the study of environmental aspects and solid waste management during the mining process is extremely important, given the complexity and important impacts that this activity can have on the environment.

Key-words: Tailings. Mining. Waste management. Solid Waste.

1. INTRODUÇÃO

A grande preocupação com a responsabilidade social e a sustentabilidade faz com que as organizações desenvolvam medidas para avaliação do desempenho ambiental e a adoção de melhores práticas sustentáveis, desta forma, os ganhos serão maiores a médio ou longo prazo. Com o passar do tempo, a extração mineral tornou-se uma das principais atividades para o desenvolvimento social e econômico, com isso, o processo de extração mineral no Brasil ganhou forte destaque no cenário econômico mundial.

Justifica-se o estudo por compreender que a mineração é uma atividade fundamental para a economia de diversos países, sendo responsável pela extração de minerais que são utilizados na produção de bens de consumo, na construção civil, na geração de energia, entre outros setores. No entanto, essa atividade também pode gerar impactos ambientais significativos, principalmente em relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos gerados durante o processo de mineração.

Nota-se que o estudo dos aspectos ambientais e do gerenciamento dos resíduos sólidos durante o processo de mineração é um tema de extrema importância para a sustentabilidade da atividade. Diante dessa realidade, este trabalho possui o seguinte problema de pesquisa: de que maneira promover o estudo dos aspectos ambientais e do gerenciamento dos resíduos sólidos durante o processo de mineração de forma a garantir a sustentabilidade da atividade?

Para tal, o objetivo geral consiste em compreender as práticas de gestão ambiental adotadas pelas empresas de mineração avaliando a efetividade dessas práticas na minimização dos impactos ambientais e no gerenciamento dos resíduos sólidos gerados durante o processo de mineração. Os objetivos específicos são caracterizar os resíduos sólidos gerados durante a atividade de mineração; revisar as leis e regulamentações relacionadas aos resíduos sólidos na mineração. E por fim, descrever as tecnologias e práticas sustentáveis adotadas pelas empresas de mineração para minimizar os impactos ambientais.

Este estudo evidencia a importância de abordar o amplo trabalho desenvolvido pelas grandes companhias mineradoras e ainda analisar o processo de recuperação dos rejeitos minerais no sentido de amenizar o impacto ambiental e promover uma atividade mineradora mais saudável.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O proposto tratou-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizou-se para tanto o método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2013 até 2022. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa. Os principais autores foram: Pessoa (2016), Barreto (2016), Araújo et al., (2015), Mechi e Sanches (2018). Os descritores utilizados na pesquisa foram: Rejeitos. Mineração. Gerenciamento de Resíduos. Resíduos Sólidos.



2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Mineração

Enriquez e Drummond (2017), em sua pesquisa, definem a mineração como uma atividade que tem origens na palavra latina medieval “*mineralis*”, relacionada a minas e minerais. O verbo “*mine*”, derivado do ato de cavar minas no século 16, foi adotado devido à escavação de valas ao redor de fortes durante as guerras com o objetivo de derrubá-los.

Barreto (2016) define a mineração como a garantia de minerais da rocha e/ou do solo, uma atividade de natureza econômica básica, também conhecida como indústria de mineração mineral ou indústria de produtos minerais em sentido amplo.

Segundo a classificação internacional adotada pela Organização das Nações Unidas (2015), a mineração abrange a garantia, processamento e processamento de minerais encontrados em seu estado natural, incluindo sólidos, como carvão, líquidos, como petróleo bruto, e gasosos, como o gás natural.

De maneira mais abrangente, Fernandes *et al.* (2014) inclui mineração de minas subterrâneas e a céu aberto, pedreiras e poços, juntamente com atividades complementares para a preparação e processamento geral de minério, desde que o minério esteja disponível para venda e não cause danos irreversíveis às mudanças em sua condição original.

No contexto brasileiro, Pessoa (2016) explica que a atividade mineradora se confundiu com o processo de colonização do país, baseado na exploração de suas riquezas minerais, e foi liderada para atender ao mercado externo. De acordo com o IBRAM (2015), a indústria de mineração é uma das bases do PIB do Brasil, com uma produção estimada em US\$ 38 bilhões em 2015. O setor de mineração brasileiro é composto por 95% de pequenas e médias mineradoras.

Segundo a Revista Minérios e Minerales (2013), as minas no Brasil estão distribuídas por região, com 4% no norte, 8% no centro-oeste, 13% no nordeste, 21% no sul e 54% no sudeste. Barreto (2016) também observa que em 1992 estimava-se a existência de aproximadamente 16.528 pequenas empresas com uma produção mineral de US\$ 1,98 bilhão, geralmente concentradas em regiões metropolitanas e dedicadas à extração de materiais de construção civil.

De acordo com Silva (2017), além das atividades de mineração, diversas outras atividades humanas têm contribuído para a geração de problemas ambientais no uso do solo e do subsolo. Isso inclui a urbanização desordenada, práticas agrícolas intensivas, pecuária, construção de barragens para geração de energia elétrica e o uso descontrolado de águas subterrâneas.

Conforme relatado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (2017), a definição de mineração abrange não apenas a exploração de minas, pedreiras e poços subterrâneos e a céu aberto, mas também todas as atividades associadas à preparação e ao processamento geral do minério, desde que o minério possa ser comercializado em seu estado original sem provocar alterações irreversíveis na natureza.

Conforme destacado pelo Instituto Brasileiro de Mineração (2015), o Brasil possui uma riqueza significativa em recursos minerais, abrangendo um total de 72 tipos de minerais, dos quais 23 são metais, 45 são não metais e 4 estão relacionados à energia. Além disso, o país conta com 1.820 garimpos, 830 complexos hídricos e 13.250 licenças relacionadas à atividade mineradora. No entanto, é importante observar que as matérias-primas extraídas nesse contexto são commodities não renováveis, o que significa que têm o potencial de se esgotar à medida que são exploradas.

Farias (2013), por sua vez, destaca que no Brasil, os principais tipos de mineração incluem a extração de carvão, ouro, chumbo, zinco, prata, agregados para construção, mineração de ferro, calcário, cassiterita e gesso. Esses recursos desempenham um papel crucial na economia do país, mas sua exploração deve ser realizada de forma responsável, considerando os impactos ambientais e a sustentabilidade a longo prazo.

Conforme descrito por Araújo *et al.* (2015), a mineração é uma atividade temporária de uso da terra que envolve alterações significativas nas condições ambientais naturais. Essa atividade é caracterizada como um modificador da paisagem, pois frequentemente resulta na degradação de vastas áreas, que muitas vezes são desafiadoras de restaurar devido à destruição da vegetação, do solo e da água. Isso implica que toda a região circundante ao empreendimento de mineração pode necessitar de uma reforma completa para recuperar seu estado original.

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), em sua publicação “Mining and the Green Economy” de 2015, abordou as perturbações causadas por essa atividade, destacando os desafios que ela apresenta em relação à conservação ambiental e à busca por práticas mais sustentáveis na indústria da mineração, e que os impactos diretos ou primários podem ser resultantes de qualquer atividade que envolva supressão ou limpeza de áreas (tais como vias para acesso, construção de estradas, perfuração para exploração, construção de barragens de rejeitos, entre outros), lançamento nos corpos hídricos ou no ar (emissão de particulados), sendo que estes são rapidamente identificáveis e passíveis de remediação (IBRAM, 2015,p.56).

Conforme apontado nos estudos de Moreira (2013), no contexto brasileiro, a indústria de mineração é regulamentada por uma série de normas e regulamentos, com três níveis de autoridades estatais envolvidos na regulação da mineração e do meio ambiente. No âmbito federal, essas agências desempenham papéis cruciais, incluindo o desenvolvimento de diretrizes e regulamentações, bem como a responsabilidade pelo licenciamento, fiscalização e assegurando a conformidade do uso de recursos minerais com a legislação mineral e ambiental.

Conforme mencionado por Silva (2017), a preocupação com a alteração do equilíbrio ecológico devido a atividades humanas ganhou destaque entre pesquisadores a partir da década de 1960, e a dimensão política dessa questão cresceu significativamente a partir da década de 1970. Atualmente, é imperativo que qualquer projeto seja planejado considerando seu impacto ambiental e ecológico, refletindo a crescente conscientização sobre a importância da preservação do meio ambiente.

Conforme observado por Fernandes *et al.* (2014, p. 5), a atividade de mineração gera impactos negativos significativos, que incluem o desmatamento, alterações no fluxo de água, aumento da dispersão de metais pesados, modificação da paisagem e do solo, bem como danos à flora e fauna. Além disso, essa atividade pode afetar o estilo de vida e a qualidade de vida das comunidades residentes nas proximidades das áreas de mineração.

Conforme indicado por Fernandes *et al.* (2014, p. 5), a atividade de mineração resulta em impactos negativos significativos, tais como desmatamento, alterações no fluxo de água, aumento na dispersão de metais pesados, modificação da paisagem e do solo, bem como danos à flora e fauna. Adicionalmente, essa atividade pode influenciar o estilo de vida e a qualidade de vida das comunidades que residem nas proximidades das áreas de mineração.

De acordo com Mechi e Sanches (2018, p. 209), a atividade de mineração geralmente provoca uma série de impactos negativos. Isso inclui a remoção ou destruição da vegetação, frequentemente acompanhada pela perda do solo superficial fértil. O solo remanes-



cente pode estar sujeito a processos erosivos que podem resultar no assoreamento de corpos d'água próximos.

Conforme destacado por Amade e Lima (2019), na indústria de mineração, é importante reconhecer que os impactos ambientais negativos podem surgir desde as fases iniciais do planejamento e, embora sua magnitude possa aumentar ao longo do tempo, é crucial identificá-los no estágio inicial de implantação. Isso permite a implementação de medidas de mitigação eficazes durante o desenvolvimento do projeto, com o objetivo de minimizar ou prevenir danos ambientais futuros.

De acordo com Mechi e Sanches (2018), os impactos gerados pela mineração são abrangentes e variam desde a degradação da paisagem até efeitos prejudiciais no equilíbrio dos ecossistemas. Isso inclui a redução ou destruição de habitats naturais, o que pode resultar na morte de espécies vegetais e animais, e em casos extremos, até mesmo na extinção de espécies.

Esses impactos destacam a importância de abordar de maneira responsável e sustentável a atividade de mineração, considerando os efeitos a longo prazo sobre o meio ambiente e a biodiversidade. Medidas de mitigação adequadas e a conformidade com regulamentações ambientais são fundamentais para minimizar esses impactos negativos.

2.2.2 Gerenciamento de resíduos de mineração

Conforme a Norma Brasileira nº 13028/2014, os resíduos de mineração são originados das atividades relacionadas à pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios. A periculosidade de um resíduo, de acordo com essa norma, está relacionada às suas propriedades químicas, físicas e, em casos específicos, à presença de agentes infectocontagiosos. Portanto, compreender o potencial poluidor desses resíduos é de extrema importância ao considerar processos de reutilização, tratamento ou disposição final. O gerenciamento adequado dos resíduos de mineração é essencial para mitigar os impactos ambientais e proteger a saúde pública.

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2013) a gestão adequada desses resíduos é fundamental na indústria de mineração para minimizar impactos ambientais negativos e garantir a segurança das comunidades próximas às áreas de mineração. Isso inclui medidas para o armazenamento seguro, o tratamento e a disposição adequada dos estéreis e rejeitos

Conforme a Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2013, que trata do Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, os resíduos sólidos industriais são definidos como todos os resíduos que resultem de atividades industriais e que se encontrem nos estados sólido, semissólido, gasoso (quando contido) e líquido, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição. (BRASIL, 2013, p. 56).

É relevante destacar que o levantamento apresentado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA (2013) abrange também os resíduos provenientes das atividades de «Perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural» e «Pesquisa Mineral com Guia de Utilização». Essas atividades juntas são responsáveis pela geração de aproximadamente 297.290 toneladas de resíduos sólidos,

conforme informações de 2013

De acordo com a Lei 6.938/2013 inc. I do art. 3º que determina que o meio ambiente é “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as formas” (BRASIL, 2013). Esta mesma lei traz temas ligados a mineração, como a recuperação de áreas degradadas e o princípio do poluidor-pagador, todavia não fornece uma definição do que seria mineração.

Conforme observado por Nunes (2015), a mineração pode ser definida de forma genérica como a atividade de extração de minerais que possuam valor econômico. Essa definição ressalta a importância fundamental da mineração no desenvolvimento humano ao longo da história. A atividade de mineração tem sido essencial para suprir a demanda por recursos minerais, que são utilizados em uma ampla variedade de setores econômicos, desde a construção civil até a indústria de alta tecnologia.

De acordo com o Código de Mineração no Decreto-Lei nº227 classifica as minas, segundo a forma representativa do direito de lavra, em duas categorias: “I - mina manifestada, a em lavra, ainda que transitoriamente suspensa” e “II - mina concedida, quando o direito de lavra é outorgado pelo Ministro de Estado de Minas e Energia”. E lavra, Art.36, como sendo “conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas” (BRASIL, 2015, p.56). Com isso, nota-se, que existe uma relação bastante próxima entre meio ambiente e mineração, já que esta atividade produz impactos diretos ao ambiente.

Já o Direito Ambiental, é o conjunto de princípios e normas que tem como objetivo regulamentar as atividades humanas que produzem efeitos ao meio ambiente; o direito minerário é destinado a regulamentação da atividade mineradora. Outro fator são os impactos produzidos por esta atividade, a Lei 6.938/13, traz a definição de degradação da qualidade ambiental e a poluição, previstas nos incs. II e III do art. 3º, respectivamente, em seu inciso II, que trata da degradação da qualidade ambiental, a referida Lei define como “a alteração adversa das características do meio ambiente” (BRASIL,2013) e poluição como Art. 3º:

Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por: (...) III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 2013, p.89).

O artigo 225, § 2º da Constituição Federal estabelece que aqueles que exploram recursos minerais têm a obrigação de recuperar o meio ambiente degradado, seguindo soluções técnicas exigidas pelos órgãos públicos competentes. Isso significa que as empresas envolvidas na mineração devem adotar medidas de recuperação ambiental para mitigar os danos causados durante a exploração mineral.

2.2.3 Práticas sustentáveis adotadas pelas empresas de mineração para minimizar os impactos ambientais

O ponto levantado por Vasconcelos et al. (2019) é fundamental e reflete a crescente conscientização sobre a importância da responsabilidade ambiental e social nas atividades econômicas, incluindo a mineração. Empresas e indústrias que têm um impacto significativo no meio ambiente e na sociedade devem adotar práticas de gestão sustentável e medidas para mitigar os riscos associados às suas operações.

O processo mencionado por Bugalho (2013) está relacionado aos procedimentos de licenciamento ambiental para empreendimentos, incluindo projetos de mineração. Esse processo é fundamental para garantir que as atividades empresariais cumpram as regulamentações ambientais e operem de maneira responsável, minimizando os impactos ambientais negativos.

As medidas de mitigação, conforme apresentadas por Menezes (2017), são ações ou estratégias implementadas após a identificação e categorização dos impactos ambientais potenciais de um projeto. Essas medidas são projetadas para reduzir ou minimizar os impactos adversos no meio ambiente resultantes da atividade planejada. As mitigações podem ser definidas da seguinte forma como medidas preventivas de mitigação, medidas corretivas de mitigação, medidas compensatórias de mitigação e medidas de potencialização.

As medidas de mitigação apresentadas pela mineradora Samarco, conforme descritas por Silva e Andrade (2017), demonstram um compromisso com a redução dos impactos ambientais associados às operações de mineração. Essas medidas refletem a importância de adotar uma abordagem proativa para a gestão ambiental nas operações de mineração.

A supressão vegetal deve obedecer à Lei Federal 9.985/2013 que regulamenta o artigo 225, 1º incisos I, II, III e VI da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e entre outras coisas, determina a criação, implantação ou manutenção de unidades de conservação, para como os planos devem ser específicos; e Manter a verificação diária de retirada de animais que podem ter caído em valas e colocação de rampas, principalmente onde há maior risco de acidentes com animais (BRASIL, 2013).

As medidas propostas por Carvalho *et al.* (2019) como parte de um plano de controle/prevenção/gestão de impactos ambientais da empresa refletem um compromisso com a gestão ambiental responsável nas operações de mineração. Essas medidas refletem uma abordagem holística para a gestão ambiental em operações de mineração. Elas visam não apenas minimizar os impactos negativos no meio ambiente, mas também promover uma cultura de responsabilidade ambiental e sustentabilidade.

O conceito de desenvolvimento sustentável, conforme relatado por Moreira (2013), é fundamental na discussão sobre como equilibrar as necessidades do presente com a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras. O desenvolvimento sustentável é uma abordagem que reconhece a interconexão entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais do desenvolvimento humano. Ele busca equilibrar o progresso econômico com a proteção ambiental e a equidade social.

O ponto levantado por Wink (2015) sobre o rótulo de atividade poluidora na indústria de mineração é relevante e reflete uma mudança significativa na percepção e nas práticas da indústria ao longo do tempo. Portanto, a indústria de mineração reconheceu a importância de abordar preocupações ambientais e adotar práticas mais sustentáveis.

O ponto levantado por Viana (2014) sobre a importância de buscar alternativas para

compensar as falhas ambientais e integrar a sociedade, o meio ambiente e a economia nas atividades empresariais é fundamental para a abordagem da sustentabilidade.

O ponto destacado por Amade e Lima (2019) sobre as mineradoras serem orientadas a usar suas capacidades técnicas e financeiras para estimular o desenvolvimento de novos negócios não relacionados à mineração é uma estratégia interessante que pode ter vários benefícios.

O argumento apresentado por Viana (2014) sobre a possibilidade de a mineração ser sustentável ao promover a equidade intrageracional (entre as gerações atuais) e intergeracional (entre as gerações presentes e futuras), minimizar impactos negativos e manter padrões ambientais é fundamental para uma abordagem sustentável na indústria de mineração.

Em resumo, a mineração sustentável não significa evitar completamente a exploração de recursos minerais, mas sim adotar práticas que equilibrem o uso responsável desses recursos com a proteção do meio ambiente e o bem-estar das comunidades locais. A busca pela equidade intrageracional e intergeracional, juntamente com a minimização de impactos negativos e o cumprimento de padrões ambientais, são princípios-chave para alcançar a sustentabilidade na indústria de mineração.

3. CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou entender o estudo dos aspectos ambientais e do gerenciamento dos resíduos sólidos durante o processo de mineração são fundamentais para resumir as descobertas e destacar as dicas importantes. Nesse contexto, é essencial abordar os principais pontos e destacar as ações possíveis para promover a sustentabilidade e a minimização dos impactos ambientais da mineração.

No primeiro capítulo observou-se o conceito da mineração e como desempenha o papel na economia de muitos países, fornecendo recursos naturais essenciais para a produção de uma variedade de produtos, desde metais preciosos até minerais industriais e energéticos. É importante reconhecer a contribuição significativa da mineração para o crescimento econômico e a criação de empregos.

No segundo capítulo ressalta-se a questão do gerenciamento de mineração que é uma situação complexa e requer uma abordagem holística, considerando não apenas os aspectos técnicos, mas também os impactos ambientais, sociais e econômicos. Portanto enfatizou a importância da responsabilidade, normas adequadas e a busca contínua por soluções mais sustentáveis na gestão de resíduos de mineração.

O terceiro capítulo desta pesquisa destacou sobre as práticas sustentáveis adotadas pelas empresas mineração que incorporam a sustentabilidade em sua cultura organizacional e demonstram um compromisso de longo prazo com a proteção do meio ambiente e isso deve ser enfatizado destacando a importância de um compromisso contínuo.

Dessa forma, entende-se um estudo dos aspectos ambientais e do gerenciamento de resíduos sólidos na mineração deve enfatizar a importância da sustentabilidade, da conformidade regulatória e do engajamento com a comunidade. O objetivo final é encontrar um equilíbrio entre a exploração de recursos minerais e a preservação do meio ambiente para as gerações futuras.

Referências

- AMADE, P.; LIMA, H. M. Desenvolvimento sustentável e garimpo – O caso do Garimpo do Engenho Podre em Mariana, Minas Gerais. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto. v. 62, n. 2, p. 237-242, abr.-jun. 2019.
- ARAUJO, A. de P. et al., Uso do resíduo da mineralização de esmeraldas da Província Esmeraldífera de Nova Era em solo agrícola. In: Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências/UFMG; **Anais...** Minas Gerais: 2015. 98 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13028. Mineração — **Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água** — Requisitos. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 22 p.;
- BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro, RJ, 2016. CETEM/MCT. Disponível em: <<http://pubs.iied.org/pdfs/G00580.pdf>> Acesso em 05.08.23.
- BRASIL. Decreto-Lei nº227. **Código de Mineração**, de 28 de fevereiro de 2013. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm> Acesso em 04.08.23
- BRASIL, Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 2013. **Dispõe sobre Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação**. Brasília, DF, v.1, n.4, p.297-305. Caderno Legislativo, n.4.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 001/1986, de 23 de janeiro de 2013. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 2013. 2548-2549 p.
- BRASIL. Decreto-Lei nº227. **Código de Mineração**, de 28 de fevereiro de 2013 Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm> Acesso em 12.09.23
- BRASIL, Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 2013. **Dispõe sobre Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação**. Brasília, DF, v.1, n.4, p.297-305. Caderno Legislativo, n.4.
- BUGALHO, Nelson R. Estudo prévio de impacto ambiental. **Revista de direito ambiental**, nº 15, vol. 4, 2013
- CARVALHO, F. F. et al. **Mineração sustentável: os desafios de conciliar a exploração de recursos não-renováveis a uma prática sustentável geradora de desenvolvimento econômico**. In: XXIX Encontro Nacional De Engenharia De Produção - A Engenharia De Produção E O Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia E Gestão. Salvador – BA, 2019.
- Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Anuário de Produção Mineral do Brasil**. Brasília: DNPM, 2017
- EXPOSIBRAM AMAZÔNIA. **Informativo Diário**. I Congresso de Mineração da Amazônia. Exposição Internacional de Mineração. Belém. Edição 1. Novembro de 2018.
- FARIAS, C. E. G. **Mineração E Meio Ambiente No Brasil**. Outubro, 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/minera.pdf>. Acesso em 7 de jan. de 2016.
- FERNANDES, E. A. et al., **Análise da Operação da Barragem de Rejeitos da Mineração Serra Grande S.A.**, Município de Crixás, Goiás. Goiânia, 2014. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/AN%C3%81LISE%20DA%20OPERA%C3%87%C3%83O%20DA%20BARRAGEM%20DE%20REJEITOS%20>>
- IBAMA, **Lauda Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais, 2017**. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_Ibama.pdf>. Acesso em: 05.08.23
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Informações sobre a economia mineral brasileira**. Brasília, 2015.
- IPEA, **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas**, 2013, disponível em :< http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7702/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf> Acesso em: 05.08.23
- MECHI E; SANCHES, F. R. C. **Impactos socioambientais da mineração no Brasil**. In: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SAÚDE & AMBIENTE (2ºSIBSA). Belo Horizonte, 2018. Disponível em: < http://www.sibsa.com.br/resources/anais/4/1404160092_ARQUIVO_SIBSA_FranciscoFernandes.pdf>. Acesso em 05.08.23
- MENEZES, J. **Estratégia de Educação e Capacitação da Vale para a Região Norte**. 2ª Conferência de Responsabilidade Socioambiental. Mineração Sustentável. Belém. Novembro de 2017.

MICRON-ITA INDÚSTRIA E COMERCIO DE MINERAIS LTDA. **Relatório de Impacto Ambiental-EIA (Exploração de Calcário, Quixeré-CE)**. Março, 2015. Disponível em: <<http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2011/06/QUIXERE-EXTRACAO-CALCARIO.pdf>>. Acesso em 05.08.23

MOREIRA, H. F. **O desenvolvimento sustentável no contexto do setor mineral brasileiro**. 2013. 58 f. Monografia (Pós-graduação em Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

PESSOA, G. A. **Avaliação de projetos de mineração utilizando a teoria das opções reais em tempo discreto: um estudo de caso em mineração de ferro**. 2016. 174 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) – Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2016.

SILVA, Lays Capingote Serafim et al. Gestão de resíduos industriais: um estudo do aproveitamento de rejeitos na mineração. **Anais...** IX Simpósio de engenharia de produção de Sergipe. 2017. p.260-274

VASCONCELOS, R. F. et al. **Propostas de medidas Mitigatórias em áreas de Mineração em município do Estado da Paraíba**. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, Bahia. 2019.

VIANA, M. B. **Avaliando Minas: índice de sustentabilidade da mineração (ISM)**. 2014. 372 f. Dissertação (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília. Distrito Federal, 2014.

WINK, P. K. S. et al. Reação Aos Acidentes Ambientais: Um Estudo Em Uma Mineradora No Mercado Brasileiro. **Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, v. 12, n. 1, p. 52-67, mar. 2015.





2

EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS ESCOLAS: PRÁTICAS
SUSTENTÁVEIS

ENVIRONMENTAL EDUCATION IN SCHOOLS: SUSTAINABLE
PRACTICES

Ygor de Araújo Salazar

Resumo

A Educação Ambiental tem o objetivo de preparar a sociedade para compreender a dimensão do meio ambiente, entendendo a relação entre o homem e a natureza. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a importância da educação ambiental no âmbito escolar como ferramenta para conscientização ambiental e mitigação de danos causados pelo homem. Trata-se de uma revisão bibliográfica utilizando método qualitativo e descritivo na qual foi realizada pesquisa através de materiais já publicado na área da engenharia ambiental referente ao tema abordado, os dados foram extraídos de materiais de revistas eletrônicas, além de livros de bibliotecas universitárias sobre o tema abordado do idioma nacional e no período 2013 a 2022. Tendo em vista esse contexto, conclui-se que a educação ambiental nas escolas desempenha um papel fundamental na formação de cidadãos conscientes e responsáveis em relação ao meio ambiente. Ao promover a compreensão das questões ambientais, estimular a mudança de comportamento e cultivar a consciência ambiental desde cedo, pois as escolas possam contribuir significativamente para a construção de um futuro mais sustentável.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável. Educação Ambiental. Práticas Sustentáveis.

Abstract

Environmental Education aims to prepare society to understand the dimension of the environment, understanding the relationship between man and nature. In this sense, the present work aims to present the importance of environmental education at school as a tool for environmental awareness and mitigation of damage caused by man. This is a bibliographical review using a qualitative and descriptive method in which research was carried out using materials already published in the area of environmental engineering relating to the topic addressed, the data were extracted from materials from electronic magazines, in addition to books from university libraries on the subject. theme addressed in the national language and in the period 2013 to 2022. Given this context, it is concluded that environmental education in schools plays a fundamental role in the formation of conscious and responsible citizens in relation to the environment. By promoting understanding of environmental issues, encouraging behavioral change and cultivating environmental awareness from an early age, schools can significantly contribute to building a more sustainable future.

Keywords: Sustainable Development. Environmental education. Sustainable Practices.



1. INTRODUÇÃO

O modo como o homem vem utilizando os recursos naturais de forma inadequada tem levado a muitas consequências, sobretudo para o meio ambiente que cada vez mais vem sendo degradado, onde o ser humano tem visto apenas o lucro em detrimento da degradação ambiental.

Diante dessa situação, se faz necessária uma educação ambiental que conscientize as pessoas em relação ao mundo em que vivem para que possam ter acesso a uma melhor qualidade de vida, mas sem desrespeitar o meio ambiente, tentando estabelecer o equilíbrio entre o homem e o meio.

Com a urbanização e evolução da civilização, a percepção do ambiente mudou drasticamente e a natureza passou a ser entendida como algo separado e inferior à sociedade humana, ocupando uma posição de subserviência. No decorrer do século passado, para se atender as necessidades humanas foi-se desenhando uma equação desbalanceada: retirar, consumir e descartar.

Nota-se que a educação ambiental é um componente fundamental para a formação de cidadãos conscientes e pela transformação social através do ensino e da aprendizagem, que visam desenvolver e potencializar a capacidade intelectual de cada indivíduo acerca dos problemas ambientais existentes. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: Porque a educação ambiental deve ter um papel central como disciplina obrigatória nas escolas?

No objetivo geral do presente estudo foi apresentar a importância da educação ambiental no âmbito escolar como ferramenta para conscientização ambiental e mitigação de danos causados pelo homem. Além dos objetivos específicos analisar a importância de se tratar a educação ambiental nas escolas com o objetivo de preparar cidadãos conscientes frente a questões ambientais; caracterizar os benefícios gerados a partir do desenvolvimento sustentável através de ações, concepções e mudanças de hábitos nas escolas. Por fim, apresentar as principais contribuições da disseminação do conhecimento sobre o meio ambiente.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2013 até 2022. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Educação ambiental

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura definem a educação ambiental como uma disciplina bem estabelecida, que enfatiza a relação dos homens com o ambiente natural, as formas de conservá-lo, preservá-lo e de administrar seus recursos adequadamente (UNESCO, 2015, p.44).

O trabalho educacional é componente essencial, necessário e de caráter emergencial, pois sabe-se que a maior parte dos desequilíbrios ecológicos está relacionada a condutas humanas inadequadas impulsionadas por apelos consumistas frutos da sociedade capitalista – que geram desperdício, e ao uso descontrolado dos bens da natureza, a saber, os solos, as águas e as florestas (CARVALHO, 2016).

Schike (2016) explica que somente desta maneira é que se torna possível acreditar na possibilidade de mudar condutas e valores e, assim, formar pessoas que, através da disseminação de suas convicções, trabalharão por uma nova maneira de relacionar-se com o mundo e seus recursos Naturais e também com as outras pessoas.

Na visão de Chalita (2013), a educação constitui-se na mais poderosa de todas as ferramentas de intervenção no mundo para a construção de novos conceitos e conseqüente mudança de hábitos. É também o instrumento de construção do conhecimento e a forma com que todo o desenvolvimento intelectual conquistado é passado de uma geração a outra, permitindo, assim, a máxima comprovada de cada geração que avança um passo em relação à anterior no campo do conhecimento científico e geral.

A apresentação de temas ambientais no ensino primário deveria se fazer com ênfase em uma perspectiva de educação geral, dentro do marco, por exemplo, das atividades de iniciação e junto com as atividades dedicadas à língua materna, à matemática ou a expressão corporal e artística.

O estudo do meio ambiente deve recorrer aos sentidos das crianças (percepção do espaço, das formas, das distâncias e das cores), e fazer parte das visitas e jogos. O estudo do entorno imediato do aluno (casa, escola, caminho entre ambos) reveste-se de muita importância (DIAS, 2018).

Lima (2014) explica que as estratégias de enfrentamento da problemática ambiental, para surtirem o efeito desejável na construção de sociedades sustentáveis, envolvem uma articulação coordenada entre todos os tipos de intervenção ambiental direta, incluindo nesse contexto as ações em educação ambiental. Dessa forma, assim como as medidas políticas, jurídicas, institucionais e econômicas voltadas à proteção, recuperação e melhoria sócio ambiental, despontam também as atividades no âmbito educativo.

Reigota (2015) explica que diante da constatação da necessidade de edificação dos pilares das sociedades sustentáveis, os sistemas sociais atualizam-se para incorporar a dimensão ambiental em suas respectivas especificidades, fornecendo os meios adequados para efetuar a transição societária em direção à sustentabilidade.

Assim, o sistema jurídico cria um “direito ambiental”, o sistema científico desenvolve uma “ciência complexa”, o sistema tecnológico cria uma “tecnologia eco-eficiente”, o sistema econômico potencializa uma “economia ecológica”, o sistema político oferece uma “política verde”; e o sistema educativo fornece uma “educação ambiental”. Cabe a cada um dos sistemas sociais, o desenvolvimento de funções de acordo com suas atribuições específicas, respondendo às múltiplas dimensões da sustentabilidade (SCHIKE, 2016).

E nesse contexto onde os sistemas sociais atuam na promoção da mudança ambiental, a educação assume posição de destaque para construir os fundamentos da sociedade sustentável, apresentando uma dupla função a essa transição societária: propiciar os processos de mudanças culturais em direção a instauração de uma ética ecológica e de mudanças sociais em direção ao empoderamento dos indivíduos, grupos e sociedades que se encontram em condições de vulnerabilidade face aos desafios da contemporaneidade (CHALITA, 2013).

Para Mellows (2013) deveria ocorrer um desenvolvimento progressivo de um senso



de preocupação com o meio ambiente, completo e sensível entendimento das relações do homem com o ambiente a sua volta. Para Carvalho (2013), a Educação Ambiental deve propiciar às pessoas uma compreensão crítica e global do ambiente. Esclarecer valores e desenvolver atitudes que lhes permitam adotar uma posição consciente e participativa dos recursos naturais, para a melhoria da qualidade de vida e a eliminação da pobreza extrema e do consumismo desenfreado.

Para Vasconcellos (2017), a presença, em todas as práticas educativas, da reflexão sobre as relações dos seres entre si, do ser humano com ele mesmo e do ser humano com seus semelhantes é condição imprescindível para que a Educação Ambiental ocorra.

A educação ambiental é um processo contínuo de formação e informação. Neste processo, os indivíduos são orientados a desenvolver uma consciência crítica das questões ambientais, o que leva à participação da comunidade na defesa do equilíbrio ambiental, construindo valores sociais, competências, atitudes, habilidades, experiência e determinação para proteger o ambiente (FREIRE, 2016).

Carvalho (2016) explicou que para que os cidadãos atuem individual e coletivamente na solução dos problemas ambientais atuais e futuros, as escolas precisam usar a experiência e discutir, por exemplo, poluição de rios, lagos e riachos, e o baixo nível de bem-estar da população ribeirinha, lixões e os riscos à saúde das pessoas.

Hora (2014) diz que é preciso que as escolas tenham um entendimento mais abrangente sobre o que é educação ambiental, o que é meio ambiente e como desenvolver a educação ambiental. Cuidado para não falar apenas de verde por verde, mas discutir atitudes, procedimentos e propor geografia social, histórica e social, questões científicas e outras áreas do conhecimento que promovam e ampliem a discussão das questões ambientais.

Diante dessas circunstâncias, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNS) não se pode deixar de considerar a importância de mobilizar as organizações para a realização da educação ambiental nas escolas, pois é urgente mudar a prática do trabalho docente relacionado a essas questões, e dessa forma, pode-se fazer um trabalho ambiental (BRASIL, 2017).

A escola precisa aprender e ensinar no sentido nato das palavras, pelo contrário, não haverá uma grande mudança na comunidade inserida, nem haverá uma grande mudança no conceito de sua própria relação com o meio ambiente. Nesse sentido, é necessário considerar os múltiplos aspectos que constituem um determinado problema ambiental, de modo a fornecer recomendações interdisciplinares abrangentes e holísticas (REIGOTA, 2015).

Dias (2018) relata que o desafio é encontrar ferramentas que possam potencializar ações significativas e transformadoras, observando o ensino e a aprendizagem de conceitos, valores, atitudes e procedimentos, gera assim uma nova forma de pensar e agir. Pois com isso, a escola vai cumprir uma função social nobre, ou seja, formar os alunos para interagirem de forma consciente na sociedade em que vivem.

Carvalho (2016) afirma que a educação ambiental ajuda as pessoas a compreenderem melhor os desafios ambientais, como a mudança climática, a perda de biodiversidade, a poluição e o esgotamento dos recursos naturais. Ao aumentar a conscientização, as pessoas estão mais propensas a tomar medidas para mitigar esses problemas.

2.2 Benefícios gerados a partir do desenvolvimento sustentável através de ações, concepções e mudanças de hábitos nas escolas.

Nestes tempos em que a informação assume um papel cada vez mais importante, o ciberespaço, a multimídia, a internet e a educação representam a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para mudar as várias formas de participação na salvaguarda da qualidade de vida. Nesse sentido, é importante destacar que a educação ambiental vem assumindo cada vez mais um papel transformador, em que a responsabilidade compartilhada dos indivíduos passou a ser uma meta importante para a promoção de uma nova forma de desenvolvimento - o desenvolvimento sustentável (MEADOWS, 2013).

Tamaio (2016) relata que a educação ambiental se tornou mais uma ferramenta de mediação necessária para construir a transformação necessária entre a cultura, os diferentes comportamentos e interesses de um grupo social. Os educadores desempenham o papel de mediadores na construção de objetos de referência ambiental, devendo saber utilizá-los como ferramentas para o desenvolvimento de práticas sociais centradas em conceitos naturais.

Padua e Tabanez (2018) explicam que a questão da sustentabilidade desempenha um papel central na reflexão sobre as dimensões do desenvolvimento e as alternativas emergentes. O quadro socioambiental que caracteriza a sociedade contemporânea mostra que a influência humana sobre o meio ambiente tem consequências cada vez mais complexas em termos de quantidade e qualidade. As dimensões apontadas pelo conceito de desenvolvimento sustentável incluem cálculos econômicos, aspectos biofísicos e componentes sociopolíticos, que servem como referências para explicar o mundo e podem interferir na lógica predatória vigente.

O desenvolvimento sustentável não se refere especificamente à questão limitada da adequação ecológica dos processos sociais, mas se refere a várias estratégias ou modelos sociais que devem considerar a viabilidade econômica e ecológica. Em um sentido amplo, o conceito de desenvolvimento sustentável é uma redefinição necessária da relação entre a sociedade humana e a natureza, portanto, o próprio processo de civilização sofreu mudanças substanciais, o que coloca o desafio de mudar o pensamento do conceito à ação (TAMAIIO, 2016).

Pode-se dizer que ainda prevalece a transcendência do desenvolvimento radical sustentável, o que se reflete mais na sua força ideológica, na influência intelectual e no papel esclarecedor do discurso e da prática atomizados. Apesar dessa característica, tem uma matriz e origem única da existência de crises ambientais, econômicas e sociais (JACOBI, 2019)

Padua e Tabanez (2018) falam que o desenvolvimento sustentável só pode ser entendido como um processo, no qual as restrições mais relevantes estão relacionadas ao desenvolvimento de recursos, à direção do desenvolvimento tecnológico e ao arcabouço institucional, por um lado. Por outro lado, o crescimento deve enfatizar os aspectos de qualidade, especialmente aqueles relacionados à equidade, ao uso de recursos.

Além disso, o desenvolvimento de recursos deve se concentrar na superação dos déficits sociais, necessidades básicas e mudanças nos padrões de consumo, especialmente nos países desenvolvidos, para manter e aumentar os recursos básicos, especialmente agricultura, energia, biologia, minerais, ar e água. Portanto, a ideia de sustentabilidade significa que é necessário definir os limites das possibilidades de crescimento e descrever um processo que leve em conta a universalidade de interlocutores sociais relevantes e ativos e participantes por meio de práticas educativas e as pré-condições da presença dos parti-

cipantes. O diálogo, que fortalece a composição da responsabilidade compartilhada e dos valores morais.

Reigota (2015) cita ainda que a política de desenvolvimento de uma sociedade sustentável não pode ignorar a dimensão cultural, nem as relações de poder existentes, muito menos reconhecer as limitações ecológicas, apenas à custa da manutenção de um modelo de desenvolvimento predatório.

Atualmente, devido à limitada compreensão do impacto do atual modelo de desenvolvimento pela sociedade, o processo de caminhada em direção a uma sociedade sustentável é repleto de obstáculos. Pode-se dizer que a raiz das atividades ecológicas predatórias é atribuída ao sistema social, ao sistema de informação e comunicação e aos valores adotados pela sociedade (MEADOWS, 2013).

Isso significa, principalmente, que a sociedade precisa ser estimulada a participar mais ativamente do debate sobre seu destino, como forma de estabelecer um conjunto de problemas, objetivos e soluções socialmente determinados. O caminho a ser traçado passa inevitavelmente por mudanças nos métodos de aquisição de informação e transformação institucional para garantir a acessibilidade e transparência da gestão (TAMAIO, 2016).

Talvez uma das características mais importantes do movimento ambientalista seja sua diversidade. Essa ampla gama de práticas e participantes lhe confere caráter multisetorial, reúne inúmeras tendências e sugestões que norteiam suas ações e considera valores como equidade, justiça, cidadania, democracia e proteção ao meio ambiente. Nesta ampla gama de organizações não governamentais, algumas estão engajadas no trabalho de base, outras são mais combativas, outras são de natureza mais política e algumas implementam projetos de demonstração (JACOBI, 2019).

Embora a capacidade de mobilização do movimento ambientalista tenha diminuído, no quadro da sustentabilidade, numa perspectiva pró-ativa e propositiva, a prática também tem um certo grau de maturidade e consolidação dos perfis de ação institucional. O ambientalismo entrou na década de 1990 e se viu como um ator relacionado que, embora carregue a marca de seu processo afirmativo, tem um caráter ampliado a partir de esforços de planejamento cada vez mais claros no diálogo com outros atores sociais (LEFF, 2018).

Tamaio (2016) comenta que as questões levantadas pelo ambientalismo estão intimamente relacionadas com a necessidade de formação da cidadania para pessoas desiguais, a ênfase nos direitos sociais, o impacto da degradação das condições de vida causada pela degradação do meio ambiente social, especialmente no centro das grandes cidades, e a necessidade de se expandir por meio da assimilação da sociedade de práticas focadas na sustentabilidade pela educação ambiental.

O salto qualitativo do ambientalismo se dá no estabelecimento de cada vez mais identidades entre o significado e as dimensões da prática, e enfatiza a relação entre degradação ambiental e desigualdade social, e fortalece a necessidade de alianças e diálogo coletivo (CARVALHO, 2016).

Embora a maioria das entidades se baseie no combate voluntário não remunerado, nos últimos anos, cada vez mais pessoas têm trabalhado arduamente para obter a especialização, embora isso aconteça em um número muito limitado de entidades. Um aspecto bastante polêmico diz respeito à representação de entidades em diferentes tipos de conselhos e comitês.

Vale destacar que algumas organizações, na verdade, centralizam suas atividades relacionadas à participação no espaço representativo. Essa é uma lógica muito anormal, produzida pela dinâmica institucional de entidades centradas em poucas pessoas. Essas

pessoas têm uma grande capacidade de ocupação do espaço. Mesmo que não tenha fundamento, o próprio movimento ambientalista quase não tem legitimidade (TAMAIÓ, 2016).

As coalizões na sociedade civil vão se fortalecendo cada vez mais, esclarecendo a escolha dos temas e problemas a serem enfrentados em nome da busca de objetivos comuns, de forma a configurar as mudanças dinâmicas reativas como dinâmicas propositivas, que aproxima ONGs e meios de comunicação. O movimento está mais próximo integrado, com foco na coleta, sistematização e disseminação de informações (REIGOTA, 2015).

Nesse sentido, essas conexões têm levado ao fortalecimento contínuo do polo político interno, que integra as ONGs no centro do processo de pressão e gestão e, portanto, representa uma importante virada na agenda que só recentemente passou de fora para o interior. O ambientalismo no século 21 tem uma agenda complicada. Por um lado, participam cada vez mais ativamente na governança das questões socioambientais e buscam respostas claras e contínuas aos desafios.

Arranjos institucionais inovadores que podem realizar a “ambientalização dos processos sociais” dão sentido à formulação e implementação da “Agenda 21” nos níveis nacional e subnacional. Por outro lado, precisa ampliar seu escopo de atuação por meio de redes, alianças institucionais, parcerias estratégicas e outros projetos institucionais para aumentar seu reconhecimento na sociedade e incentivar a participação de novos participantes (CARVALHO, 2016).

2.3 As principais contribuições da disseminação do conhecimento sobre educação ambiental

A educação visa garantir o desenvolvimento pessoal e orientá-lo na construção de valores sociais para o exercício de seus direitos de cidadania. Deve ter um alcance amplo, em certo sentido, prepara para a sociedade humana, a vida familiar, o trabalho e, principalmente, a cidadania (MARINES JUNIOR, 2019).

Silva (2017) explica que o estado tem a responsabilidade de fornecer todos os serviços educacionais de acordo com os princípios constitucionais. Com base nos dados da Série Debate Nacional - Mais Educação - Texto de Referência da Educação Integral, o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) encontrou grandes desigualdades no acesso, permanência e condições de aprendizagem da educação escolar (BRASIL, 2019).

O governo federal se esforça para garantir e melhorar a qualidade do ensino nas escolas públicas e, em 2007, lançou o Plano de Compromisso de Metas de Educação para Todos, formulado pelo Decreto nº 6.094, de 24 de abril de 2007, que contém o art. Seção VII, Governo do Estado promete ampliar a possibilidade permanente de alunos fora do horário regular sob a responsabilidade da escola. Nesse contexto, têm surgido os Programas Mais Educacionais (PME), com o objetivo de promover a educação integral por meio de ações de educação social pós-escolar. O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) presta assistência financeira (PDDE) por meio do “Programa de Financiamento Direto à Escola”. Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). De acordo com Sauv e (2015):

A educação ambiental faz parte do rol de atividades oferecidas pela PME, pois com o passar dos anos tornou-se cada vez mais necessária a conscientização do uso eficaz e sustentável do meio ambiente, pois é preciso cultivar alunos comprometidos a seguir hábitos que não agredem o meio ambiente e fazem da escola um espaço de educação sustentável, e é possível atingir esse objetivo. A educação ambiental não é a mesma educação que outra educação, mas uma espécie de educação básica, que envolve a interação na base



do desenvolvimento pessoal e social, ou seja, a relação com o meio em que vivemos, “não apenas sobre, para, em, apoiando ou em termos de apoio ao meio ambiente, o objetivo da educação ambiental é na verdade a relação com o meio ambiente (SAUVÉ, 2015, p. 317).

Essa abordagem foi inicialmente fora da educação formal, que se caracteriza por ações e intervenções nas realidades locais. Uma vez inseridos no ambiente escolar formal, devem se voltar para a reflexão, como elemento básico da formação da inteligência dos alunos, a vantagem será que se obriguem a iniciar discussões, como sustentabilidade e biodiversidade (OLIVA, 2015).

Dessa forma, a educação ambiental deve ser entendida como um comportamento cívico, voltado para atitudes e comportamentos que visam a melhoria da relação entre o ser humano e o meio ambiente, e buscando formar cidadãos responsáveis que se preocupem com a qualidade de vida e os padrões. A justiça visa o bem-estar ambiental.

Vale destacar que a Lei nº 9.795, de 2017, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, estabelece que a educação ambiental é componente essencial e permanente da educação nacional, cabendo ao Poder Público promovê-la em todos os níveis de ensino. Segundo a Lei, a educação ambiental deve ser desenvolvida, no ensino formal, como uma prática integrada e contínua das atividades escolares. Excluiu-se, desse modo, a criação de disciplina específica sobre o tema, no intuito de reforçar a perspectiva multi e interdisciplinar da dimensão ambiental (BRASIL, 2017).

Ressalta-se que a abordagem interdisciplinar dos problemas ambientais se dá porque as causas de seus problemas não podem ser tratadas apenas como fatores biológicos (JACOBI, 2019, p. 247), pois suas dimensões vão além destas, sendo necessário conectá-las em política, economia, campos institucionais, sociais e culturais

Com o objetivo de promover e orientar o desenvolvimento do programa, o Ministério da Educação lançou um caderno didático que aborda cada tema que constitui o macro campo do PME. Inspiradas na proposta do Plano Nacional de Mudanças Climáticas iniciado pelo governo federal em 2008, as notas didáticas do macro campo da educação ambiental enfatizam a construção de um espaço de educação sustentável (BRASIL, 2017).

O objetivo do macro campo da educação ambiental é recomendar que as escolas estimulem alunos, professores e outros profissionais relevantes a adotarem um estilo de vida mais sustentável para que possam refletir em sua prática diária (BRASIL, 2017). A educação ambiental e a sociedade sustentável são definidas pelo Ministério da Educação como um processo de ensino propício à construção de valores e atitudes sociais voltadas para a sustentabilidade socioambiental. Também busca estimular a transformação das escolas em espaços sustentáveis e estimular o debate para o desenvolvimento de formas sustentáveis de ser e estar no mundo

Espaços de educação sustentável são aqueles que têm a intenção pedagógica de se tornarem referência de sustentabilidade socioambiental, ou seja, espaços que mantêm uma relação equilibrada com o meio ambiente, desenvolvem tecnologias adequadas para compensar seus efeitos, melhorando assim a qualidade de vida do presente. e gerações futuras (BRASIL; 2017).

Barbosa (2018, p. 20) afirma que nas atividades continuadas da PME, a presença da educação ambiental é muito importante, pois é uma forma de incentivar a sustentabilidade ambiental, e é feita com métodos críticos e temáticos de trabalho em diferentes áreas do conhecimento.

Bezerra e Ribas (2015) explicam que a dimensão ambiental se configura crescentemente como uma questão que envolve um conjunto de atores do universo educativo, po-

tencializando o engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa perspectiva interdisciplinar.

Mais educação representa um grande avanço no atual modelo de gestão das políticas públicas de educação, que parece ignorar a modernização reflexiva e o conhecimento complexo, e integrar a educação ao cotidiano escolar, que sempre exigirá o esclarecimento e a ampliação das ações intersetoriais. Tempo, campo e oportunidades de aprendizagem (SILVA, 2016).

Segundo Meirelles e Santos (2015), o desafio dos programas de educação ambiental é estimular as pessoas a reconhecerem que são capazes de agir. Ao analisarem PME, Sola e Torales (2013), acreditam que o plano se tornou um meio para lidar com as mais diversas atividades não encontradas no currículo formal, que contribuem para o desenvolvimento dos alunos.

A educação ambiental tem o potencial de fortalecer a conexão entre escola, comunidade e meio ambiente, por meio do esclarecimento de ações voltadas para o alcance de práticas sustentáveis. Portanto torna os alunos excelentes multiplicadores dessas ações e contribuem para a formação de uma sociedade responsável (SILVA, 2016).

Hora (2014) cita ainda que a educação ambiental busca integrar conhecimentos de diversas disciplinas para abordar questões ambientais complexas. Ela admite que os problemas ambientais não podem ser compreendidos ou resolvidos apenas por meio de uma única perspectiva disciplinar.

Dias (2018) diz que para entender o espaço, identificar a cultura, cuidar da biodiversidade, proteger o meio ambiente e proteger o patrimônio das cidades e das comunidades é responsabilidade de todos, mas a escola tem um papel fundamental nesse processo, pois não há dúvida de que educação ambiental é para formar uma sociedade. A conexão necessária de uma sociedade justa e ecologicamente equilibrada, o ambiente escolar poderá começar a propor esta nova forma de cooperação com a educação ambiental.

A educação ambiental é uma metodologia educativa cuja finalidade é formar indivíduos que possam compreender o mundo e nele atuar de forma crítica e consciente, cujas ações e escolhas não afetem a qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente (CARVALHO, 2016).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da presente pesquisa possibilitou um estudo breve da educação ambiental inserida como matéria obrigatória nas escolas públicas e privadas por ser uma disciplina que pode gerar oportunidades de transformar o seu meio físico e social através da educação. Nessa perspectiva, é primordial a propagação de ampliarem seus conhecimentos sobre o meio para tornar realidade uma escola sustentável.

No primeiro capítulo se observou sobre a educação ambiental que desempenha um papel fundamental na conscientização dos estudantes sobre as questões ambientais que afetam o mundo. Isso ajuda a cultivar um senso de responsabilidade e cuidado com o meio ambiente desde uma idade precoce. Os cidadãos conscientes são mais propensos a tomar medidas para preservar o ambiente natural e promover práticas sustentáveis em suas vidas cotidianas.

No segundo capítulo ressalta-se sobre os benefícios que promove o desenvolvimento sustentável nas escolas, onde os estudantes estão expostos a conceitos, informações e



práticas relacionadas ao meio ambiente e à sustentabilidade. Isso cria uma base sólida de conscientização e educação ambiental que os prepara para compreender e enfrentar os desafios ambientais em suas vidas futuras.

No terceiro capítulo desta pesquisa destaca a disseminação do conhecimento sobre educação ambiental pois desempenha um papel crítico na conscientização global sobre questões ambientais. Ela informa as pessoas sobre os desafios que o planeta enfrenta, como a mudança climática, a perda de biodiversidade e a poluição, e incentiva a ação para enfrentar esses problemas.

Por fim, percebe-se que no contexto escolar que a importância do educador é promover a reflexão no âmbito escolar promovendo ações com o intuito de educar para a preservação do ambiente, onde haja ações e práticas educativas em defesa do meio ambiente.

Referências

- BARBOSA, M. S. S. A Importância da Educação Ambiental para o Alcance da Sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**. Itajaí, Centro de Ciências Sociais e Jurídicas da UNIVALI. v. 5, n.1, p. 118-136, 1º Trimestre de 2018.
- BEZZERA, Maria do Carmo; RIBAS, Otto. **Desafio da gestão ambiental urbana**. In SENAC Nacional, 2015.
- BRASIL. Lei 9.795 de 27 de abril de 2017. **Dispõe sobre educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Brasília, 2017. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9795.htm. Acesso em: 16.08.23
- BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Mais Educação**. Passo a Passo. 2019 Disponível em: http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/passopasso_maieducacao.pdf. Acesso em 16.08.23
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: **Meio Ambiente e Saúde**. Secretaria de Educação. Brasília, 2017.
- CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2016.
- CHALITA, I. A Invenção ecológica. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2013. JACOBI, P
- DIAS, Genebaldo Freire. **Atividades interdisciplinares de educação ambiental**. São Paulo: Global, 2018
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários: A prática educativa**. São Paulo: Paz da Terra, 2016
- HORA, Dinair Leal. **Gestão Escolar Democrática: Desafio para o Gestor do Século XXI**. São Paulo: Papyrus, 2014
- JACOBI, P.R. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 31, n. 2, p. 233-250, maio/ago. 2019
- LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2018.
- MARINES JUNIOR, E. **As instituições de educação superior e as autoridades estatais: autonomia e controle**. Direito à educação. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. p. 113-122. 2009.
- MEIRELLES, M.S.; SANTOS, M.T. **Educação Ambiental uma construção participativa**. 2ª ed. São Paulo, 2015
- MELLOWS, D. **Limites do crescimento: um relatório para o projeto do Clube de Roma sobre os problemas da humanidade**. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- OLIVA, J. T.. **A Educação Ambiental no Ensino Formal**. In: MARFAN, M.A. (Org). Congresso Brasileiro de Qualidade na Educação: formação de professores. Brasília, 2015.
- PÁDUA, S.; TABANEZ, M. (orgs.). **Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil**. São Paulo: Ipê, 2018.
- REIGOTA, M. **Desafios à educação ambiental escolar**. In: JACOBI, P. et al. (orgs.). Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. São Paulo: SMA, 2015. p.43-50.
- SAUVÉ, L. Educação Ambiental: possibilidades e limitações. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 31, n. 2, p. 317-322, maio/ago. 2015.
- SCHINKE, G. **Ecologia política**. Santa Maria: Tchê!, 2016. Disponível em: <http://www.fatea.br/seer/index.php/>

ecom/article/viewFile/403/259. Acesso em: 16.08.23

SILVA, J.A. **Comentário contextual à Constituição**. 3 ed. São Paulo: Malheiros, 2016.

SILVA, Marilena Loureiro da. **Múltiplas, falas saberes e olhares**: Os encontros de Educação Ambiental no Estado do Pará. Secretaria Executiva de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente. Belém: SECTAM, 2017.

SOLA, E.A.; TORALES, M.A. Programa Mais Educação: a Educação Ambiental na escola de tempo integral. **Revista Augustus**. Rio de Janeiro, v. 17, n. 33, p. 80-86, jan. 2013.

Sustentável, 2005-2014: documento final do esquema internacional de implementação, Brasília, Brasil, 2015. 120 p. Disponível em:

TAMAIO, I. **A Mediação do professor na construção do conceito de natureza**. Campinas, 2016. Dissert.(Mestr.) FE/Unicamp.

UNESCO. **Década da Educação das Nações Unidas para um Desenvolvimento**

VASCONCELOS, P. A. S. Educação Ambiental e a química licenciatura: as concepções de professores. **Revista monografias ambientais**, v. 11, n.11 p. 2455-2464, 2017.





3

MINERAÇÃO E SEUS REFLEXOS SOCIOAMBIENTAIS MINING AND ITS SOCIAL AND ENVIRONMENTAL REFLEXES

Darlyson Alves Barbosa

Resumo

A atividade de mineração é incontestavelmente necessária para o desenvolvimento das sociedades em seus mais diversos setores produtivos, tendo sido, ao longo dos anos, um dos sustentáculos dos poderes econômico e político. Entretanto, os impactos causados pela mineração, associados à competição pelo uso e ocupação do solo, geram conflitos socioambientais. Diante desse contexto, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar os problemas sociais e ambientais provenientes da extração mineral. O método utilizado foi o de revisão de literatura, acrescido de um estudo qualitativo a busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores (SciELO) Google Acadêmico, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental. Os resultados dos estudos revelaram os reflexos socioambientais associados a essa indústria, ressalta a necessidade de um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente, bem como a promoção da responsabilidade social. Conclui-se que a mineração pode contribuir positivamente para a economia e a qualidade de vida das populações, desde que seja realizada de forma responsável e sustentável. A busca por soluções que considerem tanto os aspectos econômicos quanto os sociais e ambientais é fundamental para garantir um futuro equitativo e ambientalmente saudável para as presentes e futuras gerações.

Palavras-chave: Mineração. Atividade industrial. Impacto. Poluição. Preservação.

Abstract

Mining activity is unquestionably necessary for the development of societies in their most diverse productive sectors, having been, over the years, one of the pillars of economic and political power. However, the impacts caused by mining, associated with competition for land use and occupation, generate socio-environmental conflicts. Given this context, the general objective of this research was to analyze the social and environmental problems arising from mineral extraction. The method used was literature review, plus a qualitative study. The search was carried out using the following search engines (SciELO) Google Scholar, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental. The results of the studies revealed the socio-environmental consequences associated with this industry, highlighting the need for a balance between economic development and environmental preservation, as well as the promotion of social responsibility. It is concluded that mining can contribute positively to the economy and the quality of life of populations, as long as it is carried out in a responsible and sustainable way. The search for solutions that consider both economic, social and environmental aspects is essential to guarantee an equitable and environmentally healthy future for present and future generations.

Keywords: Mining. Industrial activity. Impact. Pollution. Preservation.



1. INTRODUÇÃO

A mineração representa uma das atividades econômicas e industriais que contribuem de forma significativa para o desenvolvimento socioeconômico do país. A exploração de recursos minerais no Brasil está ligada com a sua própria história, desde o seu período de ocupação em busca pelo ouro no interior do país. Estes tipos de atividades que geram renda, conhecidos por atividades econômicas, alteram o meio ambiente, tendo a mineração e agricultura como as atividades básicas da economia mundial.

Portanto, atualmente constata-se um crescimento significativo da extração mineral, demonstrando novas peculiaridades e exclusivas pelas suas modalidades tecnológicas, produtivas, de investimento e comercialização que se diferencia de como era praticado no passado.

A presente pesquisa buscou entender sobre os impactos causados pela atividade mineradora pois possui uma imagem negativa por afetar o meio ambiente, e apresenta na literatura como as medidas mitigadoras são utilizadas pelos empreendimentos e que possam amenizar os efeitos negativos ocasionados por esta atividade extrativista.

O trabalho abordou o conhecimento destas questões que é de fundamental importância para que se possa conhecer a magnitude que esses impactos causam no meio ambiente e a partir do reconhecimento, podem ser implantadas medidas que os amenizem.

Nota-se que a extração mineral se constitui como atividade potencialmente degradadora do ambiente, e por mais que se desenvolva dentro dos melhores padrões de controle ambiental, sempre haverá um impacto residual. Desse modo, indaga-se: quais os problemas sociais e ambientais provenientes da extração mineral?

No objetivo geral do presente estudo foi analisar os problemas sociais e ambientais provenientes da extração mineral. Além dos objetivos específicos que são caracterizar a atividade mineradora; identificar os impactos socioambientais gerados pela atividade mineradora. E por fim, descrever medidas mitigadoras para reduzir os impactos socioambientais da extração mineral.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2013 até 2022. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mineração

Lana (2015) define mineração como um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade.

Valverde (2013) cita em suas palavras que a atividade mineradora se constitui como

um dos setores de base da economia, sendo sua contribuição inexorável para o desenvolvimento da sociedade. Partindo da referência material, a atividade mineradora apresenta-se como um importante indicador do nível socioeconômico de um país, a partir da ideia de que tal ação antrópica revela a intensidade de desenvolvimento estrutural de determinada sociedade.

Freitas (2015) explica que no Brasil, os principais minérios extraídos são o ferro, a bauxita, o manganês e o nióbio. O país ocupa a posição de segundo maior produtor de minério de ferro do mundo, produzindo cerca de 235 milhões de toneladas (FREITAS, 2015). A produção nacional de minério de ferro é bastante concentrada em dois estados: Pará e Minas Gerais, sendo Minas o maior produtor. Juntos, esses estados são responsáveis por 81% das exportações do minério de ferro do Brasil (SANTOS *et al.*, 2013).

A esse respeito, Valverde (2013, p. 5) informa que embora sejam produtos de baixo valor unitário, os agregados para a construção civil constituem-se em um importante indicador da situação econômica e social da Nação (americana). Basta citar ainda que o concreto depois da água é o segundo material mais consumido em volume pela humanidade. Enquanto os EUA consomem anualmente por habitante cerca de 7,5 t de agregados para a construção civil e a Europa Ocidental, de 5 a 8 t por habitante/ano, no Brasil o consumo está pouco acima de 2 t.

A partir desse viés, Brum (2018) diz que a atividade mineradora enquanto promoção de melhoria da qualidade de vida, as intervenções antrópicas se justificam. No entanto, é preciso elucidar-se de que os impactos socioambientais da atividade mineradora são múltiplos, e incluem problemas como poluição do ar e dos recursos hídricos, transformação das paisagens, destruição da flora e, conseqüentemente, da fauna, ocupação desordenada do solo, consumo excessivo de energia elétrica, esgotamento e abandono a céu aberto de minas exploradas, entre outros.

Tais impactos se intensificam na medida em que se estende a exploração, dentro da lógica de que a mineração se dá através da extração de recursos não renováveis, o que dificulta a implantação de políticas de gestão ambiental que atenuem a degradação.

O impacto da mineração no meio ambiente inclui ainda a influência da prática no âmbito social, em especial, nas comunidades mais próximas às áreas de exploração. Nesse panorama, a ocorrência de aglomerações urbanas próximas a mineradoras, para Bacci *et al.* (2016, p. 48): É uma decorrência natural da forte influência do custo dos transportes no preço final do produto. Isso ocorre, principalmente, com os agregados, devido ao seu baixo valor unitário.

Os fatores geológicos ligados à localização natural da jazida e ao grande volume das reservas, proporcionando longa vida útil aos empreendimentos, são fatores rígidos e imutáveis que impedem a mudança das áreas de extração. Por outro lado, o crescimento desordenado e a falta de planejamento urbano facilitam a ocupação de regiões situadas nos arredores das pedreiras, provocando o fenômeno de ‘sufocamento’ das mesmas e originando um quadro crescente de conflitos sociais (BACCI *et al.*, 2016, p.48).

A partir disso, entende-se que o maior desafio da mineração – em especial aquela que é exercida próxima a aglomerações urbanas – está no máximo aproveitamento na exploração, salvaguardando os aspectos ambientais e as comunidades locais.

Atualmente o incentivo do governo às práticas da mineração encontram-se em notável crescimento. Um reflexo de tal interesse, de acordo com informações do Departamento Nacional de Produção Mineral, é a iniciativa do Ministério de Minas e Energia (MME) de uma reestruturação do Código Mineral Brasileiro, realizada em 2012, através da qual se bus-

cou a diminuição da burocratização em torno da implantação de uma mina, o que levaria a mais dinamização no processo, e uma maior atribuição de responsabilidades ambientais para a empresa no território explorado (BRASIL, 2013)

O estado da Bahia, nesse contexto, encontrado como quinto produtor de bens mineiros, tem voltado sua política no sentido de expansão da atividade, utilizando-se para tal fim, de maiores investimentos e incentivos na área, para a expansão das jazidas exploráveis, bem como a adequação da infraestrutura para estimular investimentos do setor privado na mineração (BRASIL, 2013).

Nesse sentido, Brum (2018) diz: O Estado da Bahia tem várias cidades onde a mineração trouxe grandes contribuições para o desenvolvimento socioeconômico. Em Jaguarari, em plena zona da seca, as instalações da Mineração Caraíba foram determinantes para a alavancagem regional. O município de Teofilândia é outro exemplo: as atividades de extração de ouro, movimentadas pela Companhia Vale do Rio Doce, serviram como base para o desenvolvimento local. A cidade de Jacobina teve grande impulso a partir das operações das minas da Mineração Morro Velho. No global, o setor de mineração baiano absorve cerca de 20 000 pessoas em empregos diretos. Acrescenta-se ainda a existência, também na Bahia, de razoável quantidade de projetos em fase de pré-viabilidade e implantação ou a espera de melhores condições de mercado.

Dentre estes podemos destacar: Vanádio, em Maracás; Calcário, em Jacobina; Ouro, em Rio do Pires; Fosfato e Titânio, em Campo Alegre de Lourdes; Zinco e Fosfato, em Irecê; Gipsita, em Camamu; Urânio, em Lagoa Real; Caulim, em Alagoinhas e Prado; Ilmenita, Rutilo e Zirconita, em Valença; Rochas Ornamentais em diversas localidades (BRUM, 2018, p. 5)

Posto isso, ainda que a crescente importância socioeconômica e política dos recursos naturais para o desenvolvimento do país possibilitaram como contraponto, a necessidade de regulamentações normativas para a atividade de mineração, no sentido de atenuar e disciplinar os muitos problemas ambientais inerentes que vão desde sua descoberta/exploração até o seu aproveitamento final (BRUM, 2018).

Nesse contexto, para além do campo das regulamentações, as mudanças na perspectiva acerca de mineração devem dar ênfase à resolução de problemas práticos que afetam o meio ambiente humano. A educação ambiental, (DIAS, 2018), supre tal necessidade, uma vez que é considerada como um processo permanente, dentro do qual os indivíduos e a comunidade tomam consciência do seu meio ambiente e adquirem o conhecimento, os valores, as habilidades, as experiências e a determinação que os tornam aptos a agir, individual e coletivamente, e resolver problemas ambientais presentes e futuros.

Segundo Bacci *et al.* (2016), as consequências ambientais estão ligadas às diversas etapas de exploração dos bens minerais, como: a abertura da cava (retirada da vegetação, escavações, movimentação de terra e modificação da paisagem local); o uso de explosivos no desmonte de rocha (sobre pressão atmosférica, vibração do terreno, ultra lançamento de fragmentos, fumos, gases, poeira, ruído); e o transporte e beneficiamento do minério (geração de poeira e ruído), e assim, afeta direta ou indiretamente os meios físico, biótico e antrópico.

A interferência da exploração mineral na qualidade dos recursos hídricos é um dos seus mais graves problemas, uma vez que o uso da água está presente em muitos dos processos da mineração, desde a fase de exploração da jazida ao beneficiamento do minério.

2.2 Impactos socioambientais gerados pela atividade mineradora

Albuquerque (2020) descreve que a percepção humana em relação aos recursos naturais ao longo dos anos, eram vistos como inesgotáveis, levando a um descaso em relação à sua disponibilidade para as futuras gerações. No entanto, após a Revolução Industrial, o rápido crescimento industrial mostrou a necessidade de tomar medidas para reduzir os impactos negativos das atividades industriais no meio ambiente.

Maia *et al.* (2020) enfatizam que a manipulação do meio ambiente não é apenas um efeito direto do crescimento populacional, mas também do progresso tecnológico e científico. Esse progresso deu aos seres humanos um domínio completo sobre o espaço aéreo, as águas e a terra, o que, por sua vez, levou a uma exploração excessiva e à destruição dos recursos naturais.

Gusmão *et al.* (2021) salientam que as diretrizes enfatizam a importância de tomar medidas preventivas e proativas para reduzir ou evitar impactos adversos no meio ambiente decorrentes da atividade mineral. Isso pode incluir a implementação de práticas sustentáveis, a adoção de tecnologias mais limpas e a realização de estudos de impacto ambiental para identificar e mitigar problemas potenciais antes que ocorram.

Milanez (2017) destaca que a contaminação dos cursos d'água, ocorre pelos componentes químicos existentes nos minérios que são empregados na forma de rejeitos ou estéril, no momento que acontece o contato com a unidade do ar, são modificados para substâncias ácidas. Facultando o começo da realização da drenagem ácida da mina, elevando consideravelmente a acidez nos corpos d'água e aumentando a solubilização dos metais pesados presentes nos resíduos.

Gonçalves e Coelho (2017) dizem que a extração mineral é realizada em regiões que apresentam baixa renda média, o que faz com que os postos de trabalho gerados pela mineração sejam superestimados em discursos das empresas mineradoras, tanto em relação aos salários quanto às condições de trabalho.

Bomfim (2017) explica que a poluição do ar na atividade extrativista ocorre perante grandes quantidades de materiais empilhadas com resíduos que dispersam pequenas partículas sólidas, provocando nuvens de poeira, danificando a qualidade do ar. Esta classe de poluição atmosférica é classificada como: matriz de partículas que se compõem no decorrer das escavações, explosões, deslocamento do material e rejeito, emitindo gases, ocasionados na combustão dos combustíveis, detonações nas fases de processamento mineral. A poluição provocada por essas partículas suspensas tem potencial em gerar efeitos negativos na saúde dos habitantes que vivem próximo das minas (GUSMÃO *et al.*, 2021).

Já a poluição sonora, Gusmão *et al.* (2021) dizem que as mineradoras provocam perturbações desde o início das etapas, para retirada dos minérios, até o fim do beneficiamento, pois demanda grandes quantidade de equipamentos para que desempenhe as inúmeras atividades com o propósito de conceder o processamento das rochas removidas. Embora estejam situadas em regiões distantes dos centros urbanos, existem determinados locais onde o fato não sucede e a urbanização contorna os locais próximo das jazidas.

A alteração da característica do solo é apontada com uma atividade que mais danifica as condições do solo, pelo fato de envolver a remoção de materiais e minérios na superfície terrestre (BOMFIM, 2017). Milanez (2017) explica que nas áreas de exploração do minério, a vegetação é removida para dar lugar à lavra a céu aberto, iniciando também outro impacto ambiental, a exposição dos solos, os quais perdem a sua fertilidade e ficam expostos a processos erosivos. De acordo com Ministério do Meio Ambiente também aponta problemas nas áreas de mineração de ferro como a presença de antigas barragens de contenção, que

podem romper-se e provocar sérios danos ao local em que se encontram.

No decurso da extração do solo superficial, Gusmão *et al.* (2021) mencionam que a camada superficial do solo, o topsoil, é removida para as atividades mineradoras, o que significa remoção da camada mais fértil do solo, remoção da vegetação, expondo os solos a processos erosivos, podendo ocorrer assoreamento dos corpos d'água do entorno.

Oliveira e Nascimento (2021) dizem que esses empreendimentos não respeitam a legislação, colocando assim em risco o meio ambiente e a população que residem em torno, essas empresas são responsabilizadas, a primeira ideia que deve se pensar sobre essa responsabilidade e sobre a compensação do dano.

Portella (2015) entende-se que em virtude de geralmente as mineradoras serem afastadas dos grandes centros, são poucas pessoas que observam e possuem o conhecimento sobre a grandiosidade dos seus efeitos lesivos, mesmo possuindo benefícios econômicos prelimitados para região onde está instalada traz riscos ao meio ambiente.

Na mineração, os impactos ambientais negativos podem ser diagnosticados desde seu planejamento, apesar de aumentarem sua potência à medida que as etapas mudam, porém é essencial que esses impactos sejam reconhecidos no início da implementação para que seja possível a mitigação da extensão desse impacto futuramente.

Os impactos vêm desde a degradação da paisagem até efeitos danosos ao equilíbrio do ecossistema como redução ou destruição de habitat, morte de espécimes de fauna e flora, chegando até a extinção (MECHI; SANCHES, 2015, p. 210).

O período de resposta sobre os impactos ambientais foi bem discutido por Ferreira *et al.* (2015), apresentando três modelos de estado-resposta:

O modelo de Pressão-Estado-Resposta desenvolvido pela OECD (1998), baseia-se no conceito de que as atividades humanas exercem pressão sobre o ambiente alterando na qualidade e a quantidade de recursos naturais, ou seja, alterando o seu estado. O modelo Força Motriz-Estado-Resposta seria mais apropriado para reunir indicadores econômicos, sociais e institucionais. Nesse caso, os indicadores das forças motrizes descrevem as atividades humanas, processos e padrões de impacto sobre o desenvolvimento sustentável. O modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta objetiva retratar, de maneira simplificada, as pressões que as atividades humanas exercem sobre o meio ambiente, como estas alteram a qualidade dos recursos naturais, os impactos causados e a reação da sociedade frente a tais alterações (FERREIRA *et al.*, 2015, p. 89).

Os impactos da atividade mineradora sempre foram alvos de comentários e estudos, entretanto a maioria voltado no estado-resposta da sociedade, pouco sabe-se a resposta do ecossistema a esses efeitos.

2.3 Medidas mitigadoras para diminuir os impactos socioambientais da extração mineral

Qualquer empreendimento que afete de maneira elevada ao meio ambiente ou a sociedade deve apresentar medidas para evitar riscos maiores. No caso da mineração, as medidas são importantes para minimizar os impactos ambientais decorrentes e proporcionará aspectos positivos na atividade e maximizará benefícios relacionados a impactos que não podem ser evitados (VASCONCELOS *et al.*, 2009, p. 6).

Todas as medidas mitigadoras do empreendimento devem estar Licenciamento Ambiental que é composto pela Avaliação dos Impactos Ambientais (AIA), Estudo de Impacto

Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) que são exigidos pelos órgãos federais competentes para a liberação definitiva do empreendimento para a operação.

Elas são apresentadas após a identificação e classificação dos impactos ambientais potenciais do empreendimento. Segundo Vasconcelos et al., (2016), as medidas mitigadoras são classificadas como preventivas, corretiva, compensatórias e potencializadoras) e tem como proposta baseada na previsão/verificação de eventos adversos sobre os itens ambientais destacados, tendo por objetivo a eliminação ou atenuação de tais eventos e visam otimizar as condições de implantação e operação do Terminal Industrial através da maximização dos efeitos positivos.

Para cada impacto ambiental negativo identificado são propostas medidas mitigadoras classificadas quanto ao seu caráter preventivo, corretivo ou compensatório, bem como medidas potencializadoras para os impactos classificados como positivos. A análise detalhada desses impactos conduz à proposição de medidas mitigadoras que atenuarão consideravelmente os seus efeitos adversos ao meio ambiente, podendo mesmo eliminá-los em alguns casos.

Diante da grande importância do setor minerador para a economia brasileira, capaz de gerar renda, empregos diretos e indiretos, desenvolvimento social e subsidiar desenvolvimento tecnológico, visto que de seus produtos obtêm-se matéria prima para sustentar a produção industrial, além de ser uma das principais fontes energéticas, seria insustentável pensar na sociedade atual sem essa atividade econômica.

No entanto, Lana (2015) diz que em relação aos impactos negativos, danosos ao meio ambiente, diante desse paradigma, é missão das mineradoras concentrar ações em busca de estratégias que permitam aliar o desenvolvimento econômico e social, gerados pela mineração, levando a menor geração possível de impactos ao meio ambiente, ou seja buscar pelo efetivo desenvolvimento sustentável.

Segundo Xavier *et al.* (2015), para que seja iniciado o processo de melhoria no setor de mineração, primeiramente deve ser alavancado um projeto de Educação Ambiental (EA), que objetiva a mudança de atitude frente ao meio ambiente, de modo a prover uma melhoria na qualidade de vida dos envolvidos, realizando transformações no comportamento humano.

O processo educativo é primordial para que se possa pensar em modificar a estrutura de um setor amplo como a mineração, no qual se devem estimular o entendimento da importância para a sociedade e empresas envolvidas, que a prática e o uso sustentável do meio ambiente gerarão resultados positivos para as gerações presentes e futuras.

A partir da premissa de que a educação é ponto de partida para que o setor desenvolva-se de forma sustentável, é importante ressaltar que deve-se iniciar com uma proposta de ensino, na qual as empresas de mineração necessitarão desenvolver projetos socioeducativos, o que permite que a consciência de que o meio ambiente é de suma importância para todos os agentes, e que sua utilização de forma imprudente, acarreta em problemas futuros, contribuindo com o desenvolvimento da educação ambiental empresarial.

Além de tais iniciativas das empresas, pode-se citar as fontes de regulamentação por parte dos governos, que estabelecem normas e diretrizes para que haja acompanhamento e cumprimento da legislação ambiental e mineral. No poder federal, está inserido o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é responsável pela formulação das políticas ambientais, na qual o estabelecimento de suas resoluções possui força de lei. O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), também em nível federal vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, regulamenta o licenciamento e a

fiscalização ambiental (FARIAS; COELHO, 2013).

Ainda segundo Lana (2015), é importante que o empreendedor minerador se responsabilize também em manter regularizado, junto aos órgãos responsáveis, o seu empreendimento, ou seja, que ele se preocupe em passar por todas as etapas de regularização ambiental do empreendimento. Submetendo-se aos estudos e licenciamentos dentro dos prazos adequados. É de suma importância também que a empresa se preocupe em minimizar os impactos causados pela atividade mineradora e invista em tecnologias mais sustentáveis.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão de literatura examina detalhadamente o impacto da mineração nos aspectos socioambientais, destacando uma série de detalhes. A mineração é uma atividade que tem um impacto significativo tanto no ambiente quanto nas comunidades locais. Esses impactos podem ser positivos, contribuindo para o desenvolvimento econômico, mas também podem ser negativos, incluindo danos ambientais e sociais.

A mineração muitas vezes está ligada a conflitos sociais, especialmente quando as comunidades locais percebem que seus interesses não estão sendo devidamente considerados. A falta de consulta e participação das partes interessadas pode levar aos esforços e protestos.

Por outro lado, a mineração pode trazer benefícios econômicos significativos, incluindo a criação de recursos, a geração de receitas para governos locais e nacionais, e o estímulo ao crescimento econômico nas regiões afetadas.

Para mitigar os impactos socioambientais negativos da mineração, é essencial uma regulamentação rigorosa e eficaz. Isso inclui a implementação de medidas de mitigação, monitoramento ambiental adequado e a participação ativa das comunidades afetadas nas decisões relacionadas à mineração.

A busca pelo desenvolvimento sustentável é fundamental para equilibrar os benefícios econômicos da mineração com a preservação dos recursos naturais e a promoção do bem-estar das comunidades locais. É necessário adotar práticas de mineração responsáveis que levem em consideração os aspectos sociais e ambientais.

Em resumo, a mineração é uma atividade complexa que tem impactos tanto positivos quanto negativos. A busca por soluções que permitam maximizar os benefícios econômicos, minimizar os impactos ambientais e promover o envolvimento das comunidades locais é essencial para garantir um futuro sustentável para a indústria da mineração.

Referências

ALBUQUERQUE, Ana Clara Alencar Prado de. **Mecanismos jurídicos de mitigação dos danos ambientais decorrentes da atividade de mineração**. 2020. 55f. Monografia (Graduação em Direito) - Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2020

BACCI, D.; LANDIM, P.; ESTON, S. Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana. Ouro Preto: **Revista Escola de Minas**, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672006000100007&script=sci_arttext>. Acesso em: 16.08.23

BOMFIM, Marcela Rebouças. Avaliação de Impactos Ambientais da Atividade Minerária. **Superintendência de Educação Aberta e a Distância**, Cruz das Almas-BA, p.9-39, 2017.

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Mineração 2030**. Brasília: MME, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, 2013.
- BRUM, I. A. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/monografias/mono_-irineu_a_s_de_brum.pd>. Acesso em: 16.08.23
- DIAS, Luis Antonio Gomes de Souza Monteiro de. **Impactos e danos ambientais na mineração: diferenciação conceitual e instrumentos de controle para efetivação da tutela do meio ambiente**. 2019. 311 f. Tese (Doutorado em Direito) - Programa de Estudos Pós- Graduação em Direito, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2018.
- FARIAS, C. E. G.; COELHO, J. M. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. Relatório Preparado para O CGEE. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/miner_c3_a7_c3_a3o_20e_20meio_20ambiente.pdf/> Acesso em: 16.08.23
- FERREIRA, G. C. DAITX, E. C. DALLONETO, C. Impactos ambientais associados a desmonte de rocha com uso de explosivos. **Revista Geoambiência**, UNESP, São Paulo, v. 25, n.4, p. 467-473, 2015.
- FREITAS, E. **Principais áreas produtoras de minério no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/brasil/principais-areas-produtoras-minerio.htm/>> Acesso em: 16.08.23
- GONÇALVES, Ricardo Junior de Assis Fernandes; COELHO, Ana Lígia Alves. Construção das (re)existências frente ao extrativismo mineral: experiências de contestação e luta em Goiás, Brasil. VI Simpósio Internacional de Geografia Agrária e IX Simpósio Nacional de Geografia Agrária. **Anais...** Curitiba, 2017.
- GUSMÃO, I.C.D. et al. Os Impactos Ambientais Causados pela Atividade Mineradora. **Congresso Técnico Científico e da Agronomia**, p.1-5, 2021.
- LANA, Z. M. O. A atividade mineradora em Minas Gerais e em Ouro Preto : impactos socioambientais e intervenções para a sustentabilidade. **Sociedade e Território**, v. 27, n.3, p. 45-59. 2015.
- MAIA, A.V. et al. Mineronegócio e Riscos no Brasil: a Irracionalidade do Licenciamento Ambiental e a Responsabilidade por Desastres. **Rev. Campo Jurídico**. Barreiras-BA, v.8, n.2, p.190-209, 2020.
- MECHI, A., SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2015.
- MILANEZ, Bruno. Mineração, Ambiente e Sociedade: Impactos Complexos e Simplificação da Legislação. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, p.93-101, 2017.
- OLIVEIRA, Antônio Leal de; NASCIMENTO, Manuela Andrade do. **Revista de Direito da Faculdade Guanambi**. Guanambi-BA, v.8,n.02e341,2021, p.1-31.
- PORTELLA, Márcio Oliveira. Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, Brasília, v. 5, nº 2, 2015 p.263-276.
- propulsor da qualidade de vida e preservação do meio ambiente: um mapeamento das práticas educativas ambientais em empresas no município de Ouro Preto / MG. **Betim**. **Sinapse Múltipla**. v. 1, n. 1, p. 15-30. 2015.
- SANTOS, C. A. S.; RIBEIRO, F. G.; ANDRADE, J. L. T.; MATOS, S. F. **Perfil do Ferro e do Aço em Minas Gerais**. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico do Estado de Minas Gerais. 2013. 53 p.
- VALVERDE, F. M. **Agregados para Construção Civil**. Balanço Mineral Brasileiro, 2013. Disponível em: <<http://www.dnrm.gov.br/assets/galeriadocumento/BalancoMineral-2001/agregados.pdf>>. Acesso em: 16.08.23
- VASCONCELOS, M. B., BURSZTYN, M. A. A. Regularização ambiental de minerações em Minas Gerais. **Revista Escola de Minas**, v. 63. n. 2, p. 363-369. 2010.
- XAVIER, T. R.; WITTMANN, M. L.; SOUZA, A. R. Educação ambiental como mecanismo



4

OS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL
ENVIRONMENTAL IMPACTS CAUSED BY CIVIL CONSTRUCTION
WASTE

Winter Douglas Costa Xavier

Resumo

As atividades da indústria da construção civil vêm modificando as condições ambientais ao longo dos anos devido ao aumento do volume de resíduos. Os resíduos inadequados resultam em uma variedade de impactos ambientais e sociais devido às suas propriedades químicas e minerais, ocasionando danos ao solo, ao ar e à água, além de provocar alterações contínuas na natureza. Os Resíduos Sólidos da Construção Civil (RCC) têm despertado preocupação crescente e se tornaram objeto de discussão devido à sua significativa geração de resíduos. As atividades relacionadas à construção civil destacam-se como um setor de grande consumo de recursos naturais, especialmente devido ao uso intensivo de materiais como tijolos, cimento e entre outros, que são reconhecidos como fontes significativas de resíduos e poluentes. É importante destacar que a ausência de conscientização e as negligências por parte da população resultam em uma série de descartes de resíduos em áreas consideradas inconvenientes, o que acarreta em impactos socioambientais. Esses impactos incluem a propagação de vetores de doenças, o acúmulo de corpos d'água e, conseqüentemente, a propagação da poluição visual, ocasionando danos ambientais significativos tanto para a população quanto para as áreas urbanas. O objetivo geral deste estudo consiste em estudar os principais impactos ambientais resultantes da geração de resíduos provenientes da atividade de construção civil. O trabalho foi desenvolvido utilizando metodologia baseada em estudo bibliográfico e teórico. Conclui-se que há uma necessidade premente de ação por parte da sociedade, dos poderes públicos e do setor da construção civil, devido à quantidade significativa de resíduos gerados pela construção civil e ao seu descarte inadequado.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil. Resíduos Sólidos. Meio Ambiente. Gestão Ambiental. Construção Civil.

Abstract

The activities of the construction industry have been modifying environmental conditions over the years due to the increase in the volume of waste. Inadequate waste results in a variety of environmental and social impacts due to its chemical and mineral properties, causing damage to soil, air and water, in addition to causing continuous changes in nature. Solid Construction Waste (RCC) has aroused growing concern and has become the subject of discussion due to its significant waste generation. Activities related to civil construction stand out as a sector with a large consumption of natural resources, especially due to the intensive use of materials such as bricks, cement and others, which are recognized as significant sources of waste and pollutants. It is important to highlight that the lack of awareness and negligence on the part of the population results in a series of waste disposals in areas considered inconvenient, which leads to socio-environmental impacts. These impacts include the spread of disease vectors, the accumulation of water bodies and, consequently, the spread of visual pollution, causing significant environmental damage to both the population and urban areas. The general objective of this study is to study the main environmental impacts resulting from the generation of waste from civil construction activities. The work was developed using a methodology based on bibliographic and theoretical study. It is concluded that there is a pressing need for action on the part of society, public authorities and the construction sector, due to the significant amount of waste generated by construction and its inadequate disposal.

Keywords: Construction Waste. Solid Waste. Environment. Environmental management. Construction.



1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é comumente reconhecida por conta da sua atividade de desenvolvimento econômico, porém responde de forma significativa por uma parcela dos impactos negativos relacionados ao meio ambiente, seja ele por conta da exploração indevida dos recursos naturais ou por conta da geração de resíduos. Os canteiros de obras ocasionam em suas atividades uma série de perdas de materiais que possuem resíduos, o que se agrava mais ainda com o descarte inadequado.

As atividades da indústria da construção civil têm alterado as condições ambientais ao longo dos anos por conta do aumento do volume de resíduos. Os descartes inadequados geram uma série de impactos ao meio ambiente e a sociedade, por conta das características químicas e minerais que esses materiais possuem, causando danos ao solo, ao ar e a água, além da constante alteração da natureza.

Os gerenciamentos corretos desses resíduos ocasionam benefícios para o meio ambiente viver em harmonia com a sociedade, além de proporcionar uma qualidade de vida melhor. A indústria da construção civil não se destaca apenas por seus impactos na economia. Esta é também responsável por produzir uma grande quantidade de resíduos. Diante desse contexto surge uma problemática ser analisada: Quais impactos ambientais os resíduos sólidos da construção civil causam para o meio ambiente?

O objetivo geral buscou compreender os principais impactos ambientais ocasionados pela geração de resíduos da construção civil. Já os objetivos específicos buscaram: demonstrar os Resíduos da Construção Civil e seus impactos ao meio ambiente, comparar os impactos ambientais ocasionados pela construção civil nas áreas urbanas e apontar importância da gestão ambiental para assegurar o processo de descarte legal e reciclagem dos resíduos oriundos da construção civil.

A metodologia adotada nesta pesquisa trata-se de revisão de literatura com método de pesquisa bibliográfica qualitativa e descritiva, com base nos autores Cardoso (2017), Marques (2020), Martildes (2020), por meio de consultas a livros, artigos, sites confiáveis publicados nos últimos 10 anos. Os critérios de exclusão se basearam no descarte de artigos sem teor científico. Foram utilizadas as palavras-chave: Resíduos da Construção Civil, Resíduos Sólidos, Meio Ambiente, Gestão Ambiental e Construção Civil.

2. RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil é conhecida como um dos setores mais importantes para o processo de desenvolvimento econômico e social, sendo ele destaque no Brasil por proporcionar uma geração de empregos e rendas para a população. O setor da construção civil possui uma participação na economia nacional, sendo responsável por cerca de 6,7% do Produto Interno Bruto (PIB) e aproximadamente 56% da economia do mundo (SANTOS, 2015).

A contrapartida dessa indústria está os Resíduos Sólidos da Construção civil (RCC) que ao longo dos anos tornou-se alvo de preocupação e de discussões por ser um setor que gera uma quantidade de resíduos maior, representando cerca de 56% a 83% dos resíduos sólidos urbanos. Além disso, a inexistência de áreas de transbordo, triagem e de usina para tratamentos desse tipo de resíduos causa uma série de problemas para as cidades, principalmente os grandes centros urbanos onde esse tipo de problemática tem se propagado

com mais agilidade (CARDOSO, 2017).

No mundo todo o setor da construção civil se destaca por ser um grande consumidor dos recursos naturais, principalmente por conta de materiais como argamassa e área que são grandes geradores de resíduos. Dessa forma é necessário considerar esse tipo de resíduo como grandes causadores de impactos ambientais, levando em consideração seu uso em excesso e a falta de conscientização de sua utilização (MATTOS, 2013).

Marques et al. (2020) ressalta que a falta de conscientização e as negligências da população ocasionam uma série de depósitos de resíduos em locais considerados inapropriados, o que geram impactos socioambientais, como por exemplo, a proliferação de vetores de doenças, assoreamento de córregos e rios, e conseqüentemente propagam a poluição visual causando a população e as cidades uma série de transtornos. Para Martildes (2021) o despejo de resíduos da construção civil em locais inapropriados pode causar uma série de problemática tanto ambientais, quanto sociais. Quando bem remanejado esse tipo de resíduo pode ajudar a melhorar a economia local e a harmonizar a relação do homem com o meio ambiente.

Os resíduos provenientes da construção civil são gerados pelas reformas, construções, reparos demolições, resultantes da preparação da escavação de terrenos. Os materiais utilizados nesse tipo de construção são: tijolos, blocos de cerâmica, gesso, telha, pavimento asfáltico, tubulações, fiações, entre outros. Os principais geradores desse tipo de resíduos são pessoas físicas e jurídicas, que prestam serviços para empresas públicas e privadas que tem como responsabilidade atividades de empreendimentos que geram resíduos (MARQUES, 2016).

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são vistos como de baixa periculosidade, porém isso não os isenta dos riscos que ocasionam ao meio ambiente e ao homem. Nesse tipo de resíduo é encontrada uma série de materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem acumular água e propagar a proliferação de insetos além de outros vetores que ocasionam uma série de problemáticas ambientais (PASCHOALIN FILHO, 2015).

O autor Morand (2016) ressalta ainda que resíduos da construção civil são os materiais utilizados nas obras e considerados lixos, por não terem mais nenhum tipo de utilização a qual foi designada. Esses tipos de resíduos precisam de tratamento, para que sejam reutilizados, reciclados ou descartados de maneira correta.

Assim Morand (2016) cita que diante desse contexto é necessário chamar atenção para gestão ambiental e a disposição inadequada dos resíduos gerados pela indústria da construção civil. Logo esse processo pode gerar uma série de problemas ambientais que contribuem para a poluição do meio ambiente.

A indústria da construção muitas vezes suscita debates sobre a necessidade de buscar melhorias para o desenvolvimento sustentável. A principal razão para isso é a dependência substancial dos recursos naturais e a conseqüente produção de lixo (ÂNGULO *et al.*, 2011). Segundo os autores, esse setor provoca impactos ambientais prejudiciais, que começam com a retenção de matérias-primas para a realização da obra, continuam durante a execução e persistem até a destinação final dos resíduos gerados. Esses impactos resultaram em alterações urbanísticas e na manipulação de áreas.

A necessidade de aprimoramento do conceito de “desenvolvimento sustentável” surgiu em decorrência do crescimento e desenvolvimento populacional. Por se tratar de uma questão mundial, a persecução de ações orientadas para a sustentabilidade deverá ser perpendicular ao processo global (SANCHES, 2013). A Organização das Nações Unidas

(ONU) adota formalmente o conceito de desenvolvimento sustentável como “satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades”.

Os autores afirmam que as estratégias que visam alcançar o desenvolvimento sustentável devem funcionar de forma tridimensional, tendo em conta o ambiente, a cultura e a economia, tendo como referência o “*triple bottom line*” (PIMENTEL, 2013). De acordo com o autor, a finalidade dessa tridimensionalidade reside na busca de um equilíbrio sustentável, caracterizado por metas e práticas economicamente viáveis e socialmente equitativas, resultando na redução do impacto ambiental, na responsabilidade corporativa e no aprimoramento das condições climáticas.

As Nações Unidas estão efetivamente a reafirmar a sua preocupação relativamente ao aquecimento global, às suas consequências e aos potenciais desastres que podem afetar a humanidade como um todo. Diante de eventos catastróficos resultantes de ações construtivas, os atores responsáveis procuram agir com maior prudência, como evidenciado pelo recente aumento de ações sociais e reclamações sobre questões ambientais (ANDREOLI, 2012).

A preparação da matéria-prima construtiva possui implicações significativas em diversos processos de fabricação, transcendendo as preocupações básicas relacionadas à sua utilização. Por exemplo, o cimento é altamente reconhecido como um dos principais materiais utilizados na construção civil, sendo que a demanda por esse recurso está diretamente relacionada à sua produção. Tal fato deve ser sua extensa utilização em diversos canteiros de obras.

Consequentemente podem-se levantar questionamentos sobre os impactos por ele causados durante o seu início, cujos estudos retratam a emissão de quantidades substanciais de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Devido às sucessivas gerações de resíduos, que são predominantemente classificadas como inertes de acordo com a norma NBR 10004 de 2004, ou seja, produtos que permanecem inalterados por um longo período de tempo, surge um problema que vai além da mera produção desses resíduos, estendendo-se também à sua disposição após a demolição (MARTINS, 2014).

As legislações atuais no país visam estabelecer estratégias eficazes para mitigar o impacto potencial da construção. Em primeiro lugar, temos o licenciamento ambiental, que se refere a obrigação legal aplicável a qualquer empreendimento ou atividade que cause degradação ou poluição ao meio ambiente (GARÊ, 2011). Ou seja, serve como ponto de partida para iniciar o processo de mineração e extração de recursos de um determinado local. Isso ocorre por meio da participação social nos processos decisórios por meio de audiências públicas, onde o licenciamento é compartilhado entre os Órgãos Ambientais Estaduais e o IBAMA, que são partes integrantes do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente) (OLIVEIRA, 2015).

2.1 Impactos Ambientais Ocasionalmente pela Construção Civil nas Áreas Urbanas

Os impactos ambientais surgiram a partir da evolução da humanidade, desde que o ser humano começou a progredir em seu modo de vida o cultivo de alimentos e a criação de animais, aumentou os impactos ambientais de forma gradativa. As derrubadas de árvores para a construção de abrigo e obtenção de lenha ocasionaram vários problemas ao meio ambiente. Todas as alterações da cadeia alimentar, diminuição da biodiversidade,

alterações climáticas foram ocasionados pelas ações do homem (SÁNCHEZ, 2013).

É necessário ressaltar que durante o processo evolutivo da humanidade a criação das cidades e a crescente ampliação das áreas urbanas contribuíram para o crescimento de impactos ambientais. Essas alterações geradas ocasionam a geração de resíduos e propagaram a poluição do ar, da água e do solo (MORAND, 2016). A indústria da construção civil ao longo dos anos tem sido alvo de discussões por conta da necessidade desse comércio buscar o desenvolvimento sustentável, por ser grande consumidora dos recursos naturais e geradora de qual elevada quantidade de resíduos. Grande parte dessas obras ocasiona impactos ambientais que provocam impactos ambientais, que vai desde a aquisição de materiais, onde a matéria prima é retirada do meio ambiente, passando pelas etapas de execução das obras civis e chega à disposição gerada pelas construções (SANTOS, 2015).

Segundo Cardoso (2017) os efeitos ambientais considerados adversos ou negativos ocorrem em decorrência das intervenções ou atividades humanas, onde está o conceito de degradação, que nem sempre têm associação as alterações decorrentes dos fenômenos naturais. Esse tipo de conceito pode variar de atividade para atividade, onde se leva em consideração a geração de resíduos e sua classificação.

As obras da construção civil envolvem diversas etapas, com ampla interação com o meio ambiente no qual está inserida. Suas etapas podem variar o processo de suspensão vegetal, movimentação do solo durante o processo de terraplanagem consome de recursos naturais de forma desregrada, gera uma série de resíduos associados às atividades. As atividades da construção civil são responsáveis pela poluição que ultrapassa os limites tolerados em poeira e CO₂. Todo o processo produtivo, que utilizam o cimento gera o gás carbônico que é considerado um dos principais causadores do efeito estufa (MARTILDES, 2021).

Dentro desse contexto a gravidade dos impactos ocasionados ao meio ambiente é classificada de acordo com o grau de severidade, podendo ser de médio ou de alto porte. Severidade dos impactos tem sua classificação de gravidade ou intensidade de acordo com o impacto, onde se avalia a quantidade, a toxicidade, e a concentração dos recursos naturais utilizados (PASCHOALIN FILHO, 2015).

2.2 A Importância da Gestão Ambiental para Assegurar o Processo de Descarte Legal e Reciclagem dos Resíduos da Construção Civil

Esse processo de induzir a implantação da gestão ambiental na indústria da construção civil tem como principal foco minimizar os problemas ecológicos e ambientais ocasionados por esse tipo de atividade. A composição dessa implantação trabalha a ética, o comportamento, a compressão das leis e principalmente a imagem das organizações diante da sociedade. A ideia de associar a conscientização de minimizar os impactos ambientais oriundos do processo produtivo, não pode ser apenas uma passageira (ALMEIDA, 2014).

Dessa forma é diante disso que o governo trata as questões ambientais como uma responsabilidade social, que não atinge somente quem recebe os recursos extraídos da natureza de maneira ilegal, ela tem um forte impacto na produção e é por isso que necessita de uma atenção especial (OLIVEIRA, 2015). A importância da responsabilidade social e o gerenciamento ambiental, têm sido tratados com mais relevância diante da cobrança que a tendência mundial tem em aperfeiçoar a visão social responsável. Na atualidade os desafios que abordam as possíveis soluções para amenizar os impactos ambientais e harmonizar a economia são vistas como uma ação legal e positiva diante do mercado com-

petitivo. A aceitação e a implantação da gestão sócio-ambiental é um dos caminhos mais coerentes para que as organizações se habilitem e sigam a responsabilidade ambiental, adotando assim práticas sustentáveis que melhorem o processo produtivo (SANTOS, 2015).

A gestão ambiental é um importante instrumento de gerência e capacitação para as organizações, principalmente no processo que exige essa responsabilidade social dentro dos seguimentos legais. Com a redução de custos e a eliminação de desperdícios, podem-se desenvolver tecnologias que trabalhem a limpeza e sejam mais acessíveis para a reciclagem de insumos que são essenciais para o meio ambiente. Essa cobrança muda a postura das empresas em relação ao meio ambiente, não é ligada somente a cobranças políticas, mas também é uma exigência do mercado (ZADI; CARDOSO; VASCO, 2015).

Dessa forma a gestão ambiental deixou de ser vista apenas como uma função administrativa e passou a ter uma ênfase nos gerenciamentos e planejamentos estratégicos. Todas as diretrizes das atividades administrativas e organizacionais como o controle, coleta, alocação necessitam de um gerenciamento, que ajudam a eliminar essa carência de conscientização dos danos causados ao meio ambiente pelas ações do homem (CARDOSO, 2017). Mesmo que o processo seja adaptativo é preciso traçar metas e criar objetivos para que os empregados e os clientes compreendam juntas as constantes modificações que ocorrem no meio ambiente.

Apesar da legislação existente sobre o tema, diversas construtoras brasileiras têm encontrado dificuldades em realizar uma gestão adequada de resíduos no setor da construção civil. Além das consequências ambientais, esta situação tem uma influência negativa na indústria. Uma das questões mais urgentes que a indústria da construção civil enfrenta em diversas partes do país é a utilização de equipamentos de eliminação de resíduos assim como as atividades construtivas e demolidoras (MEIRA *et al.*, 2013).

Essa situação resulta na ocorrência de poluição ambiental, manipulação visual e impactos adversos na mobilidade urbana. Além disso, a liberação de partículas de poeira nas atividades de construção civil agrava os danos ambientais causados pelo setor. A gestão adequada dos resíduos de construção no canteiro de obras tem o potencial de reduzir significativamente as taxas de perdas, desperdícios e poluição (ENDO, 2014).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Resolução nº 307 do Conama estabelecem a elaboração e implementação, pelos geradores, do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição (CDGR). Este procedimento é essencial para uma gestão adequada dos resíduos provenientes da indústria da construção. Esses planos devem ser desenvolvidos pelos principais responsáveis pela geração de resíduos e devem estabelecer os procedimentos para a gestão e disposição ambientalmente adequada desses resíduos (CARDOSO, 2017).

Os empreendimentos que concedem licenciamento ambiental devem ter seus Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) avaliados como parte do processo de licenciamento, em colaboração com uma autoridade ambiental. O plano deve englobar cinco etapas principais: Caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos. A triagem dos resíduos deve ser realizada de forma preferencial pelo gerador no local de origem ou nas áreas de destino licenciadas para essa finalidade, levando em consideração as classes dos resíduos. Embalagem: O gerador deve garantir a contenção dos resíduos desde a geração até a etapa de transporte, garantindo, sempre que possível, condições de reutilização e reciclagem. O transporte deve ser executado de acordo com as etapas anteriores e em conformidade com as normas técnicas atualmente em vigor para o transporte de resíduos. A destinação deverá ser planejada de acordo com a classificação de cada resíduo (RIOS, 2016).

O recolhimento e remoção dos resíduos da obra deverão ser efetuada por transportadores licenciados. O serviço deverá ser regulamentado pelo preenchimento do formulário de Controle de Transporte de Resíduos. A presente ficha contém informações referentes ao gerador, incluindo o tipo e a quantidade de descarte, bem como os dados do transportador e do local de destino final. O gerador é responsável por manter um registro desse documento, o qual deve ser contratado tanto pelo transportador quanto pelo destinatário dos resíduos. Será fornecida uma garantia de que os resíduos foram especificamente destinados (MEIRA *et al.*, 2013).

Conforme estabelecido pela legislação vigente, a orientação fundamental a ser seguida em todas as etapas de uma obra de construção é o princípio da reutilização e reciclagem. Nesse contexto, os materiais que foram descartados, acarretando prejuízos financeiros e ambientais, podem ser reintegrados ao processo construtivo. Os materiais que não podem ser reutilizados diretamente no canteiro de obras, mas são recicláveis, podem ser reciclados dentro ou fora do canteiro de obras.

A adoção de métodos de construção mais racionais, com o objetivo de reduzir o desperdício, é de suma importância, não apenas para a diminuição do volume de resíduos produzidos. Este assunto aborda uma questão de natureza financeira que evidencia a importância da gestão de resíduos na indústria da construção como uma atividade estratégica.

3. CONCLUSÃO

Este estudo investigou os efeitos resultantes dos resíduos sólidos provenientes da indústria da construção civil no ecossistema. A indústria da construção civil é extremamente reconhecida como um dos setores de maior relevância global, devido à sua contribuição significativa para o crescimento econômico. No entanto, esse setor é responsável pelo consumo mais significativo dos recursos naturais, resultando numa série de danos ao meio ambiente.

Neste contexto, a ausência de consciência e a negligência por parte dos gestores desse setor resultaram na deposição de resíduos sólidos, acarretando consequências socioambientais, tais como a disseminação de agentes causadores de doenças. Ao longo deste estudo foi possível abordar a importância de caracterizar os resíduos gerados pela indústria da construção. A identificação dos tipos de resíduos auxilia na determinação dos métodos e equipamentos apropriados a serem empregados nos processos finais de descarte e reciclagem.

A análise da gestão de resíduos de construção foi mencionada como forma de compreender o objetivo principal de uma estratégia que visa elucidar os procedimentos corretos para o descarte e manuseio de todos os resíduos de construção. O reaproveitamento de resíduos também se tornou um método utilizado para minimizar os problemas associados ao elevado volume de resíduos gerados nos canteiros de obras. Este processo teve como resultado a promoção do reaproveitamento sustentável de materiais previamente considerados como tratados.

Pode-se concluir, então, que o objetivo deste estudo foi alcançado através da abordagem teórica dos resíduos sólidos na indústria da construção. A importância de investigar a quantidade específica de resíduos produzidos pela indústria da construção e a disposição limitada desses materiais, evidenciam a necessidade premente de ação por parte da sociedade, das autoridades governamentais e do setor da construção civil.



Referências

- ALMEIDA, G. S. R. **Gerenciamento de resíduos no setor da construção civil: um estudo de caso.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.
- ÂNGULO, S. C; TEIXEIRA, C. E; CASTRO, A. L; NOGUEIRA, T. P. **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 16, p. 299-306, 2011.
- ANDREOLI, Cleverson V. et al. **Resíduos Sólidos: Origem, Classificação e Soluções para destinação final adequada.** Coleção Agrinho, Brasília, p. 1-22, dez. 2012.
- CARDOSO, Luiza Moura. **Tudo sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil.** Plataforma Sienge, 2017.
- ENDO, Fábio Mitsuo. **Reaproveitamento de resíduos gerados no processo de fabricação de MDF em substituição ao combustível fóssil utilizado na geração de energia.** 2014. 94 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.
- GARÉ, José Carlos. **Contribuições da Construção Civil Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável.** 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado em Gestão para o desenvolvimento da Regionalidade) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2011.
- MARTINS, Lucas C. **Estudo do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos da Construção Civil no Município de São Jorge do Ivaí – PR.** 2014. 95 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Maringá, Maringá, 2014
- MARTILDES, J. A. L. **Variação volumétrica de aterro sanitário por meio de levantamento topográfico convencional e técnicas de aerofotogrametria.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2021.
- MARQUES, H. F.; et al. **Reaproveitamento de resíduos da construção civil: a prática de uma usina de reciclagem no estado do Paraná.** BrazilianJournalofDevelopment, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 21912-21930, 2020.
- MATTOS, Bernardo Bandeira de Mello. **Estudo do reuso, reciclagem e destinação final dos resíduos da construção civil na cidade do Rio de Janeiro.** Projeto de Graduação. Rio de Janeiro. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
- MEIRA, Elias da Macena; SILVA, Alisson Martins da; RODRIGUES, Patrícia Costa; CORINGA, Josias do Espírito Santo; SILVA, Adriana Xavier da. **Impactos Causados por Resíduos da Construção Civil nas Características Físico-Químicas da Água da Lagoa Barreiro-Várzea Grande / MT. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador, BA, novembro, 2013.**
- MORAND, Fernanda Guerra. **Estudo das principais aplicações dos resíduos de obra como materiais de construção.** 2016. 104 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.
- OLIVEIRA, T. Y. M. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações.** 2015. Projeto de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. **Gerenciamento dos resíduos de demolição gerados nas obras de um edifício localizado na Zona Leste da Cidade de São Paulo/SP.** Desenvolvimento em questão, v. 13, n. 30, p. 265-305, 2015.
- PIMENTEL, Ubiratan O. H. **Análise da geração de resíduos da construção civil da cidade de João Pessoa.** 2013. 188 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Universidades Federal da Bahia e Federal da Paraíba, Salvador, 2013.
- RIOS, Mariana Barreira Campos. **Estudo de Aspecto e Impacto ambiental nas Obras de Construção do Bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas** 2016. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Escola Politécnica – Curso de Engenharia Civil. Departamento de Construção Civil. Rio de Janeiro, 2016.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- SANTOS, T. S. **Análise da gestão dos resíduos da construção e demolição no município de Muritiba/BA.** 2015. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.
- ZADI, E. L; CARDOSO, E. C; VASCO, K.C. **Avaliação do gerenciamento dos resíduos da construção civil:**

estudo de caso em um condomínio horizontal localizado em Aparecida de Goiânia/GO. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás Goiânia, 2015.





5

DESAFIOS PARA A AMPLIAÇÃO DO USO RESIDENCIAL DA
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL
CHALLENGES FOR EXPANDING THE RESIDENTIAL USE OF
SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY IN BRAZIL

Jonas Guimarães Correa

Resumo

No que diz respeito à irradiação solar, o Brasil é bastante privilegiado, porém ainda não é expressivo o aproveitamento desse ponto favorável para a produção de energia solar fotovoltaica. Com esse contexto, este estudo tem o objetivo geral de compreender os entraves para a disseminação do uso residencial da energia solar fotovoltaica no território brasileiro. Para alcançar esse propósito, o estudo se fundamenta essencialmente em levantamento bibliográfico sobre artigos, dissertações e teses referentes ao período de 2018 a 2023. Com o trabalho realizado, verifica-se que a energia solar fotovoltaica em uso residencial ainda é incipiente no Brasil, onde ainda há insuficiência em políticas públicas voltadas para a temática e relativo alto custo para investimento na estrutura de painéis solares considerando a renda da maioria dos brasileiros. Acredita-se que são esses os principais pontos de dificuldades para o crescimento da energia solar fotovoltaica no país. Para redirecionar o cenário brasileiro em favor do crescimento da energia solar fotovoltaica, deve haver a difusão do conhecimento sobre esse tipo de energia, bem como devem ser definidos incentivos fiscais e financeiros para investidores do mercado de energia solar e para os cidadãos que a adquirirem. Dessa maneira, acredita-se que pode se tornar mais viável a aquisição de painéis solares pela população em geral. Diante disso, convém destacar que o Estado tem papel primordial no que tange o desenvolvimento sustentável, para o qual deve promover a adoção de energias renováveis, como a energia solar fotovoltaica.

Palavras-chave: Contexto brasileiro, Energias renováveis, Sistema fotovoltaico.

Abstract

About solar irradiation, Brazil is quite privileged, but the use of this favorable point to produce photovoltaic solar energy is not yet significant. With this context, this study has the main purpose of understanding the obstacles to the dissemination of residential use of photovoltaic solar energy in Brazilian territory. To achieve this purpose, the study is essentially based on a bibliographical survey of papers, dissertations and theses referring to the period from 2018 to 2023. With the work carried out, it appears that photovoltaic solar energy in residential use is still in its infancy in Brazil, where there is still an insufficiency in public policies focused on this issue and the relative high cost of investing in the structure of solar panels considering the income of most Brazilians. It is believed that these are the main points of difficulty for the growth of photovoltaic solar energy in the country. To redirect the Brazilian scenario in favor of the growth of photovoltaic solar energy, knowledge about this type of energy must be disseminated, as well as fiscal and financial incentives must be defined for investors in the solar energy market and for citizens who purchase it. In this way, it is believed that the acquisition of solar panels by the general population may become more viable. In view of this, it is worth highlighting that the State has a primary role in terms of sustainable development, for which it must promote the adoption of renewable energy, such as photovoltaic solar energy.

Keywords: Brazilian context, Renewable energies, Photovoltaic system.



1. INTRODUÇÃO

É indiscutível a importância histórica e do presente da eletricidade, pois ela tem sido essencial para o desenvolvimento da vida em sociedade, favorecendo a iluminação de locais e o funcionamento de diversos equipamentos residenciais e industriais das mais variadas funções. Existem várias fontes de energia que subsistem o fornecimento da energia elétrica, porém ainda é expressiva a utilização das fontes adjetivadas como não-renováveis, como as que advêm de combustíveis fósseis. Essas fontes têm essa denominação devido ao fato de serem baseadas em recursos naturais que não se renovam no meio ambiente.

Na matriz elétrica global, há opções de fontes de energia para eletricidade mais convergentes ao desenvolvimento sustentável. Essas fontes se classificam como renováveis, pois os recursos principais são inesgotáveis no meio ambiente, como no caso da energia derivada do Sol. Acrescenta-se que a energia solar é uma fonte categorizada como limpa, pois não envolve a emissão de poluentes. Um dos sistemas geradores de energia solar é o fotovoltaico, que é encontrado no mercado para uso residencial e industrial por meio dos chamados painéis solares.

Quando se aborda sobre Sol, convém destacar que o Brasil é privilegiado devido à sua localização no globo. Por outro lado, não é de fácil visualização o uso de painéis solares em residências, sendo mais comum o fornecimento de eletricidade por concessionárias, que, por sua vez, baseiam-se em fontes hidrelétricas principalmente. Portanto, evidencia-se fundamental o aprofundamento acerca da relativa pouca disseminação do uso da energia solar fotovoltaica pelos brasileiros. Nesse contexto, este estudo busca a resposta para a seguinte questão: quais os fatores de dificuldade para o crescimento do uso da energia solar fotovoltaica em residências brasileiras?

Ademais, este trabalho tem como objetivo geral compreender os entraves para a disseminação do uso residencial da energia solar fotovoltaica no território brasileiro. Para alcançar esse propósito, os objetivos específicos são: conhecer sobre o sistema de energia solar fotovoltaico com enfoque em fins residenciais; reunir abordagens acerca da baixa utilização da energia solar na realidade brasileira; destacar as principais possíveis causas para o descompasso do uso da energia solar fotovoltaica em relação a outros tipos de energia no contexto residencial brasileiro.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

De acordo com as suas características no âmbito da Metodologia Científica, sintetiza-se que esse estudo é descritivo quanto aos objetivos, de abordagem qualitativa, de revisão bibliográfica quanto ao método e de natureza aplicada. Essa classificação se respalda no lecionado por Paranhos e Rodolpho (2014) e Souza, Santos e Dias (2013). De forma geral, buscou-se apresentar sobre a energia solar FV no contexto residencial brasileiro e os principais fatores que podem ser considerados como entraves para a ampliação do uso desse tipo de energia em casas brasileiras.

Para o levantamento bibliográfico, foram buscadas abordagens importantes de publicações científicas, dissertações, teses e de livros de Engenharia Ambiental e áreas afins que abordam sobre a energia solar FV e sua contextualização no território brasileiro. Durante o levantamento, foram identificadas menções sobre resoluções relevantes do cam-

po da regulação de energia elétrica e, portanto, também houve a consulta documental diretamente nesses dispositivos normativos.

Para a busca de dissertações e teses foi consultada a base de dados da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD); e, para os artigos científicos, o Google Acadêmico, a *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e o Portal de Periódicos da CAPES. A busca nessas bases seguiu a combinação das seguintes palavras-chave: “energia solar”, “energia solar fotovoltaica” e “energia solar no Brasil”.

Como critérios de pré-seleção dos materiais para compor a revisão desse estudo, foi considerado o idioma português, além do período de publicação entre 2019 e 2023 (que corresponde aos últimos cinco anos) e o conteúdo com abordagem direta sobre energia solar fotovoltaica no Brasil, principalmente em relação a dificuldades nesse campo. Após leitura preliminar dos materiais para separação daqueles considerados oportunos pelo pesquisador, houve a leitura completa dos selecionados e fichamento de abordagens relevantes. Após isso, houve a construção dos resultados desta pesquisa com a compilação de informações pertinentes para compor a resposta do problema de pesquisa e considerando os objetivos do estudo.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 A energia solar fotovoltaica (FV)

Na década de 1960, a energia solar começou a receber investimentos significativos visando o fornecimento de energia elétrica. Na época, a energia proveniente do Sol chamou a atenção por ser uma fonte limpa e de baixo impacto ambiental. Entretanto, a queda do preço do petróleo redirecionou o olhar de investidores para a produção de energia a partir de combustíveis fósseis, ficando a energia solar em segundo plano (Almeida; Almeida, 2022).

Nas últimas décadas do século XX, houve a crise do petróleo e se intensificava uma tendência mundial em prol do desenvolvimento sustentável. Desse modo, foi iniciada uma corrida para o desenvolvimento tecnológico quanto a novas fontes de energia, preferencialmente mais amigáveis ao meio ambiente e que também pudessem ser acessíveis às populações mais pobres para alinhamento positivo no âmbito socioeconômico. Nesse contexto, ganhavam destaque as chamadas fontes de energias renováveis, que consistem em qualquer tipo de energia que, de alguma maneira, é retornada ao ciclo de transformações energéticas do qual faz parte (Corrêa; Benite, 2019; Miki, 2019).

Em outro extremo, há as fontes de energia não renováveis, que são provenientes de fontes finitas ou esgotáveis da natureza, sendo o processo de reposição natural bastante lento, podendo levar milhões de anos devido às condições específicas de temperatura e pressão necessárias. Como exemplos dessas fontes há o carvão mineral, urânio e hidrocarbonetos; enquanto, dentre as fontes renováveis, são citadas a fonte hídrica, biomassa, geotérmica, eólica e a solar. Desta última, há o tipo de energia solar fotovoltaica, que é de grande abundância no planeta e com potencialidade de se tornar a mais importante da matriz elétrica global até o ano de 2040 (Almeida; Almeida, 2022; Corrêa; Benite, 2019).

Quanto ao Sol como fonte de energia, Melo (2022) menciona sobre “usina térmica do cosmos”. O autor explica que o planeta recebe anualmente uma quantidade de energia através de raios solares que excede bastante a necessidade do mundo considerando esse período. Contudo, somente uma pequena parcela dessa radiação é aplicada para geração de eletricidade por dispositivos de engenharia. Nesse aspecto, Silva e Araújo (2022) apon-

tam que a energia solar é uma das melhores substitutas para o uso de combustíveis fósseis e que, quanto à energia solar fotovoltaica, esta não é poluente e apresenta relativo baixo custo de manutenção.

Oliveira *et al.* (2022) discorrem que o nome “fotovoltaica” deriva da junção de dois termos de origem grega, que são “foto” significando “luz” e “voltaica” que advém de “volt” que, por sua vez, é a unidade de potencial elétrico. Silva *et al.* (2021) explicam que o efeito fotovoltaico é gerado por materiais semicondutores que convertem diretamente a luz solar em eletricidade. Ainda segundo Silva *et al.* (2021) esse efeito foi descoberto na primeira metade dos anos 1800, por Edmond Becquerel, que observou uma diferença de potencial elétrico na extremidade de uma estrutura composta de materiais semicondutores.

Atualmente são difundidos os chamados painéis fotovoltaicos, que são produzidos por um material semicondutor denominado silício e que é formado de elétrons. Nesses painéis, os elétrons se movimentam através da transferência da energia dos fótons e geram uma corrente elétrica, como explicam Weirich *et al.* (2022). Com estruturas que contemplam os referidos painéis, pode-se verificar o tipo de energia centralizada, que corresponde a usinas com capacidade maior que 5 MW; e a do tipo distribuída, que é produzida pelos consumidores em suas residências e empreendimentos a partir do formato e microgeração, com até 75kW, e minigeração, com capacidade entre 75kW e 5MW (Ottonelli *et al.*, 2021).

Também há três formatos em que os sistemas fotovoltaicos podem se dividir: os conectados à rede (*On Grid*), em que não há armazenamento de energia, pois a energia gerada é entregue diretamente à rede; os autônomos (*Off Grid*), que visam o armazenamento da energia produzida em baterias para uso posterior; e os híbridos, em que a energia fotovoltaica atua em conjunto com outro tipo de fonte de energia elétrica. Dos formatos mencionados, convém destacar os autônomos, que são essenciais para o atendimento de comunidades isoladas, que geralmente não são atendidas por concessionárias de energia elétrica, ficando estas comunidades dependentes de sistemas fotovoltaicos até para o funcionamento de escolas e postos de saúde, por exemplo (Miki, 2019; Oliveira; Abritta; Fernandes, 2021).

Acerca da energia solar fotovoltaica há diversos pontos positivos, como a autonomia de consumidores produzirem sua própria eletricidade mesmo em regiões remotas, o fato de a fonte de energia ser totalmente renovável e infinita, a ausência de barulho durante a produção, a simplicidade de instalação e de funcionamento, a baixa necessidade de manutenção e a elevada durabilidade das placas solares. Por outro lado, como pontos negativos há o relativo alto custo de aquisição da estrutura, a queda de produção em locais com inverno rigoroso, o não funcionamento em período noturno e componentes de placas solares ainda com oportunidades de melhorias em sua eficiência. Apesar de desvantagens envolvidas, nota-se que as vantagens se sobressaem (Kruger; Zanella; Barichello, 2023; Pardini *et al.*, 2023).

2.2.2 Provável subutilização da energia solar FV no Brasil

O Brasil reúne condições favoráveis para a energia solar FV, pois sua localização geográfica está entre o Equador e o Trópico de Capricórnio e grande parte do país recebe irradiação significativa em quase todo o ano e há regiões com baixo índice pluviométrico. Entretanto, apesar dessas condições oportunas para a ampliação da energia solar FV, ainda é baixa a participação desta na matriz elétrica brasileira em comparação com outros tipos de fontes de energia renovável (Nunes; Souza; Batista, 2022; Ottonelli *et al.*, 2021).

É notável, ainda que lento, o crescimento do uso da energia fotovoltaica no Brasil a partir da Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), substituída pela Resolução Normativa ANEEL nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023. Assim, passou a ser regulamentado o regime de fornecimento de créditos a uma unidade consumidora com a troca de excedente de energia produzida por painéis fotovoltaicos (Brasil, 2012; 2023). No final de 2018, o país possuía mais de 48.600 sistemas fotovoltaicos de micro e minigeração conectados à rede. Com o ritmo observado, há previsões de mercado para que até 2024 o Brasil apresente 887.000 sistemas de energia solar conectados à rede, o que pode repercutir em uma elevada capacidade instalada em gigawatts (Altoé; Ribeiro, 2020).

Apesar do exposto, para Silva (2023), o uso da fonte de energia do Sol ainda pode ser considerado como incipiente no Brasil. De acordo com a autora, somente 1,7% da energia do país é proveniente de radiações solares, ficando as fontes hidrelétricas ainda em maior preponderância. A autora alerta sobre a persistência do uso de combustíveis fósseis mesmo com a elevada disponibilidade de outras fontes mais sustentáveis no território brasileiro. Ottonelli *et al.* (2021) apresentam ponto de vista convergente e acrescentam que essa incipiência pode ser verificada com a comparação da energia solar FV na matriz elétrica brasileira com as matrizes de outros países.

Conforme o abordado por Nunes, Souza e Batista (2022), entende-se que a disparidade entre o Brasil e outros países quanto à capacidade instalada de energia FV se inicia desde as razões para implementação dessa fonte. Os autores mencionam que os países Estados Unidos, Japão, China e Alemanha investiram em energia FV para reduzir emissões de CO₂; enquanto a motivação do Brasil foi essencialmente aumentar o acesso de comunidades à eletricidade. Ademais, os autores destacam que em outros países há políticas públicas consolidadas na temática, mas no Brasil ainda predominam políticas pulverizadas e com incentivos restritos a descontos de tarifas.

Em complemento, Souza e Ferreira (2019) explicam que são grandes as potencialidades de produção da energia solar fotovoltaica no Brasil, mas a infraestrutura voltada para esse tipo de energia ainda não é desenvolvida como em outros países onde a incidência solar é bem menor, como na França, Espanha e Alemanha. Para as autoras, nem mesmo outras fontes de energia renováveis são efetivamente aproveitadas frente à grande disponibilidade de recursos necessários no país, como ocorre na energia eólica, que também ainda está com pouca participação na matriz elétrica brasileira.

Nos estudos de Weirich *et al.* (2022) é abordado que o Brasil demonstra favoráveis índices de radiação solar que podem ser utilizados para eletricidade, pois, em áreas de menor irradiação, a distribuição se apresenta em, aproximadamente, 1.642 kWh/m² por ano; enquanto em áreas europeias de incidência mais elevada, essa distribuição se aproxima de 1300 kWh/m². Apesar destes números, o autor destaca que ainda é necessário maior incentivo por parte do Estado para o crescimento da energia solar no Brasil.

A partir das considerações de Silva e Araújo (2022), entende-se que outro grande potencial do Brasil em relação à energia solar fotovoltaica está na elevada disponibilidade do silício, que é a matéria-prima principal dos chamados módulos fotovoltaicos. Portanto, diante das características propícias ao desenvolvimento da energia solar FV, nota-se que seu crescimento ainda é bastante desproporcional, principalmente pela persistência de adoção de outros sistemas de produção de energia tradicionais, que, inclusive, geram maiores impactos diretos e indiretos ao meio ambiente.

Segundo Oliveira *et al.* (2022), a capacidade instalada de energia FV de uma região pode ter relação direta com a renda mensal dos moradores e com o valor da tarifa de

energia de concessionárias. Os autores exemplificam os estados de Roraima e Rio Grande do Sul, em que o primeiro estado possui a menor capacidade instalada do país e os cidadãos têm renda mensal média inferior a R\$ 500,00; enquanto no segundo estado a renda mensal é superior a R\$ 1.000,00 e é nele que há a terceira maior capacidade instalada. Os autores complementam que nos estados onde a energia elétrica por concessionária é mais cara, há maior tendência de investimento em energia solar FV. Com esse raciocínio, pode-se presumir que há subutilização da energia solar FV no Brasil, pois a maioria da população não possui elevados recursos financeiros.

2.2.3 Entraves para o crescimento do uso da energia solar FV em casas brasileiras

Na síntese de Gasparin *et al.* (2022) há que no Brasil ainda prevalece a energia elétrica produzida por usinas hidrelétricas, tendo como principal razão o baixo custo desse formato. Para o autor, deve haver maior diversificação da matriz elétrica, sendo fundamentais políticas públicas voltadas para outras fontes de energia. Os autores ressaltam que as políticas energéticas representam os interesses do Estado sobre qual ou quais tipos de fontes de energia podem se desenvolver. Com esse entendimento, o autor chama a atenção para que haja maior enfoque governamental sobre a energia solar FV, que deve prever a pesquisa e o desenvolvimento no setor, além de incentivos financeiros e tarifas interessantes. Dessa forma, pode ser gerado um cenário mais atrativo para investidores.

Passini *et al.* (2023) explicitam que há obstáculos a serem superados para ampliar a abrangência da energia solar no Brasil. Os autores fazem menção ao marco regulatório da Resolução 482/2012, que ocorreu somente há pouco mais de dez anos, e informam que, até então, poucas pessoas faziam uso dessa fonte de energia. Além disso, os autores destacam que o país carece de incentivos que motivem cidadãos, bem como pequenos produtores e pequenas empresas, a investirem em infraestrutura de energia fotovoltaica em seus telhados.

Convém ressaltar que a infraestrutura tecnológica da energia solar FV ainda pode ser relativamente de altos custos para um núcleo familiar. Entretanto, pesquisas têm buscado meios de viabilizar cada vez mais esse tipo de energia por meio da redução de custos envolvidos, seja através do material ou de mecanismos de engenharia, por exemplo. Ademais, a tecnologia da energia solar FV ainda é relativamente nova e pode ser considerada como custosa e complicada por muitos cidadãos, formando assim um obstáculo para a ampliação do uso. Por isso, a maior disseminação do tema na sociedade também é crucial (Silva; Araújo, 2022).

Na ótica de Cruz *et al.* (2020), alguns fatores justificam o não considerável uso da energia solar, além do pouco conhecimento populacional da tecnologia. Os autores citam como fator principal os custos dos elementos da infraestrutura fotovoltaica, existindo ainda a falta de profissionais qualificados, a pouca quantidade de indústrias especializadas e o pouco estímulo e planejamento por parte dos governos para promover a energia solar para a população. Os autores destacam que as ações governamentais demonstram maior direcionamento a tentativas de tarifar sistemas fotovoltaicos, o que pode prejudicar a expansão da utilização da energia solar FV pelos brasileiros.

Veloso, Teixeira e Silva Júnior (2021) concordam sobre a carência de incentivos ao desenvolvimento da tecnologia de energia FV no Brasil. Paralelo a isso, os autores apontam como ponto de dificuldade a dependência de equipamentos importados, que tendem a se encarecer com a alta do dólar. Além disso, como os autores discorrem, o contexto socio-

econômico é vulnerável a influências de fatores não controláveis, como ocorreu no recente período de pandemia. É alertado pelos autores que o cenário tecnológico, econômico, de mercado e ambiental atingem de forma direta o setor de energia renovável no país. Diante disso, evidencia-se que o Brasil ainda precisa investir muito para avançar no aproveitamento das potencialidades de produção de energia renovável, em especial a fotovoltaica.

De acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), cerca de 90% dos brasileiros demonstram ponto de vista favorável à geração de energia solar fotovoltaica em suas residências. Grande parcela desse grupo apontou interesse na instalação de energia solar fotovoltaica desde que sejam disponibilizados financiamentos competitivos. Ainda segundo a Associação, muitos brasileiros apoiam que o Governo invista nessa matéria, e mais de 75% das empresas do ramo de energia solar fotovoltaica apontam as dificuldades em financiamentos como o maior entrave para o desenvolvimento desse tipo de produção de energia no país (Suaia, 2018).

A questão do financiamento para a energia solar fotovoltaica também é abordada nas considerações de Souza e Ferreira (2019). Para as autoras, a ANEEL não exaltou consideravelmente a energia fotovoltaica no âmbito do Plano Nacional de Energia 2030. Segundo elas, esse fato pode indicar pouca importância direcionada à energia fotovoltaica no contexto de política pública no Brasil, contrariando a percepção da sociedade que tem se mostrado receptiva à instalação de estrutura para esse tipo de energia solar, bem como para outras fontes de energia renovável.

No estudo de Santos e Lucena (2020) há destacado que as resoluções da ANEEL devem ser mais claras quanto ao excedente de energia solar produzido por unidades consumidoras. Além disso, as resoluções devem ser elaboradas no sentido de propulsionar que os brasileiros adquiriram infraestrutura de energia solar FV vantajosa financeiramente. Acrescenta-se o ponto de vista de Silva (2022) sobre a maior atenção que a tributação deve receber em relação à energia solar fotovoltaica com vistas a promover incentivos fiscais para pessoas físicas e jurídicas que adotarem o sistema. Entretanto, nesse ponto, o autor ressalta sobre a cautela necessária para evitar distorções de mercado.

Tendo em vista o uso residencial da energia FV para a população em geral, Dafolvo *et al.* (2019) desenvolveram um estudo de viabilidade considerando moradores de Mato Grosso. A partir dos cálculos desenvolvidos pelos autores, foi verificado que a implantação da energia solar FV é viável somente em casas com renda familiar mais elevada, sendo inviável para pessoas de rendas média e baixa. Diante dessa constatação, entende-se que obter o benefício das reduções de custos de energia elétrica tende a ser mais difícil para pessoas menos favorecidas economicamente, ficando estas dependentes da energia elétrica de concessionárias.

Em estudo similar, Oliveira e Araújo Filho (2021) mencionam uma pesquisa com 10 famílias de Minas Gerais, pela qual verificaram que somente os núcleos familiares com renda per capita acima de cinco salários-mínimos usufruem da energia solar FV de forma integral e sem necessidade de uso de eletricidade de concessionárias. Diante desse quadro, fica clara a importância de programas que incentivem e auxiliem na viabilização de aquisição de microgeração fotovoltaica por famílias com rendas per capita abaixo de cinco salários-mínimos.

De acordo com os fatores abordados acerca da dificuldade de ampliação da energia solar FV pelos cidadãos brasileiros, evidencia-se que é essencial a atuação do Estado para promover o mercado dessa tecnologia. Nesse contexto, acrescenta-se o que Oliveira, Mario e Pacheco (2021) abordam sobre o mercado de energia solar ser terreno favorável para investidores, pois a variação de preços tende a ser inferior aos relacionados à energia pro-

veniente de combustíveis fósseis.

Em importante adição ao exposto, convém as considerações de Pertussatto e Blanchet (2020), quando apontam como principal benefício socioeconômico relacionado à energia solar FV a geração de empregos nos campos de projetos, instalação, produção, vendas e distribuição. Dessa forma, com a geração de emprego, há a geração de renda e movimentação da economia, que é essencial para o desenvolvimento do país. Nesse aspecto, os autores sugerem a redução da tributação sobre os componentes de sistemas fotovoltaicos que já são relativamente caros. Para essa sugestão, os autores se respaldam na importância de o Estado agir em prol do desenvolvimento sustentável.

Com o decorrido até aqui, nota-se que, de fato, há entraves para a difusão da energia solar FV no âmbito residencial brasileiro. Tais entraves advêm do campo governamental principalmente, pois políticas do Estado poderiam incentivar investimentos e favorecer redução de custos de insumos relacionados à tecnologia fotovoltaica, por exemplo. Entretanto, isso ainda não acontece de forma significativa na realidade, mas, de acordo com abordagens de vários dos autores citados nesse estudo, é possível o cenário de ampliação de uso da energia solar FV pelos cidadãos brasileiros em suas casas, o que também pode gerar vários reflexos positivos no campo socioeconômico e ambiental do país.

3. CONCLUSÃO

Com o estudo desenvolvido, foi apresentado sobre a energia solar fotovoltaica com aplicabilidade residencial, além dos aspectos que indicam que esse tipo de energia pode estar subutilizado no país, culminando com a discussão acerca dos principais fatores que podem ser indicados como obstáculos para a difusão da energia solar FV no âmbito residencial brasileiro. Dessa forma, consideram-se como alcançados os objetivos formulados para este trabalho.

Em resposta à pergunta de pesquisa, sintetiza-se que, entre os prováveis entraves para a disseminação da energia solar FV para uso residencial no Brasil, destacam-se a deficiência em políticas públicas voltadas para esse tipo de energia e a ausência de mecanismos para tornar mais atrativos os investimentos no setor, bem como para estimular a adesão dos brasileiros na aquisição da infraestrutura FV. Dada a importância da energia solar FV, que apresenta diversas vantagens, é imprescindível que os referidos entraves sejam solucionados o quanto antes.

Convém lembrar que o país já reúne características potenciais para o crescimento do sistema fotovoltaico, como a forte irradiação solar e a alta disponibilidade de silício. Portanto, infere-se que o Governo deve intervir nesse cenário através da formulação de políticas públicas voltadas para o setor da energia solar fotovoltaica, devendo o principal enfoque ser o crescimento dos painéis solares nos telhados dos cidadãos brasileiros. Dessa maneira, acredita-se que pode ser cada vez mais estimulada a pesquisa sobre o sistema FV no âmbito da Engenharia Ambiental e suscitada a atração de investidores no mercado. Como reflexos, podem se tornar facilitados os financiamentos para que a energia solar FV se popularize.

Ressalta-se que este trabalho não esgota o conhecimento sobre a energia solar fotovoltaica em contexto residencial do país devido às limitações do estudo. O levantamento bibliográfico foi restrito a algumas bases de dados, ao idioma português e houve a delimitação de publicações dos últimos cinco anos. Por isso, novas abordagens podem ser encontradas com a ampliação do levantamento. Ademais, considerando os entraves iden-

tificados para o crescimento da energia FV no país através deste trabalho, recomenda-se para estudos futuros a elaboração de planos de ação para a mudança desse paradigma.

De toda forma, pela convergência de pontos de vistas de diferentes autores abordados neste trabalho, conclui-se que o Estado tem responsabilidade fundamental para a superação dos obstáculos para a difusão da energia solar FV no Brasil. Essa responsabilidade se intensifica quando se lança luz para a essencialidade do desenvolvimento sustentável, para o qual energias renováveis, como a energia solar fotovoltaica, devem ser amplamente difundidas e efetivamente implementadas.

Referências

- ALMEIDA, H. A.; ALMEIDA, E. C. V. Potencial da energia solar fotovoltaica no Semiárido nordestino. **Concilium**, v. 22, n. 2, p. 197-210, 2022. <http://dx.doi.org/10.53660/CLM-111-130>
- ALTOÉ, L.; RIBEIRO, L. G. E. Estudo de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos residenciais em diferentes regiões do Brasil. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 12, n. 4, 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/15866/209209213894>. Acesso em: 05. abr. 2023.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 02 maio. 2023.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa ANEEL nº 1.059, de 7 de fevereiro de 2023**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.059-de-7-de-fevereiro-de-2023-463828999>. Acesso em: 02 maio. 2023.
- CORRÊA, N. B. O.; BENITE, C. R. M. **Fontes renováveis de energia: uma abordagem interdisciplinar no ensino de física**. Curitiba: Appris, 2019.
- CRUZ, T. P. R. *et al.* Análise socioambiental e legislativa dos impactos da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 63495-63511, 2020. <http://doi.org/10.34117/bjdv6n8-689>
- DALFOVO, W. C. T. *et al.* A Viabilidade econômica da implantação de energia solar fotovoltaica para a redução dos custos com energia elétrica das famílias com diferentes níveis de renda: uma análise para a região norte de Mato Grosso. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 14, n. 3, p. 118-143, 2019. https://doi.org/10.21446/scg_ufrj.v0i0.23111
- GASPARIN, F. B. A Influência de Políticas Públicas para o Progresso da Geração Solar Fotovoltaica e Diversificação da Matriz Energética Brasileira. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20210102>
- KRUGER, S. D.; ZANELLA, C.; BARICHELLO, R. Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de projeto de produção de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 428-445, 2023. <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1521>
- MELO, O. A. M. H. **Energia Solar Fotovoltaica: viabilidade econômico-financeira e socioambiental**. São Paulo: Dialética, 2022.
- MIKI, A. J. **Energia fotovoltaica em comunidade isolada no Amazonas**. Curitiba: Appris, 2019.
- NUNES, R.; SOUZA, C.; BATISTA, R. Estudo sobre a utilização da energia solar fotovoltaica como estratégia de suprir a demanda energética brasileira. **Ciências Gerenciais em Foco**, v. 14, n. 12, p. 12-34, 2022. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/cgf/article/view/6410/4288>. Acesso em: 04 set. 2023.
- OLIVEIRA, A. M.; MARIO, M. C.; PACHECO, M. T. T. Fontes renováveis de energia elétrica: evolução da oferta de energia fotovoltaica no Brasil até 2050. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 257-272, 2021. <https://doi.org/10.34115/basrv5n1-016>
- OLIVEIRA, A. T. E. *et al.* A energia solar fotovoltaica: transformação, evolução, aspectos ambientais e abordagens na sala de aula. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e25811932533-e25811932533, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32533>. Acesso em: 20 set. 2023.
- OLIVEIRA, E. A. F.; ARAÚJO FILHO, J. G. Perspectivas da geração e aplicação da energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão da literatura (2015-2019). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 5, p.

435-450, 2021. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0035>

OLIVEIRA, G. V.; ABRITTA, C. C. A.; FERNANDES, V. Energias Renováveis: estudo de caso de aplicação residencial de energia solar fotovoltaica. **Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica**, v. 3, n. 2, 2021. Disponível em: <http://seer.uniacademia.edu.br/index.php/eletrica/article/view/3063/2072>. Acesso em: 20 abr. 2023.

OTTONELLI, J. *et al.* Oportunidades e desafios do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 52, n. 4, p. 8-26, 2021. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/ren/article/view/1199/905>. Acesso em: 10 set. 2023.

PARANHOS, L. R. L.; RODOLPHO, P. J. **Metodologia da pesquisa aplicada à tecnologia**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014.

PASSINI, A. F. C. *et al.* **Energia solar no Brasil: oportunidades e desafios**. In: VI Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Foz do Iguaçu, 23-25 maio 2023. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2023/XV-006.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.

PERTUSSATTO, E. W.; BLANCHET, L. A. A tributação como incentivo à expansão da energia solar fotovoltaica. **Revista Saberes da Amazônia**, Porto Velho, v. 5, n. 11, 2020. <https://doi.org/10.31517/rsa.v5i11.5>

SANTOS, A. J. L.; LUCENA, A. F. P. **Potenciais técnico e de mercado de energia solar fotovoltaica de geração distribuída no setor residencial brasileiro**. In: VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 01-05 jun., 2020. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1021/1021>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SAUAIA, R. L. **Energia Solar Fotovoltaica: Panorama, Oportunidades e Desafios**. São Paulo: ABSOLAR, 2018. Disponível em: https://eliseugabriel.com.br/imagens/seminarios/2018/seminario_energia_solar/2018.03.19%20ABSOLAR%20-%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20-%20Dr.%20Rodrigo%20Lopes%20Sauaia%20-%20Final.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

SILVA, B. A. O. Aproveitamento e potencial da energia solar fotovoltaica no nordeste do Brasil. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 5, n. 1, 2023. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/295>. Acesso em: 07 maio. 2023.

SILVA, H. M. F.; ARAÚJO, F. J. C. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>. Acesso em: 15 abr. 2023.

SILVA, M. S. *et al.* Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica. **Revista Mythos**, v. 14, n. 2, p. 51-61, 2021. <https://doi.org/10.36674/mythos.v14i2.467>

SILVA, W. C. **A geração de energia solar como fator de desenvolvimento econômico sustentável: aspectos jurídicos, econômicos e perspectivas para o seu incentivo**. São Paulo: Dialética, 2022.

SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; DIAS, V. B. **Metodologia da pesquisa científica: a construção do conhecimento e do pensamento científico no processo de aprendizagem**. Porto Alegre: Editora Animal, 2013.

SOUZA, T. M.; FERREIRA, M. E. M. Desafios da energia fotovoltaica e ações de sustentabilidade para o programa habitacional "minha casa, minha vida". **Biofix scientific journal**, v. 4, n. 1, p. 64-69, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v4i1.62878>. Acesso em: 10 abr. 2023.

VELOSO, C. K. P. R.; TEIXEIRA, W. C.; SILVA JÚNIOR, D. C. Energia Fotovoltaica: legislação e incentivos pelo mundo e como impactam o Brasil. **Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica**, v. 3, n. 1, 2021. Disponível em: <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/eletrica/article/view/2960/2000>. Acesso em: 10 set. 2023.

WEIRICH, C. S. *et al.* Análise do potencial brasileiro para a geração de eletricidade a partir das fontes de energia solar fotovoltaica e o biogás no contexto da geração distribuída. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e38711831096-e38711831096, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31096>. Acesso em: 10 mar. 2023.



6

ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA): ETAPAS E
PROCEDIMENTOS
WATER TREATMENT PLANTS (WTP): STEPS AND PROCEDURES

Denielson Lima Barbosa

Resumo

O processo de tratamento da água em um ETA envolve várias etapas e procedimentos, cada um dos quais desempenha um papel importante na remoção de impurezas e contaminantes. Diante desse contexto o objetivo geral foi entender as etapas e procedimentos necessários ao tratamento da água disponibilizada para consumo da população, seguidos, de modo geral, nas Estações de Tratamento de Água (ETA). A metodologia utilizada trata-se de uma revisão de literatura, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (Scielo), Google Acadêmico, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental dentre outros, envolvendo a temática discutida. Nos resultados os estudos demonstraram que as ETAs desempenham um papel crítico na garantia da segurança da água potável, reduzindo o risco de transmissão de doenças pela água e melhorando a qualidade de vida da população. Conclui-se que é necessário entender que as estações de tratamento de água são cruciais para garantir que a água tratada atenda aos padrões de qualidade e seja segura para o consumo humano.

Palavras-chave: ETAs, Sistema, Etapas, Procedimentos, Tratamento.

Abstract

The water treatment process in a WTP involves several steps and procedures, each of which plays an important role in removing impurities and contaminants. Given this context, the general objective was to understand the steps and procedures necessary for the treatment of water made available for consumption by the population, generally followed in Water Treatment Stations (ETA). The methodology used is a literature review, using a qualitative and descriptive method. The search was carried out using the following search engines Scientific Electronic Library Online (Scielo), Google Scholar, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental among others, involving the topic discussed. Our study results revealed that ETAs play a critical role in ensuring the safety of drinking water, reducing the risk of waterborne disease transmission and improving the population's quality of life. It is concluded that it is necessary to understand that water treatment plants are crucial to ensure that treated water meets quality standards and is safe for human consumption.

Keywords: Article, Standards, Formatting

1. INTRODUÇÃO

A água é necessária para o desenvolvimento e crescimento econômico, social e político de um país. O sistema de abastecimento público, fornece ao consumidor a água dentro dos padrões estabelecidos e esse tratamento constitui uma das principais etapas do processo que tem como finalidade remover a concentração de contaminantes garantindo a qualidade da água.

A estação de tratamento de água (ETA) é fundamental para a melhoria do saneamento ambiental de um país, quanto maior a cobertura territorial melhor será a qualidade, as condições e a expectativa de vida da população. Esse procedimento de água descreve os processos utilizados para tornar a água mais aceitável para uma utilização final desejada.

Diante desse contexto, justifica-se pela importância crítica do tratamento de água para a saúde e o bem-estar da população. A água potável é essencial para a sobrevivência humana, e garantir que ela esteja livre de contaminação é uma responsabilidade fundamental das autoridades de saúde pública e das estações de tratamento de água.

Nota-se que para enfrentar esses desafios, é crucial que haja um compromisso contínuo com o investimento em infraestrutura de tratamento de água, critérios eficazes, conscientização pública e pesquisa contínua para aprimorar as técnicas de tratamento. Portanto a questão que orienta essa pesquisa é: quais as etapas e procedimentos gerais cogentes ao tratamento da água, para assegurar o seu uso?

No objetivo geral do presente estudo foi entender as etapas e procedimentos necessários ao tratamento da água disponibilizada para consumo da população, seguidos, de modo geral, nas Estações de Tratamento de Água (ETA). Além dos objetivos específicos são evidenciar as etapas e procedimentos adotados, de modo geral, nas ETAs, para obtenção de água própria para o consumo; descrever a efetividade do tratamento da água captada nas fontes primárias, para a população e ambiente, abrangendo a redução de doenças e epidemias e explicar como o uso racional da água potável pode trazer benefícios oriundos de melhorias no sistema de tratamento da água.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (Scielo), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2008 até 2022. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 20 anos, na língua portuguesa.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Características do sistema convencional e tratamento de água

Meneses (2011) argumenta que, para que o homem possa viver em comunidade, é de extrema importância a existência de um conjunto de sistemas de infraestrutura nos centros urbanizados que tenha como objetivo atender às necessidades da população.

Segundo Lucena (2013), a água, sendo um dos recursos mais preciosos do planeta, é essencial para a sobrevivência de todas as formas de vida. A preservação desse recurso é



de extrema importância, uma vez que está se tornando cada vez mais escassa devido ao crescimento da população, à urbanização, à expansão da agricultura e ao aumento da industrialização. Esses fatores estão criando preocupações sobre a disputa por água e levantam a possibilidade de uma crise no abastecimento em escala global.

Segundo Lucena (2013), a água, sendo um dos recursos mais preciosos do planeta, é essencial para a sobrevivência de todas as formas de vida. A preservação desse recurso é de extrema importância, uma vez que está se tornando cada vez mais escassa devido ao crescimento da população, à urbanização, à expansão da agricultura e ao aumento da industrialização. Esses fatores estão criando preocupações sobre a disputa por água e levantam a possibilidade de uma crise no abastecimento em escala global.

Segundo Mendes e Coelho (2008) explicam que um dos maiores intensificadores do problema de qualidade da água é o desenvolvimento econômico, principalmente em países em desenvolvimento onde o crescimento industrial se encontra em andamento, não se leva em consideração os cuidados com o meio ambiente e com a água, onde muitas vezes acontece o lançamento de efluentes industriais e resíduos diretamente nos corpos d'água sem nenhum tratamento. transformar em citação indireta

Conforme Mendes e Coelho (2008), o desenvolvimento econômico, especialmente em países em desenvolvimento onde o crescimento industrial está em curso, é um dos principais fatores que agravam a questão da qualidade da água. Muitas vezes, nesses contextos, não se prioriza a preocupação com o meio ambiente e com a água, resultando frequentemente no descarte de efluentes industriais e resíduos diretamente nos corpos d'água, sem a devida realização de tratamento adequado.

Souza (2014) explica que a utilização da água para o consumo humano, torna-se evidente a necessidade incontestável de considerar a qualidade desse recurso. Isso ocorre devido às restrições contínuas impostas ao seu uso, em virtude dos danos causados nos rios que abastecem áreas urbanas, resultantes de ações humanas e naturais.

De acordo com Bongiovani (2010), a preocupação com a preservação da água é uma constante em todos os âmbitos científicos e governamentais. Além de seu valor econômico, a água desempenha papéis cruciais na agricultura, indústria e pecuária, sendo universalmente reconhecida como uma fonte vital de abastecimento para o consumo humano. Portanto, a implementação de um tratamento adequado é uma necessidade inquestionável.

De acordo com Azevedo Netto et al. (2008), o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) compreende um conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços específicos com o propósito de fornecer água potável para uma comunidade, atendendo às necessidades de consumo doméstico, serviços públicos, uso industrial e outras atividades externas para a melhoria do bem-estar da população.

Conforme a definição da Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 o sistema de abastecimento de água compreende uma instalação que engloba uma série de elementos, incluindo obras civis, materiais e equipamentos, desde a área de captação até as ligações prediais. Seu objetivo é a produção e a distribuição coletiva de água potável por meio de uma rede de distribuição (BRASIL, 2013).

De acordo com Oliveira (2014), a oferta de água para consumo humano está inserida em um conjunto de ações de saneamento, sendo uma responsabilidade compartilhada entre o município, os responsáveis pelo serviço e os governos estaduais e federais. Nesse sentido, a promoção do abastecimento de água requer a necessidade de potabilização da água natural.

Com base nas diretrizes do Ministério da Saúde previstas na Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004), o processo de tratamento de água envolve uma adaptação dos critérios de potabilidade na água bruta, bem como a implementação de outras providências aplicáveis. Segundo Botero (2009), o tratamento da água, com foco na remoção de partículas coloidais suspensas, tem o propósito de eliminar microrganismos e outras substâncias que podem ser prejudiciais à saúde humana.

Conforme explicação de Achon (2008), o processo de tratamento de água envolve diversas etapas, que incluem a utilização de produtos químicos, a gestão da operação, a minimização das perdas de água, o consumo de energia e a geração de resíduos.

Heller e Pádua (2010) explicam que o tratamento convencional da água compreende uma série de operações essenciais, que englobam o peneiramento, a oxidação, a coagulação, a floculação, a decantação, a flotação, a filtração e a estabilização química. Essas operações desempenham um papel fundamental no processo de purificação da água.

Tsutiya (2008) explica que, as nascentes subterrâneas desempenham um papel crucial como pré-filtro, muitas vezes chamado de “peneira”, para a coleta de água proveniente do aquífero. Em fontes rasas, eles são usados para reter partículas grossas que geralmente estão localizadas na área de captação e podem estar presentes na própria ETA.

Guizani et al., (2018), cita o propósito da oxidação e aeração no tratamento de água é promover a oxidação de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes, tornando-as mais propensas à remoção nas etapas subsequentes do processo.

Heller e Pádua (2010) explicam que no processo de floculação, a água é agitada a uma velocidade reduzida para permitir o contato entre as impurezas e o coagulante, resultando no aumento do tamanho dessas partículas. Durante a decantação, as impurezas tendem a se depositar no fundo do tanque, em contraste com o processo de flotação, onde as bolhas são usadas para levar as impurezas à superfície do tanque.

Heller e Pádua (2010) dizem que a filtragem de partículas é uma técnica que remove material particulado que passa pela água através de um leito, geralmente composto por areia e/ou antracito. Por outro lado, a filtração por membrana tem a capacidade de remover materiais orgânicos e inorgânicos, incluindo materiais dissolvidos, utilizando aberturas de tamanho inferior a 1 µm. Essas etapas desempenham papéis diferentes no tratamento de água.

Com base nas diretrizes condicionais pelas regras da norma de aplicabilidade (BRASIL, 2017), é fundamental a utilização de padrões microbiológicos para monitorar a qualidade da água específica ao consumo humano. Esses padrões estipulam que a água não deve conter bactérias indicadores de contaminação fecal, sendo a bactéria *Escherichia coli* frequentemente empregada para avaliar a eficácia do sistema de distribuição. Para garantir a qualidade, a água passa por um processo de infecção com o objetivo de inativar microrganismos patogênicos

Heller e Pádua (2010) citam que quando há a necessidade de reduzir a dureza da água, um método viável é o tratamento de amaciamento, que também tem a capacidade de remover algumas substâncias inorgânicas. A fluoreação, por sua vez, tem como objetivo combater a barreira de bactérias, enquanto a estabilização química visa minimizar os efeitos da corrosão ou descamação, alcançando essa regulação na composição da água. Essas estratégias desempenham papéis específicos no tratamento de água, de acordo com os objetivos desejados.

De acordo com Di Bernardo (2009), a filtração é um método de tratamento que envolve a passagem da água por um meio filtrante, responsável por remover partículas suspen-

sas, partículas coloidais e micro-organismos da água. A eficácia desse processo depende das características do meio filtrante, das propriedades da suspensão e das propriedades hidráulicas envolvidas.

De acordo com a Di Bernardo (2009), a filtração é um método de tratamento que envolve a passagem da água por um meio filtrante, responsável por remover partículas suspensas, partículas coloidais e micro-organismos da água. A eficácia desse processo depende das características do meio filtrante, das propriedades da suspensão e das propriedades hidráulicas envolvidas.

2.2 Tratamento de água para abastecimento público

Libâneo (2010), diz que a caracterização de uma água envolve a avaliação de diversos parâmetros que representam suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros desempenham o papel de indicadores da qualidade da água e podem ser considerados impurezas quando seus valores excedem os limites estabelecidos para um uso específico.

Sperling (2005) explica que a coloração da água resulta da presença de sólidos distribuídos, que podem ter origem tanto natural quanto antropogênica. A origem natural ocorre devido à destruição de matéria orgânica, principalmente vegetal, e à presença de ferro e manganês. Essa coloração natural não representa riscos à saúde humana.

Braga (2014) cita que a turbidez da água se refere ao grau de interferência na passagem da luz através dela, conferindo-lhe uma aparência turva. Os sólidos em suspensão são os principais responsáveis pela turbidez na água e podem ter origem tanto natural, como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos, tanto antropogênicos, provenientes de despejos domésticos e industriais

De acordo com Libâneo (2010), a determinação da concentração de sólidos não é comumente realizada nas estações de tratamento de água devido à morosidade das análises, aos equipamentos utilizados e à menor precisão para concentrações pequenas. Em vez disso, essas análises costumam ser excedentes pelas avaliações de cor verdadeira, cor aparente e turbidez.

Viana (2003), aponta a temperatura da água e dos fluidos em geral é um indicador da energia cinética associada ao movimento aleatório das moléculas e reflete as especificidades de transferência de calor para a massa líquida. Variações na temperatura da água natural são principalmente influenciadas pela insolação, ou que estão diretamente relacionadas ao clima e à latitude geográfica.

Von Sperling (2005), cita ainda o Potencial Hidrogeniônico (pH) é um indicador que representa a concentração de íons de hidrogênio em uma solução, o que por sua vez indica se a água está ácida, neutra ou alcalina. A escala total de pH varia de 0 a 14. Os constituintes que afetam o pH da água podem ser de origem natural, resultantes da dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese.

Libâneo (2010) diz ainda que a condutividade elétrica da água está relacionada à sua capacidade de condução de corrente elétrica, que por sua vez depende da presença de substância dissolvida que se dissocia em íons cátions e ânions na solução. Quando a água apresenta uma condutividade elétrica elevada, isso indica a presença predominante de compostos inorgânicos dissolvidos.

Pádua e Ferreira (2006) afirmam que as bactérias heterotróficas também podem in-

fluenciar as características da água, principalmente em sistemas de captação de água. É importante ressaltar que as bactérias patogênicas essenciais que podem estar presentes no abastecimento de água incluem *Campylobacter jejuni*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae* e *Yersinia*. Essas informações são relevantes para a avaliação da qualidade da água em relação à presença de microrganismos nocivos à saúde humana.

Libânio (2010) explica que os vírus são microrganismos patogênicos, sendo que alguns deles crescem no intestino dos animais e são denominados de entéricos. No entanto, não é viável utilizar os microrganismos indicadores da qualidade da água, uma vez que a quantidade de vírus na água é muito pequena para ser bloqueada com facilidade. Em sistemas de distribuição de água, os vírus mais comuns incluem *Adenovírus*, *Enterovírus*, *Hepatite A*, *Norwalk*, *Reovírus*, *Coxsackie* e *Rotavírus*.

Heller et al., (2010), citam que a *Giardia* e *Cryptosporidium* são os dois principais protozoários que atuam como vetores de doenças transmitidas pela água. Eles se encontram na forma de cistos e oocistos e são notáveis por sua resistência à infecção. Além disso, esses patógenos podem sobreviver em ambientes aquáticos mesmo em condições de água limpa, especialmente quando o cloro é utilizado como agente desinfetante.

Bernardo e Paz (2010), dizem que o crescimento das algas e cianobactérias na primavera pode criar desafios no processo de tratamento da água. Esse aumento da biomassa pode levar a problemas como a diminuição da sedimentação dos flocos, o que resulta em uma maior carga de partículas transportadas para o filtro. Isso, por sua vez, pode reduzir a eficiência da filtração e diminuir o teor de cloro disponível na água, aumentando a demanda de cloro.

Com base na definição do Regulamento do Ministério da Saúde nº 2914, o tratamento de água tem como objetivo adaptar a água bruta às especificações com o mínimo de custos, instalações e procedimentos. A escolha da tecnologia mais adequada deve ser baseada em várias considerações, incluindo a composição da água bruta, os custos envolvidos, a operação e manutenção dos equipamentos, a eficiência operacional, a localização geográfica da instalação e as necessidades da população atendida (BRASIL, 2011).

A tecnologia de tratamento de água conhecida como “ciclo completo” é mencionada em sua pesquisa, de acordo com Braga (2014). Embora não tenha fornecido detalhes específicos sobre o ciclo completo de tratamento de água, essa tecnologia geralmente implica um processo de tratamento de água que inclui uma série de etapas para remover impurezas e contaminantes da água bruta, garantindo uma produção de água potável segura.

Libânio (2010), cita que o tratamento de água é composto por cinco fases fundamentais, que incluem: solidificação, inserção, decantação, absorção por gota rápida e regulação final. Esses métodos de abordagem são escolhidos com base em medidas usadas no tratamento convencional de água, e cada uma dessas fases desempenha um papel importante no processo de tratamento, garantindo que a água atenda aos padrões de qualidade estabelecidos para o consumo humano.

Conforme Vianna (2003), o procedimento de coagulação no tratamento de água envolve a destruição da firmeza das partículas coloidais e das partículas em suspensão, através de reações químicas e físicas. Inicialmente, o coagulante reage com a água, produz uma substância hidrolisada que carrega uma carga positiva ou que precipita com os metais presentes no coagulante.

Com base na Norma Brasileira nº 12216/2010 o objetivo da mistura rápida no tratamento de água é proporcionar uma interação na água, o que ajuda a dispersar o coagulante e a promover a interação entre o coagulante e as partículas coloidais presentes na água. Essa

etapa de mistura é dimensionada de forma para garantir que o gradiente de mistura seja realizado no tempo adequado, e esse tempo ideal de mistura deve ser determinado por meio de ensaios de laboratório (ABNT, 2010).

A floculação é a etapa subsequente à coagulação no processo de tratamento de água, conforme descrito por Bernardo e Paz (2010). Durante a floculação, partículas coloidais que foram tornadas instáveis pela coagulação se unem para formar flocos maiores. Esses flocos resultantes podem ser removidos mais facilmente nas etapas subsequentes ao tratamento, como a decantação ou a flotação. Para que a floculação seja eficaz, é necessário criar condições que permitam que as partículas colidam umas com as outras

2.3 Alternativas para o uso racional da água no sistema de abastecimento público

Conforme enfatizado pela Agência Nacional de Águas (2005), o monitoramento da qualidade da água desempenha um papel fundamental na gestão dos recursos hídricos, uma vez que fornece informações e dados que refletem o uso e a ocupação das bacias hidrográficas. Essa atividade de monitoramento deve abranger análises tanto qualitativas quanto quantitativas, com o objetivo de identificar quaisquer alterações nas características da água que estão sendo comprovadas

De acordo com Hespanhol e Gonçalves (2004), a conservação de água engloba um conjunto de práticas e iniciativas técnicas e tecnológicas que têm como objetivo principal a redução do uso da água. Essas práticas atuam tanto na gestão da demanda quanto na oferta de água, visando a utilização racional e sustentável desse recurso.

Viggiano (2005), cita que a simples redução do consumo de água potável não é suficiente; é necessário adotar uma abordagem abrangente na gestão dos recursos hídricos. Isso envolve não apenas a redução do consumo, mas também a proteção e o reaproveitamento de recursos hídricos, a utilização de água da chuva e a reutilização de águas residuais. Essas definições e práticas são reconhecidas e utilizadas em nível global há bastante tempo, conforme indicado pela CETESB (2012). Essas estratégias visam garantir uma gestão mais sustentável e eficiente da água, considerando a crescente demanda e a importância desse recurso.

Conforme previsto na NBR 15.527/2007 o sistema de coleta de água da chuva é definido como um conjunto que não segue os padrões convencionais de coleta e processamento de água. Esse sistema envolve a captura da água da chuva e, em alguns casos, um processamento simples, especialmente quando a água precisa ser armazenada. Essa abordagem é uma escolha de tecnologia que visa fornecer água de alta qualidade para usos não potáveis de maneira simples e econômica (ABNT, 2007).

Viggiano (2005), diz que a implantação de um sistema de reaproveitamento de água é uma solução eficaz para reduzir custos e promover a racionalização dos recursos hídricos. Esse sistema tem a capacidade de captar e drenar água de diversas fontes, como minas, lençóis freáticos e poços artesianos. Além disso, ele se destaca por apresentar uma excelente relação entre custos e benefícios.

Anecchini (2005), afirma que o uso da água da chuva como uma fonte alternativa de água potável é uma solução relativamente simples e de baixo custo em comparação com outros sistemas. No entanto, mesmo para usos não potáveis, a utilização da água da chuva requer considerações fundamentais, como a qualidade da água, a recolha adequada, o armazenamento adequado e a disponibilidade de qualidade da água em cada região

Conforme definido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012), o reuso de água refere-se ao processo de transformação de águas residuais em água que podem ser reutilizadas para diversos fins. Esses usos podem abranger atividades como supervisão de jardins e campos agrícolas, bem como o reabastecimento de corpos d'água superficiais e aquíferos densos.

Viggiano (2005), cita a prática de descartar esgoto diretamente em corpos d'água é uma solução frequentemente implementada pelas comunidades para encerrar o tratamento de efluentes. No entanto, o tratamento de esgoto para possibilitar o seu reuso se torna uma atividade essencial no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos. Essa abordagem é interessante, uma vez que pode substituir o uso de água não potável em atividades como indiretas e industriais, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos e a promoção da sustentabilidade ambiental.

Nogas (2012), afirma que as águas negras, ou seja, as águas residuais provenientes de atividades domésticas e sanitárias, podem ser reutilizadas para diversos fins, tais como a lavagem de ruas e carros, sistemas de combate a incêndio, descarga sanitária, privacidade de jardins e refrigeração de sistemas de ar condicionado. No entanto, é importante ressaltar que a reutilização das águas negras costuma ser um método mais custoso em comparação com alternativas mais simples e econômicas, como a reutilização das águas pluviais

De acordo com Azevedo Neto (2008), as águas cinzas, que são provenientes de fontes como chuveiros, lavagem de banheiro e máquinas de lavagem de roupas, são chamadas de "águas cinzas" devido à presença de níveis elevados de produtos tensoativos suspensos. Além disso, essas águas podem conter compostos químicos provenientes de produtos para cabelo, bem como microrganismos que podem ser prejudiciais à saúde.

Conforme Gonçalves (2006), a conservação de água é um conceito que envolve o controle da demanda por água, juntamente com o aumento da oferta, por meio da utilização de fontes alternativas de água, como o aproveitamento da água da chuva e a reutilização de cinzas águas tratadas

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) em 2005, a reutilização a nível doméstico refere-se ao aproveitamento de águas residuais provenientes das atividades cotidianas nas residências, como banhos, higiene pessoal, lavagem de roupas, para serem posteriormente utilizados em fins como descargas sanitárias, supervisão de jardins, limpeza de pisos e veículos, bem como outras atividades menos nobres

Conforme Gonçalves (2006), o saneamento ecológico, também conhecido como ECO-SAN, é um sistema alternativo e sustentável no qual ocorre a separação das águas residuais e a associação de tratamentos individuais, considerando os efluentes como recursos a serem aproveitados.

Paulo (2007), cita que embora o objetivo principal do ECOSAN seja encontrar soluções para a utilização da urina e das excreções, a reutilização de águas cinzas para o seu transporte pode ser uma alternativa vantajosa, especialmente em áreas onde a população não possui recursos financeiros para pagar pela água ou onde não há disponibilidade de água encanada.

Philippi et al. (2007), afirmam a gestão descentralizada do saneamento refere-se à coleta, tratamento e provisão final ou reuso de esgotos em locais específicos, como residências, condomínios, bairros, comunidades isoladas, indústrias ou instituições, em contraste com os sistemas de saneamento centralizados. Essa abordagem apresenta várias vantagens, incluindo a redução do transporte de esgoto, o que pode eliminar a necessidade de elevatórias e reservatórios; a criação de oportunidades significativas para a reutilização

local de efluentes e recarga de aquíferos; a minimização de problemas em todo

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estações de tratamento de água (ETAs) desempenham um papel fundamental na produção de água potável segura para o consumo humano. Após discutir as etapas e procedimentos comuns em uma ETA, as considerações importantes puderam ressaltar os seguintes pontos.

Observou-se nos estudos do primeiro objetivo as estações de tratamento de água desempenham um papel vital na produção de água potável segura para a sociedade. Nesta seção destacou a complexidade e a importância desse processo, bem como a necessidade contínua de inovação, orientação e conscientização para garantir o acesso a água de alta qualidade no presente e no futuro.

No segundo objetivo ressaltou-se da importância do tratamento de água para abastecimento público que é um processo essencial para garantir que a água que chega às casas das pessoas seja segura para consumo e atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pelas autoridades sanitárias. A qualidade da água bruta pode variar significativamente dependendo da fonte e das condições ambientais.

No terceiro capítulo desta pesquisa destaca que o uso racional da água no sistema de abastecimento público é uma necessidade urgente, dada a crescente demanda e a pressão sobre os recursos hídricos. A implementação de práticas sustentáveis e a conscientização da sociedade são passos cruciais para enfrentar esses desafios e garantir uma segurança suficiente e sustentável de água potável.

Dessa forma, entende-se que é necessário entender que as estações de tratamento de água são cruciais para garantir que a água tratada atenda aos padrões de qualidade e seja segura para o consumo humano. O monitoramento, manutenção, treinamento, aprimoramento contínuo e sustentabilidade são aspectos essenciais para o funcionamento eficaz das ETAs e para a preservação dos recursos hídricos.

Referências

- ACHON, João Bosco de. **Saneamento básico**: sistema de abastecimento de água. Goiás: Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Católica de Goiás, 2008. 94 f.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Boletim Água 2005**. 2005.
- ANNECCHINI, D. C. Avaliação de desempenho de uma unidade de decantação convencional: levantamento dos parâmetros hidráulicos e sua influência na qualidade da água decantada. **AIDIS**, v.1, p. 1-8, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12.216**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: 2002
- AZEVEDO NETTO et al. **Hidráulica aplicada a sistemas urbanos**: sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgoto sanitário e sistemas de água pluvial. In: Manual de hidráulica. 8. ed. São Paulo: Blucher, 2008. cap. 18, p. 465-562
- BERNARDO, J.C.; PAZ, R.J. **Economia dos Recursos Hídricos**. 1ª. ed. Salvador: Edufba, 2010.
- BONGIOVANI, M. C.; os benefícios da utilização de coagulantes naturais para obtenção de água potável. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.32, n. 2, p. 167-170, 2010.
- BOTERO, W. G. **Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola**. Quim. Nova, Vol. 32, No. 8, 2018-2022, 2009.

- BRASIL. Constituição. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico**. Brasília, 2017.
- BRASIL. Portaria no 2.914, de 15 de dezembro de 2011. **Ministério da Saúde**. Disponível em: Acesso em: 01/03/2023.
- BRASIL. **Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011. Disponível em: <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf>. Acesso em: 1
- BRAGA, B.; Sistemas de suporte à decisão em recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recurso Hídricos – RBRH**. São Paulo- SP, p.73-95. 2014
- CETESB. **Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos. Manual P4**. 261. São Paulo: Companhia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 2012
- DI BERNARDO, L. **Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento**. 1ª ed. Rio de Janeiro. Edição: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. 2009.
- GONÇALVES, O. M. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais**. São Paulo. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. (DTA – Documento Técnico de Apoio no FI). 2006.
- GUINZANI, Gabriela Vieira; SAMPAIO, Larissa Amorim Rabello; SÁ, Luiza Silveira de. **Estação de tratamento de água subterrânea para abastecimento do condomínio solar de Maricá I e proposta para utilização de águas cinzas**. 99 f. 2018. Projeto Final (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 2018.
- GUSMÃO, P. T. R. **Utilização de filtração direta ascendente como pré-tratamento à filtração rápida descendente para tratamento de água para abastecimento**. 2001. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- HELLER, Léo. HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. Abastecimento de água para consumo humano. **Belo Horizonte: UFMG**. v.1, cap. 1, p. 29-61.2010
- HESPANHOL, I.; GONÇALVES, O. M. (Coordenadores). **Conservação e Reuso de Água** – Manual de Orientações para o Setor Industrial, vol. 1, 2004.
- LIBÂNIO, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2010. 200 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade São Paulo. São Paulo. 2010.
- LUCENA, R.P. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. Ed. ABES, Rio de Janeiro, 285 p., 2013.
- MENDES, C. A.; COELHO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. 1ª ed. São Paulo. Editora: Edgard Blucher Ltda, 2008.
- MENESES, Ronaldo Amâncio. **Diagnóstico operacional de um sistema de abastecimento de água: o caso de Campina Grande**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.2011
- NOGAS, José Carlos. A água e a vida. Tempo Social; **Rev. Sociol. USP**, S. Paulo, 5(1-2): 53-65, 2012
- OLIVEIRA, Misael Dieimes. **Desenvolvimento, aplicação e avaliação de sistema de indicadores de desempenho de estações de tratamento de água**. 2014. 136 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2014
- PAUDA, C. A.; FERREIRA, J.M. **Tratamento de Água: tecnologia atualizada**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, Ltda, 2006.
- HELLER, P.L.; BRAGA, A.F.M.; MAXIMOVITCH, A.C.; BONCZ, M.A. **Tratamento de águas cinzas em uma unidade residencial de banhadors construídos**. In: 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte. Minas Gerais: ABES, 2010.
- PHILIPPI, L. S.; OLIJNYK, D. P.; MAGRI, M. E., **Arranjos Tecnológicos para tratamento descentralizado de esgotos sanitários**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL EM SANEAMENTO SUSTENTÁVEL: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina. ECOSAN, Fortaleza, 2007
- TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Concepção de sistemas de abastecimento de água**. In: _____. Abastecimento de água. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009, cap. 2, p. 9-34.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Desa. 452p.

VIANA, Marcos Rocha. **Hidráulica aplicada as estações de tratamento de água**. Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 2003.

VIGGIANO, A. C. DA S. Qualidade da água para consumo humano. In: **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. p. 153-221.



7

EDUCAÇÃO AMBIENTAL DISCUTIDA NAS ESCOLAS PÚBLICAS
ENVIRONMENTAL EDUCATION DISCUSSED IN PUBLIC
SCHOOLS

Silmara Barbosa Couto

Resumo

A interação entre o homem e o ambiente ultrapassou a questão da simples sobrevivência. No decorrer deste século, para se atender as necessidades humanas foi-se desenhando uma equação desbalanceada: retirar, consumir e descartar. Ao contrário de outros seres vivos que, para sobreviverem, estabelecem naturalmente o limite de seu crescimento e conseqüentemente o equilíbrio com outros seres e o ecossistema onde vivem. A espécie humana tem dificuldade em estabelecer o seu limite de crescimento, assim como para relacionar-se com outras espécies e com o planeta. Portanto, a educação ambiental é um processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. Diante desse contexto o objetivo geral do presente estudo foi apresentar a importância da educação ambiental como ferramenta para conscientização ambiental e mitigação de danos causados pelo homem no âmbito das escolas públicas. O método utilizado foi o de revisão de literatura, acrescido de um estudo qualitativo a busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores (SciELO) Google Acadêmico, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental. Conclui-se que a educação ambiental nas escolas ajuda os alunos a compreenderem a importância do meio ambiente e os desafios ambientais que enfrentam. Ela sensibiliza os estudantes para os problemas ecológicos locais e globais, incentivando a empatia e a preocupação com o planeta.

Palavras-chave: Educação Ambiental, Escolas, Conscientização, Importância, Sustentabilidade.

Abstract

The interaction between man and the environment has gone beyond the question of simple survival. Over the course of this century, an unbalanced equation was created to meet human needs: remove, consume and discard. Unlike other living beings that, in order to survive, naturally establish the limit of their growth and consequently the balance with other beings and the ecosystem where they live. The human species has difficulty establishing its growth limit, as well as relating to other species and the planet. Therefore, environmental education is a process through which the individual and the community build social values, knowledge, skills, attitudes and competencies aimed at conserving the environment, an asset for the common use of the people, essential to a healthy quality of life and its sustainability. Given this context, the general objective of this study was to present the importance of environmental education as a tool for environmental awareness and mitigation of damage caused by man within public schools. The method used was literature review, plus a qualitative study. The search was carried out using the following search engines (SciELO) Google Scholar, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental. It is concluded that environmental education in schools helps students understand the importance of the environment and the environmental challenges they face. It sensitizes students to local and global ecological problems, encouraging empathy and concern for the planet.

Keywords: Environmental Education, Schools, Awareness, Importance, Sustainability

1. INTRODUÇÃO

A educação ambiental, como método educativo, incorpora o conhecimento ambiental em valores éticos e normas políticas de convivência da sociedade e do mercado, e envolve a distribuição dos ganhos e perdas decorrentes da posse e uso da natureza. Para tanto, deve estar voltada para cidadãos ativos, levar em consideração seu senso de pertencimento e responsabilidade compartilhada, e buscar compreender e superar as causas estruturais e conjuntas dos problemas ambientais por meio de ações coletivas e organizadas.

No contexto da evidente degradação do meio ambiente e de seus ecossistemas, a reflexão sobre as práticas sociais, em um contexto marcado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, cria uma articulação na produção de sentidos sobre a educação ambiental. A dimensão ambiental configura-se crescentemente como uma questão que diz respeito a um conjunto de atores do universo educativo, potencializando o envolvimento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa perspectiva interdisciplinar.

A reflexão sobre as práticas sociais em um contexto de manipulação do meio ambiente e seus ecossistemas é de extrema importância. A gestão ambiental é uma realidade preocupante que afeta não apenas o ambiente natural, mas também a sociedade e suas interações.

Este trabalho justifica-se em entender que escola desempenha um papel crucial na conscientização das gerações mais jovens sobre a importância da preservação do meio ambiente. A educação ambiental nas escolas permite que as crianças e os jovens compreendam os problemas ambientais e desenvolvam atitudes e comportamentos mais responsáveis em relação à natureza.

Nota-se que a educação ambiental é um componente fundamental para a formação de cidadãos conscientes e pela transformação social através do ensino e da aprendizagem, que visam desenvolver e potencializar a capacidade intelectual de cada indivíduo acerca dos problemas ambientais existentes. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: qual a importância da educação ambiental discutida nas escolas públicas?

O objetivo geral do presente estudo foi apresentar a importância da educação ambiental como ferramenta para conscientização ambiental e mitigação de danos causados pelo homem no âmbito das escolas públicas. Além dos objetivos específicos que foram apresentar uma abordagem histórica sobre as legislações vigentes a respeito da educação ambiental, conceituar educação ambiental. E por fim, descrever a importância e o papel da escola na educação ambiental.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2013 até 2022. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa.



2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Educação ambiental: aspectos históricos

Talamoni *et al.* (2018, p.58) afirmam que no período do século XX inicia e intensifica-se o reconhecimento internacional da Educação Ambiental para a efetivação do direito ambiental da presente e futuras gerações à vida digna em um meio ambiente sadio. Os autores citam ainda que o Brasil ia na contramão do pensamento conservacionista mundial, embora, por pressão internacional, acabasse obrigado a seguir algumas exigências, visando manter os investimentos internacionais no país. Também destaca a importância do retorno de exilados políticos no final da década de 1970, colaborando, sobremaneira, ao movimento ecológico brasileiro.

O processo de institucionalização da Educação Ambiental no governo federal brasileiro teve início em 1973 com a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), vinculada à Presidência da República. No Brasil, a EA aparece na legislação em 1973 enquanto atribuição da primeira Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) ligada à Presidência da República. Esta secretaria foi criada em atendimento às recomendações da Conferência de Estocolmo, um dos marcos iniciais do debate ambiental em nível internacional (BRASIL, 2013).

Segundo Colombo (2018) a Educação Ambiental foi objeto de abordagem em diversos eventos técnicos e políticos ao longo do século XX. A Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em 1972, teve grande relevância para o desenvolvimento e aperfeiçoamento desse campo do conhecimento. Ela foi a primeira da história a reunir 113 Estados, 250 organizações não governamentais e diversas unidades ou agências especializadas da própria Organização das Nações Unidas (ONU) para debater questões relacionadas ao meio ambiente.

A Recomendação n.º 96 trata expressamente desse campo do conhecimento ao propor à Organização das Nações Unidas (ONU) o estabelecimento de um programa internacional de Educação Ambiental, interdisciplinar, formal e não-formal, em todos os níveis de ensino direcionado para os cidadãos comuns, jovens e adultos, das zonas rurais e urbanas, objetivando educá-los sobre medidas simples que podem tomar para gerenciar e controlar o meio ambiente (ONU, 2016).

Atendendo a Recomendação n.º 96, a ONU, em 1975, inicia a estruturação do Programa Internacional de Educação Ambiental – PIEA. No âmbito do PIEA, a UNESCO e o PNUMA promoveram juntos dois importantes eventos que se tornaram os grandes marcos da Educação Ambiental: o Seminário Internacional de Educação Ambiental, realizado em Belgrado, em outubro de 1975; e a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, realizada em Tbilisi, em outubro de 1977 (BRASIL, 2015, p.89).

No ano de 1975, a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) promove o encontro de Belgrado, na Iugoslávia, que gera a Carta de Belgrado, que apresenta diretrizes de que a EA deve ser contínua e multidisciplinar. Mas, 1977 foi o ponto culminante do Programa Internacional de Educação Ambiental, em Tbilisi, na antiga União das Repúblicas Socialistas Soviética, onde se estabeleceu o quanto a EA é essencial para a educação global. Já em 1992 (Rio-92) houve a “1ª Jornada Internacional de Educação Ambiental”, com debates oficiais que resultaram em três documentos para se trabalhar Educação Ambiental (UNESCO, 2017).

No mesmo ano, também foi formulada a “Agenda 21”, cabendo à UNESCO e ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) cumprir seus compromissos e implementar o Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA). Cinco anos depois, o Ministério da Educação

lançou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), propondo o tratamento ambiental como tema horizontal e incorporando-o ao currículo educacional (BRASIL, 2015).

Em 1998, com a implantação da Rede Paulista de Educação Ambiental (REPEA) e da Rede Capixaba de Educação Ambiental (RECEA), iniciou-se o processo de participação social na comunicação e organização das redes sociais, quatro anos depois, a Rede Brasileira de Educação Ambiental (REBEA) foi estabelecido, e o “Tratado sobre Sociedade Sustentável e Educação Ambiental Globalmente Responsável como uma carta abre as portas para a criação de múltiplas redes de educação ambiental em nível regional (BRASIL, 2015, p. 99).

Em 1999, o Presidente Fernando Henrique Cardoso aprovou a Lei nº 9.795 / 2014 no Brasil, editando a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), que enfatizava a seguinte citação: a educação ambiental é entendida como o estabelecimento de indivíduos e comunidades valores sociais, conhecimentos, as competências, atitudes e habilidades visam proteger o meio ambiente. Este é o interesse comum das pessoas e é essencial para uma qualidade de vida saudável e sua sustentabilidade (BRASIL, 2014).

Talamoni *et al.* (2018, p.71) mencionaram que a instituição dessa modalidade educacional é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal ou não, sendo que todos têm direito a ela. Três anos após, em 2002, durante a II Cúpula da Terra, realizada pela ONU em Johannesburgo, na África do Sul, foram discutidos os avanços obtidos após a ECO-92, bem como debatidas outras questões não previstas durante essa primeira conferência, no Rio de Janeiro. Nesse encaminhamento, ainda merece destaque algumas iniciativas ocorridas no âmbito nacional.

Segundo a Confederação das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (2011) aconteceu no Rio de Janeiro (Brasil), a Rio+20 (de 20 a 22 de junho de 2012), cujos objetivos visavam: 1 - assegurar um comprometimento político renovado com o desenvolvimento sustentável; 2 - avaliar o progresso já efetuado e as lacunas ainda existentes para a implementação dos principais resultados decorrentes de encontros sobre desenvolvimento sustentável; e 3 - abordar novos desafios emergentes (RIO, 2016, p.13).

O documento final da conferência, denominado de “O futuro que nós queremos”, foi muito criticado por ONGs e pela comunidade científica, que redigiram uma carta de repúdio na qual ficavam explícitas as urgências com relação ao tema e o necessário comprometimento com ações em detrimento de promessas políticas (TALAMONI *et al.*, 2018, p.60). Entretanto, as promessas registradas no documento não foram cumpridas pelos países desde a ECO-92.

No Brasil, a UNESCO tem seguido essa recomendação por acordo de cooperação firmado entre essa instituição e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), conferindo sucesso ao Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA). Sua meta principal é assegurar, no âmbito educativo, a integração equilibrada das múltiplas dimensões da sustentabilidade - ambiental, social, ética, cultural, econômica, espacial e política - ao desenvolvimento do país, resultando em melhor qualidade de vida para toda a população brasileira. Segundo Talamoni *et al.* (2018, p.58):

Entre 2001 e 2004, os projetos para inserção da EA foram os que apresentaram maior aumento, chegando a quase 90% (33,6 mil escolas, em 2001, para 64,3 mil escolas, em 2004). No caso de disciplinas específicas, para trabalho com EA, houve aumento de aproximadamente 17% (2,9 mil escolas, em 2001, para 5,5 mil escolas, em 2004).



Quanto à terceira forma de trabalho com EA nas escolas, a inclusão das disciplinas no currículo ainda é mais frequente, passando de 94 mil escolas, em 2001, para 110 mil escolas, em 2004 (VEIGA *et al.*, 2015, p, 25).

A ONU – Organização das Nações Unidas realizou em 1972, em Estocolmo, na Suécia, o que viria ser o primeiro grande evento sobre Meio Ambiente Humano, a “Conferência de Estocolmo”, e que teve a participação de 113 países. “O grande tema foi o de se estabelecer uma visão holística da realidade e princípios comuns que servissem como orientação para a conservação da humanidade” (DIAS, 2014, p.23). Nesta conferência aconteceu um grande evento sobre o meio ambiente humano com o intuito de estabelecer uma visão holística da realidade e princípios comum como um guia para proteger a humanidade.

De 3 a 14 de junho de 1992, realizou-se na cidade do Rio de Janeiro a Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, mais conhecida como Rio-92, e teve como um dos grandes objetivos a verificação dos modelos de desenvolvimento e a sua ineficiência, sugerindo a mudança para um desenvolvimento “sustentável” (DIAS, 2014, p. 23.).

Visto que a finalidade dessa conferência foi analisar o modelo padrão de crescimento e sua eficácia do processo contínuo e que agrega valores sociais, e que deve estar presente em todos os níveis de ensino e em várias modalidades.

Segundo Dias (2014, p.56), a EA deve construir um processo contínuo e permanente, podendo começar a partir do pré-escolar, e continuar através de todo o ensino regular, ter uma abordagem interdisciplinar e deve aproveitar o conteúdo específico de cada disciplina.

2.2 Educação ambiental

O conceito de educação ambiental surge, em meados dos anos sessenta, em meio à crescente capacidade de exploração dos recursos naturais, ao avanço do conhecimento científico e à ampliação do movimento ambientalista, “como resultado de uma onda universal de preocupação em preservar e restaurar o meio violentamente agredido” (RUFFINO, 2013, p.5).

Ao definir a educação ambiental, depara-se com definições diversas, que se analisadas no seu axioma tem a pretensão de chegar ao mesmo objetivo o qual seja definir a relação homem natureza de modo a contemplar todos os caminhos que conduzam a uma conscientização do homem da necessidade de autopreservação. Tomando como ponto de discussão algumas delas como a que se encontra no artigo da Lei 9.795/99 denominada lei do meio ambiente que assim a define:

Art. 1º Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 2014, p.56).

A EA é entendida como uma educação em valores, modificando hábitos que estão relacionados com o nosso meio ambiente. Está também relacionada com as práticas que são aplicadas para se conduzir a melhoria da qualidade de ambiental promovendo, o desenvolvimento de conhecimento, atitudes e habilidades. Reigota (1998) ao discorrer sobre os desafios da educação ambiental escolar assinala que:

A educação ambiental na escola ou fora dela continuará a ser uma concepção radical

de educação, não porque prefere ser a tendência rebelde do pensamento educacional contemporâneo, mas sim porque nossa época e nossa herança histórica e ecológica exigem alternativas radicais justas e pacíficas (REIGOTA, 2018, p.32).

A educação deve ocupar o papel de organizadora e produtora da cultura de um povo, neste caso a cultura do homem do campo que não pode mais permanecer seguindo a lógica da exclusão do direito à educação de qualidade para todos

Jacob (2013, p.12) entende que a educação ambiental é condição necessária para modificar um quadro de crescente degradação socioambiental, mas ela ainda não é suficiente.

A educação ambiental nasce como um processo educativo que conduz a um saber ambiental materializado nos valores éticos e nas regras políticas de convívio social. Ela deve, portanto, ser direcionada para a cidadania ativa considerando seu sentido de pertencimento e responsabilidade que, por meio da ação coletiva e organizada, busca a compreensão e a superação das causas estruturais e conjunturais dos problemas ambientais.

No dizer de Tamasio (2019, p.89) se converte em mais uma ferramenta de mediação necessária entre culturas, comportamentos diferenciados e interesses de grupos sociais para a construção das transformações desejada. Santos (2017, p.23) fala que o processo educacional de estudos e aprendizagem dos problemas ambientais e suas interligações com o homem na busca de soluções que visem a preservação do meio ambiente.

Arnaldo e Santana (2018, p.110) compreendem a EA, a partir de um ponto de vista crítico, como uma prática social intencional, possibilitando aos indivíduos condições cognitivas que os permitem, por intermédio de ações coletivas, superar o atual modelo de sociedade, que é marcado pelo capitalismo de dominação e exploração das pessoas entre si e delas com a natureza, objetivando uma mudança estrutural da sociedade e de suas conexões com a natureza.

Arnaldo e Santana (2018) destaca a relevância da Educação Ambiental (EA) como uma discussão de ideias e ações que ocorrem na sociedade, com ênfase na promoção de conhecimentos e questões que podem contribuir para a prática social relacionada ao meio ambiente e aos problemas socioambientais

Conselho Nacional do Meio ambiente definiu a Educação Ambiental como um processo de formação e informação, orientado para o desenvolvimento da consciência crítica sobre as questões ambientais, e de atividades que levem a participação das comunidades do equilíbrio ambiental (DIAS; DIAS, 2017, p.56).

Percebe-se a necessidade da adoção de uma proposta interdisciplinar para produzir mudança nos modos de ensinar e aprender. Em educação, adotar a interdisciplinaridade facilita os modos de se trabalhar com os diversos temas que envolvem a realidade e o aprendizado se torna mais interessante. Estes temas podem ser incluídos e ter sequência contínua.

Effiting (2017, p.56) define Educação Ambiental como preparação de pessoas para a sua vida enquanto membros da biosfera, aprendizado para compreender, apreciar, saber lidar e manter os sistemas ambientais na sua totalidade; significa aprender a ver o quadro global que cerca um problema. Entende-se como um processo de aprendizagem com o intuito de preservar o meio ambiente de que usufruímos e em que vive, buscando métodos de desenvolvimento com iniciativas sustentáveis.

Segundo Ross e Becker (2017, p.48), a Educação Ambiental é a base científica para a sustentabilidade, sendo um processo que deverá atingir a sociedade como um todo, sem excluir nenhum elemento físico, mental ou espiritual desse processo de transformação,



pois é necessária essa integração para que, finalmente, ocorra o desenvolvimento a partir da sustentabilidade. Deve estar comprometida com o desenvolvimento integral da criança, com o intuito de sistematizar a sua prática por meio de teorias do desenvolvimento humano.

Ross e Becker (2017) explicam que comportamentos ambientalmente corretos devem ser aprendidos na prática, no cotidiano da vida escolar, contribuindo para a formação de cidadãos responsáveis. Assim a Educação Ambiental é uma maneira de estabelecer tais processos na mentalidade de cada criança, formando cidadãos conscientes e preocupados com a temática ambiental.

Ross e Becker (2017, p.49) definem Educação Ambiental como um método em conjunto, onde cada pessoa pode assumir e adquirir o papel de membro principal do processo de ensino/aprendizagem a ser desenvolvido, desde que cada pessoa ou grupo seja agente ativamente participativo na análise dos problemas ambientais, diagnosticados e com isso buscando soluções, resultados e conscientizando outros cidadãos como agentes transformadores.

2.3 O papel da escola na educação ambiental

A educação ambiental na escola fornece uma base de reflexão para a troca de conhecimentos e melhora o ambiente educacional. Para os alunos, oferece uma perspectiva crítica e formadora de opinião (BATISTA; PAULA, 2014, p. 56). Nesse contexto, a escola tornou-se a maior auxiliadora na busca pela conscientização e proteção ambiental.

É importante mostrar que a escola é um local onde surge a consciência das questões ambientais. Mesmo que essas questões não estejam dentro do seu escopo, é possível usar esse conhecimento e continuar a realizar ações ambientais para capacitar os cidadãos a entenderem melhor as questões ambientais (CHAVES; GAIA, 2013, p. 89).

Segundo Faht (2018) A ideia central é que a educação ambiental não se limita a ensinar sobre o meio ambiente, mas também sobre como nossas ações e decisões impactam o mundo ao nosso redor. A formação deve ser holística, englobando aspectos sociais, econômicos e culturais.

Mas a EA também é uma forma de educação política e se constitui como uma complexa visão do mundo social (VASCONCELLOS *et al.*, 2019, p.99).

Como toda essa relevância sobre a temática ambiental há um destaque especial para as escolas, como espaços para a implementação das atividades voltadas para a reflexão sobre o meio ambiente. Existe uma demanda para atividades dentro e fora da escola como: atividades de campo e projetos ambientais. Dessa maneira ocorre uma participação maior do aluno o que leva a autoconfiança, melhores atitudes e um comprometimento com a proteção ambiental (CHAVES; GAIA, 2013, p.78).

Dentro desta realidade, deve haver uma produção de conhecimento que complete as interações do meio natural e social, bem como o papel da escola, para priorizar um novo perfil de crescimento, com ênfase na sustentabilidade socioambiental (BERNANDES; NEHME, 2017, p.56). O educador não ensina, ele cria possibilidades para a produção e construção do conhecimento, sensibiliza, orienta e estimula o aluno a torna-se mais crítico, analítico e construtor, sendo ele o próprio mediador da formação do eu.

Por isso, os educadores ambientais exercem um papel importante na sociedade como formadores de opinião, com propostas pedagógicas para desenvolver a percepção do am-

biente e das relações humanas sob vários aspectos culturais e sociais (ASSIS, 2013, p. 26).

Conforme Colombo (2014, p.14) para haver eficiência na conscientização sobre a Educação Ambiental é necessário que haja uma participação ativa do aluno na organização de sua aprendizagem. O lixo não desaparece quando é jogado na lixeira. Sendo assim há de se buscar formas atrativas de envolvê-los nos reais problemas da comunidade em que vivem, favorecendo o protagonismo juvenil.

A Educação Ambiental tem encontrado incontáveis desafios, como problemas históricos, visto somente pela área de Ciências Naturais ou alguns campos da Biologia. Infelizmente há casos em que a escola somente repassa informações básicas sobre as questões ambientais, sem levar em conta a interdisciplinaridade e o envolvimento da comunidade (CHAVES; GAIA, 2013, p.79).

Diante dessas dificuldades encontradas, Cuba (2018) propõe que a EA deva ser estudada no modo científico, passada com uma disciplina específica, mas sem perder a natureza interdisciplinar. Acredita-se que a EA possa ser utilizada como uma disciplina inserida para ajudar no estudo de problemas ambientais, encaixada no currículo escolar. Mas deverá propor aplicações, tratando em um tema de interesse dos alunos, e não somente como mais uma proposta pedagógica. De acordo com Santos e Santos (2016):

O desejo de que haja um espaço específico, para que essas questões inegavelmente importantes sejam tratadas, reflete a busca por um espaço curricular próprio que forme um eixo capaz de reunir e articular o currículo e os elementos orientadores da ação do professor. Parece que o desejo aí contido não é a criação de uma disciplina em si mesma, mas sim, o de encontrar uma alternativa que viabilize a inserção do ambiental no currículo, pois esse é o modelo que conhecemos e ao qual estamos familiarizados (SANTOS; SANTOS, 2016, p. 371).

Desta forma, a escola se torna o melhor lugar para desenvolver ações reflexivas, que podem ocorrer entre um grupo de pessoas, baseada na troca de conhecimentos que se dá através de atividades pedagógicas desenvolvidas (BATISTA; PAULA, 2014, p.89). Existem várias formas de se aplicar a educação ambiental nas escolas, mas devem ter como objetivo primordial o estabelecimento de valores e atitudes que envolvam a conscientização, conhecimento, habilidades e competências na preservação.

A EA deve ser percebida como um processo de construção do conhecimento dentro de um trabalho lúdico, expansivo e dinâmico que contribui para o saber das pessoas envolvidas (LOPES; BISPO; CARDOSO, 2019, p.15). Nesse sentido, a escola insere a questão ambiental de forma ordenada e contínua para ser abrangente e abrangente. Não deve ser apenas um campo ou disciplina, pois a pesquisa ambiental requer a aplicação de conhecimentos inerentes.

Segundo Dias (2014, pg.456), a escola deve ser o lugar onde o aluno é sensibilizado por questões ambientais, para que fora dela o mesmo possa dar continuidade para as suas ações ambientais, e assim ir se formando um cidadão. Ao trabalhar com a temática ambiental, se torna explícito que não se trata apenas um olhar para a degradação humana, é sim algo, que vai muito além, ela pretende alcançar uma compreensão sobre os impactos causados por ações humanas ao meio ambiente.

Considerando toda essa importância da temática ambiental e a visão integrada de mundo, no tempo e no espaço, sobressaem-se as escolas como espaços privilegiados na implementação de atividades que propiciem essa reflexão. E tudo isso demanda atividades dentro e fora da sala de aula, além de atividades de campo, com ações orientadas em projetos e em processos de participação que levem à autoconfiança, atitudes positivas e



ao comprometimento pessoal com a proteção ambiental, implementados de modo interdisciplinar (DIAS, 2014, p.457).

O processo de EA deve ser contínuo e permanente; deve, principalmente, sensibilizar o professor, já que ele é o principal agente promotor na escola, através de projetos e cursos de capacitação desses profissionais. Em muitos casos, a escola se limita somente a repassar informações básicas sobre as questões ambientais, sem levar em conta que se trata de um assunto interdisciplinar e que deveria envolver toda a comunidade, Souza (2018, p.89) afirma, inclusive, que o estreitamento das relações extraescolares é bastante útil na conservação do ambiente, principalmente o ambiente da escola.

Segundo Andrade (2018) os fatores como o tamanho da escola, número de alunos e de professores, predisposição destes professores em passar por um processo de treinamento, vontade da diretoria de realmente implementar um projeto ambiental que irá alterar a rotina na escola, além de fatores resultantes da integração dos acima citados e ainda outros, podem servir como obstáculos à implementação da Educação Ambiental

Trabalhar EA muda toda a rotina de uma escola, por se tratar de um conteúdo interdisciplinar; normalmente não é trabalhado com notas, provas, nem em grades horárias, além de envolver toda uma preparação do corpo docente. Talvez venha daí a dificuldade de se implantar projetos de EA nas escolas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilitou entender a importância da Educação Ambiental nas escolas públicas e sua relevância na formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a preservação do meio ambiente. Ao longo da pesquisa, discutiu-se como a Educação Ambiental pode desempenhar um papel fundamental na sensibilização das novas gerações para os desafios ambientais que se enfrenta.

Ao longo do primeiro capítulo, pode perceber como a preocupação com o meio ambiente e a necessidade de educar as pessoas sobre questões ambientais têm raízes profundas na história da humanidade. Desde as culturas antigas que valorizaram a natureza até os movimentos sociais do século XX que deram origem à Educação Ambiental como as que conhecemos hoje, vimos como essa área de estudo e prática evoluiu ao longo do tempo.

O segundo objetivo mergulhou-se mais fundo na Educação Ambiental, explorando seus princípios fundamentais e sua aplicação prática. Ao longo deste capítulo, destacou a importância da Educação Ambiental como uma abordagem holística para a conscientização e a ação em prol do meio ambiente, discutindo como a interdisciplinaridade, a participação ativa dos aprendizes e a conexão com a realidade local são aspectos essenciais dessa abordagem.

No terceiro capítulo enfatizou o papel central das escolas de Educação Ambiental e como elas têm o potencial de moldar atitudes e comportamentos em relação ao meio ambiente desde a infância. É fundamental que as escolas assumam a responsabilidade de cultivar uma consciência ambiental entre os estudantes, preparando-os para enfrentar os desafios ambientais do presente e do futuro.

Em conclusão, a Educação Ambiental nas escolas públicas desempenha um papel crucial na formação de indivíduos conscientes, capazes de contribuir para a proteção do meio ambiente. É uma ferramenta poderosa para enfrentar os desafios ambientais globais e promover um futuro mais sustentável. Portanto, é fundamental que governos, educado-

res e comunidades continuem a trabalhar juntos para promover a inclusão da Educação Ambiental de maneira eficaz e abrangente nas escolas públicas.

Referências

- ANDRADE, M. C. P. **Educação Ambiental na Base Nacional Comum Curricular: retrocessos e contradições e o apagamento do debate socioambiental.** Juiz de Fora – M, 2018
- ARNALDO, Arthur J. M. de; SANTANA, Dulce. A Formação da consciência ambiental na escola. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v.15, p.107-129, jul./dez., 2018. Disponível em: <<http://www.remea.furg.br/>>. Acessado em: 23.08.23
- BATISTA. D.F; PAULA. M.C. Considerações Teóricas Sobre Práticas de Educação **Revista Ambiental**, nas Escolas Brasileiras: Conceito, Trajetória, Inclusão e Aplicação. Terceiro Incluído v. 4, n. 1. Jan./Jun., 2014
- BERNADES, M.B.J; NEHME, V.G.F. A PESQUISA-AÇÃO: mediadora de ações em educação ambiental. **Espaço em Revista**. v. 19, n. 2, jul./dez. 2017. P. 56-67.
- BRASIL. Lei nº. 9.795, de 27 de abril de 2014. Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, Brasília, DF, 28 abr. 2014. Seção 1, p.138
- BRASIL. **Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA**. 3ª ed. Brasília: Ministério da Educação. Coordenação Geral de Educação Ambiental. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental, MMA, 102p. 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Política Nacional de Educação Ambiental**. Brasília: MEC, 2016
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Resolução CNE/CP nº 2, de 15 de junho de 2013. Estabelece Diretrizes curriculares nacionais para a Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 116, 18 jun. 2013. Seção 1, p. 70.
- BRASIL. **Ministério da Educação (MEC)**. Secretaria de Educação Básica (SEB). Diretrizes Curriculares Nacionais: MEC/SEB, 1997.
- CHAVES, R. A; GAIA, M.C.M. **O papel da escola na construção da Educação Ambiental: ações e reflexões**, Município de Contagem, Minas Gerais, 2013
- COLOMBO, S. R. A Educação Ambiental como instrumento na formação da cidadania. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 14, n. 2, 2014.
- CUBA, M. A. Educação ambiental nas escolas. **ECCOM**, v.1, n. 2, p. 23-31, Jul./Dez., 2018
- DIAS, G.F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Gaia, 551p. 2014.
- DIAS, M. L. O. DIAS C.LCde. A Educação na Constituição de 1988 e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: André Quincé, 2017
- FAHT, E. C. **Diagnóstico e análise de atividades relacionadas à educação ambiental em escolas públicas de São Paulo** – Universidade de São Paulo, 2018
- EFFTING, Tânia Regina. **Educação Ambiental nas escolas públicas: Realidade e desafios**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017.
- JACOB, Isabel C. M. **Educação ambiental crítica: nomes e endereçamentos da educação**. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Educação Ambiental. Identidades da educação ambiental brasileira. Brasília: MMA, 2013. p.13-24.
- LOPES W.; BISPO, W; CARVALHO J. Educação Ambiental Nas Escolas: Uma Estratégia De Mudança. p. 1–15. **Revista da SENBIO TO**, 2019.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20)**. 2016.
- TALAMONI, A. C. B; COSTA, W. C. P; PINHEIRO, H. M. S; MARCELO A. A. PINHEIRO, M. A. A. Histórico da educação ambiental e sua relevância à preservação dos manguezais brasileiros. **Educação Ambiental sobre Manguezais**. Cap. 2: p. 57-73. ISBN 978-85-61498-08-5. 2018
- TAMASIO, Heloísa D. **Meio Ambiente e formação de professores**. São Paulo: Cortez, 2019



- REIGOTA, Marcos. **O que é educação ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 2018
- ROSS, M. e BECKER, I. C. M. **Educação ambiental: pesquisas e desafios**. Porto Alegre, Artmed, 2017.
- RUFFINO, Sandra. F. **A educação ambiental nas escolas municipais de educação infantil de São Carlos – SP**. 2013. 109 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Metodologia de Ensino, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- SANTOS, Fábio. Educação Ambiental: princípios, história, formação de professores. 2ª ed. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2017
- SANTOS, A. G.; SANTOS, A, P. Inserção da Educação Ambiental no Currículo Escolar. **Revista Monográficas Ambientais** - REMOA v. 15 n, 1, Jan- Abr. 2016 p. 369-380. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria.
- SOUZA, M. **Histórico da educação ambiental no Brasil**. Brasília 2018
- UNESCO. **Educação para um futuro sustentável: uma visão transdisciplinar para uma ação concertada**. Paris: Unesco, EPD-97/CONF.401/CLD.1, 2017
- VASCONCELLOS, A.F.S; FIGUEIREDO, M.L.; JUSTEN, L.M. Tecendo a rede de educadores ambientais da região sul. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Brasília, DF, v.1, p. 99- 107, 2019
- VEIGA, A.; AMORIM, E.; BLANCO, M. **Um retrato da presença da EA no ensino fundamental brasileiro: o percurso de um processo acelerado de expansão**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. 23p. 2015.



8

DESAFIOS DO SANEAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS URBANAS CHALLENGES OF ENVIRONMENTAL SANITATION IN URBAN AREAS

Ana Karine Silva Brasil

Resumo

Este estudo aborda os desafios persistentes do saneamento ambiental em áreas urbanas, enfocando as limitações socioeconômicas e de infraestrutura que impactam negativamente a qualidade de vida e a saúde pública. O objetivo principal foi entender os principais obstáculos que impedem a eficácia dos serviços de saneamento e suas implicações diretas na saúde da população urbana. Utilizou-se uma metodologia qualitativa e descritiva, através de uma revisão bibliográfica de fontes variadas que incluem artigos, teses e monografias publicadas nos últimos vinte anos. Os resultados destacam que, apesar dos avanços tecnológicos e políticos, a falta de acesso adequado a serviços de saneamento é uma realidade crítica, associada ao aumento de doenças relacionadas à água e ao meio ambiente. A gestão de resíduos sólidos também se revela como um problema significativo, contribuindo para a degradação ambiental e exacerbando os problemas de saúde pública. O estudo conclui ressaltando a necessidade de uma abordagem integrada e adaptativa no planejamento do saneamento urbano, que considere as particularidades socioeconômicas das regiões e promova a inclusão e a educação comunitária para sustentar as soluções adotadas, visando o bem-estar futuro e a resiliência urbana.

Palavras-chave: Saneamento Ambiental. Saúde Pública. Gestão de Resíduos Sólidos. Infraestrutura Urbana. Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

This study addresses the persistent challenges of environmental sanitation in urban areas, focusing on socioeconomic and infrastructure limitations that negatively impact quality of life and public health. The main objective was to understand the main obstacles that impede the effectiveness of sanitation services and their direct implications for the health of the urban population. A qualitative and descriptive methodology was used, through a bibliographical review of varied sources that include articles, theses and monographs published in the last twenty years. The results highlight that, despite technological and political advances, the lack of adequate access to sanitation services is a critical reality, associated with the increase in diseases related to water and the environment. Solid waste management is also a significant problem, contributing to environmental degradation and exacerbating public health problems. The study concludes by highlighting the need for an integrated and adaptive approach to urban sanitation planning, which considers the socioeconomic particularities of the regions and promotes inclusion and community education to support the solutions adopted, aiming for future well-being and urban resilience.

Keywords: Environmental Sanitation. Public health. Solid waste management. Urban infrastructure. Sustainable development.

1. INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental é uma das bases fundamentais para garantir qualidade de vida e saúde pública nas áreas urbanas. No entanto, apesar dos avanços tecnológicos e das políticas públicas implementadas ao longo dos anos, o acesso universal aos serviços de saneamento ainda é um desafio em muitas regiões do mundo, especialmente em áreas urbanas.

Nas últimas décadas, o rápido crescimento urbano tem gerado uma série de desafios para o saneamento ambiental, como o aumento da produção de resíduos sólidos, a poluição dos recursos hídricos e a falta de acesso a serviços básicos de água e esgoto. Esses problemas são agravados em áreas de baixa renda, onde a infraestrutura de saneamento é precária ou inexistente.

O tema do saneamento ambiental em áreas urbanas é de extrema relevância devido aos impactos diretos na saúde da população e no meio ambiente. A falta de acesso a água potável e saneamento básico contribui para a propagação de doenças como diarreia, cólera e hepatite, além de causar danos ambientais irreversíveis, como a contaminação de rios e lençóis freáticos.

Nota-se que os desafios na implementação de sistemas eficientes de saneamento em áreas urbanas são complexos e multifacetados. Diversos fatores podem contribuir para essas dificuldades, como limitações de infraestrutura, falta de recursos financeiros, desigualdades sociais, questões políticas e administrativas, entre outros. Dessa forma, a questão de pesquisa que orienta este estudo é: quais são os principais desafios na busca pela implementação eficaz do saneamento em áreas urbanas e de que maneira esses desafios moldam a qualidade de vida dos moradores?

No objetivo geral do presente estudo buscou compreender os fatores socioeconômicos que impactam a qualidade dos serviços de saneamento ambiental em áreas urbanas. Além dos objetivos específicos que são descrever a caracterização do saneamento ambiental; identificar o impacto da falta de acesso a serviços adequados de saneamento na saúde da população urbana. E por fim, apresentar os desafios associados à gestão de resíduos sólidos e seu impacto na qualidade ambiental.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2016 até 2023. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 20 anos, na língua portuguesa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Saneamento Ambiental

Moraes (2019) define saneamento básico como um conjunto de serviços fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico de uma região tais como abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos só-

lidos e de águas pluviais.

Ribeiro e Rooke (2019) destacam que as iniciativas relacionadas ao saneamento básico desempenham um papel fundamental na preservação do meio ambiente e na promoção da saúde pública. Além disso, essas ações são consideradas bens de consumo compartilhado, serviços essenciais e direitos tanto da sociedade civil quanto dos direitos humanos, sendo também responsabilidade do Estado.

De acordo com Fleury (2016), a intervenção estatal por meio de políticas públicas é uma função inerente ao Estado moderno, que busca regular e proporcionar as condições necessárias para a manutenção e reprodução de uma parte da população. Nesse contexto, as políticas públicas e sociais têm se tornado cada vez mais decisivas, envolvendo três atores principais: a burocracia estatal, a burguesia industrial e os trabalhadores urbanos. Assim, as políticas públicas desempenham o papel de mediar a relação entre o Estado e a sociedade, constituindo o meio pelo qual as elites estabelecem sua hegemonia.

Conforme Moraes (2019), o saneamento básico desperta interesse de diversos órgãos governamentais e comerciais em diferentes níveis de governo, o que pode resultar no distanciamento de sua finalidade principal, que é a promoção da saúde ambiental e pública.

Segundo Ribeiro e Rooke (2019), em decorrência do processo de globalização econômica, o sistema de saneamento básico enfrenta desafios como a falta de cobertura adequada de serviços e recursos insuficientes. Isso se torna um desafio crescente para o governo, que busca combater o aumento da pobreza nos países e entre suas populações.

Conforme Silva (2018), as políticas públicas devem ser elaboradas por meio de um processo de planejamento, que é uma ação política, pois representa a maneira pela qual a sociedade exerce controle sobre seu futuro. Esse processo envolve lidar com conflitos de interesse e realizar análises e reflexões dinâmicas.

Como destacado por Cunha (2011), a Lei Nacional de Saúde Básica estabelece que o planejamento em saúde deve contemplar a avaliação da situação do setor e seu impacto nas condições de vida da população local, bem como a definição de metas de longo prazo para a universalização dos serviços, os planos, projetos e ações necessários para alcançar esses objetivos, e as medidas a serem adotadas em situações de emergência. No entanto, esse aspecto tem sido amplamente ignorado nos debates públicos, políticos e acadêmicos, o que prejudica o desenvolvimento do setor de saneamento básico (Brasil, 2017).

Conforme exposto por Varian (2016), é sabido que a economia pode sofrer intervenções de diversas categorias, sendo a saúde pública uma das principais. Segundo a teoria microeconômica do consumidor, os agentes econômicos procuram maximizar sua utilidade dentro de uma restrição orçamentária, o que os leva a fazer as melhores escolhas possíveis de bens e serviços para alcançar sua satisfação.

Como afirma Scottá (2015), a preocupação do governo aumenta quando a população em geral demonstra sinais de patologia, especialmente devido à magnitude e ao impacto financeiro percebidos nas contas nacionais. Isso se deve ao fato de que os pagamentos nessas situações são realizados por meio de transferências, sem que haja a prestação de serviços ou a entrega de bens em troca dos recursos recebidos pelo indivíduo.

Kamogawa (2018) define saneamento ambiental como um conjunto de medidas e ações que visam promover a saúde pública, preservar o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população. Ele engloba diversas atividades, como o abastecimento de água potável, o tratamento e destinação adequada dos esgotos sanitários, a gestão adequada dos resíduos sólidos, o controle de vetores de doenças e a educação sanitária da população.

Maciel *et al.*, (2019) afirma que uma das principais características do saneamento ambiental é a interdisciplinaridade, pois envolve áreas como engenharia, saúde, meio ambiente, educação e planejamento urbano. Além disso, ele requer a integração de políticas públicas, a participação da comunidade e a adoção de tecnologias adequadas para cada realidade, considerando as características locais e a disponibilidade de recursos.

Além disso, Canivatto (2017) cita ainda que o saneamento ambiental também está diretamente relacionado à promoção da equidade social, uma vez que o acesso a serviços adequados de saneamento é essencial para garantir condições dignas de vida a todos os cidadãos. Portanto, investir em saneamento ambiental não apenas melhora a qualidade de vida da população, mas também contribui para o desenvolvimento sustentável das cidades e para a redução das desigualdades sociais.

A importância do saneamento ambiental, conforme destacado pela Organização Mundial da Saúde (2016), está relacionada a um conjunto de medidas que buscam controlar todos os elementos do ambiente físico que possam prejudicar a saúde e o bem-estar físico, mental e social das pessoas. Isso envolve não apenas garantir a qualidade da água para consumo, mas também garantir o tratamento adequado dos esgotos, a gestão apropriada do lixo e a implementação de sistemas de drenagem urbana para prevenir inundações e doenças associadas à água.

De acordo com Silva (2018), o saneamento básico engloba uma série de serviços e infraestruturas essenciais que visam promover a saúde e o bem-estar das comunidades. O abastecimento de água potável garante o acesso a uma fonte segura de água para consumo humano, enquanto o sistema de esgoto trata adequadamente os resíduos líquidos, evitando a contaminação do meio ambiente e a propagação de doenças.

Ribeiro e Rooke (2019) mencionam que a disposição adequada do lixo engloba a coleta, o transporte e o destino final dos resíduos sólidos, com o intuito de minimizar os impactos ambientais e os riscos à saúde pública. Já a drenagem urbana tem como objetivo prevenir inundações e alagamentos, garantindo a segurança e o conforto das populações urbanas.

Apesar de a definição da OMS (2016) abranger os aspectos físico, mental e social do bem-estar, com o objetivo de avaliar os efeitos negativos do saneamento ambiental inadequado que possam resultar em doenças, a análise se concentrará principalmente na condição física dos indivíduos, sem ignorar suas consequências mentais e sociais. Com base nisso, será realizada uma avaliação socioeconômica das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) e seus impactos.

Guimarães, Carvalho e Silva (2018) propõem uma visão ampla e integrada do saneamento, reconhecendo a interligação de diversos aspectos que vão além da infraestrutura física. Eles enfatizam a importância da educação e conscientização como elementos essenciais para o sucesso dos serviços de saneamento. Os autores destacam a necessidade de garantir o fornecimento de água com qualidade e em quantidade suficiente para atender às necessidades básicas da população, incluindo aspectos relacionados ao conforto e à saúde. Além disso, ressaltam a relevância da coleta, tratamento e disposição adequada de águas residuais, enfatizando a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

De acordo com Scottá (2015), a gestão dos resíduos sólidos inclui aspectos como o acondicionamento adequado, a coleta eficiente, o transporte seguro e o destino final apropriado. Além disso, medidas como a coleta de águas pluviais e o controle de inundações são destacadas como importantes para garantir a segurança e o bem-estar da população.

Segundo Silva (2018), são abordados outros aspectos como o controle de vetores de

doenças, higienização dos alimentos e dos meios de transporte, integração do planejamento territorial com as ações de saneamento, e a relevância do saneamento em diversos ambientes como habitações, locais de trabalho, educação, recreação e hospitais. O controle da poluição ambiental em várias formas, como água, ar, solo, acústica e visual, também é ressaltado como parte crucial das medidas de saneamento.

Para Fleury (2016), essa abordagem ampla e integrada destaca a complexidade e a interdependência das questões relacionadas ao saneamento, enfatizando a necessidade de políticas e ações coordenadas e abrangentes para garantir o bem-estar e a saúde da população e a sustentabilidade ambiental.

Moraes (2019) ressalta que a ausência desses serviços pode resultar na precarização da saúde e do bem-estar, além de contribuir para o surgimento de doenças, especialmente aquelas relacionadas à transmissão pela água. Por outro lado, o saneamento é definido como um conjunto de medidas socioeconômicas destinadas a promover a saúde ambiental.

Ribeiro e Rooke (2010) explicam que isso implica em criar um ambiente que evite o surgimento de doenças transmitidas pelo meio ambiente e promova condições propícias à saúde de toda a população, tanto urbana quanto rural.

2.2 O impacto da falta de acesso a serviços adequados de saneamento na saúde da população urbana

Segundo Pereira (2016) a garantia de um serviço de saneamento adequado requer investimentos significativos e um planejamento cuidadoso, o que se torna ainda mais desafiador diante das diferenças regionais. Nozaki (2017) destaca que o saneamento muitas vezes é encarado apenas como a realização de obras públicas, e não como um conjunto integrado de ações voltadas para a preservação da qualidade ambiental.

Heller e Castro (2017) definem saneamento ambiental como um conjunto de medidas que buscam melhorar as condições de higiene do meio ambiente, através da implementação de serviços como fornecimento de água potável, coleta e tratamento de esgotos e resíduos sólidos, e manejo das águas pluviais urbanas. Rodrigues (2020) afirma que essa definição está diretamente ligada à saúde pública local, pois, ao garantir acesso à água de qualidade e promover um planejamento urbano adequado, controle da ocupação do solo e educação sanitária, é possível reduzir significativamente as doenças relacionadas ao saneamento precário.

Nozaki (2017) argumenta que o saneamento ambiental possui características de bem público, mesmo sendo considerado um bem meritório, e que ele gera externalidades, ou seja, impactos que afetam outros setores, especialmente a saúde e o desempenho econômico da região.

Rodrigues (2020) destaca que as externalidades relacionadas à saúde estão principalmente ligadas às pessoas que adoecem devido a doenças relacionadas ao saneamento inadequado, resultando em custos adicionais. Em relação às externalidades econômicas, uma população doente tende a ter uma produtividade menor, podendo até mesmo ficar incapacitada para o trabalho, o que acarreta em perdas econômicas tanto para o empregador quanto para o indivíduo.

O saneamento está relacionado à saúde da população, mas também possui impactos significativos nos setores econômico e ambiental. De acordo com Ohira (2015), as infecções

resultantes da falta de medidas sanitárias adequadas podem causar uma variedade de doenças, como diarreia e desidratação, afetando a capacidade normal de digestão e absorção de alimentos e resultando na perda de nutrientes.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2017) quando as medidas sanitárias são inadequadas, é mais comum o surgimento de doenças relacionadas à água e ao seu tratamento. Dessa forma, a falta de saneamento adequado leva ao aumento da incidência de doenças e, conseqüentemente, dos custos médicos. Estudos indicam que pessoas que vivem em áreas sem acesso adequado a serviços sanitários, com dificuldades financeiras e com baixa educação em higiene, gastam até seis vezes mais em tratamentos médicos do que aquelas que têm acesso a serviços adequados.

De acordo com Guimarães, Carvalho e Silva (2018), cerca de um quarto da população mundial não possui acesso a moradias seguras e serviços básicos. Portanto, a qualidade ambiental tem um impacto direto na capacidade da população urbana e rural de prevenir ou evitar o surgimento de doenças endêmicas tanto em ambientes urbanos quanto rurais, especialmente no que diz respeito à capacidade de evitar e prevenir doenças relacionadas ao ambiente.

Segundo Cvjetanovic (2019), os sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto são benéficos para a saúde da população, tanto de forma direta quanto indireta, com impactos que variam de acordo com o nível de desenvolvimento da localidade atendida. Em comunidades com menor renda, os benefícios diretos desses sistemas são mais evidentes, porém, essas mesmas localidades podem gerar externalidades sociais e econômicas, como mencionado anteriormente.

Rodrigues (2020) destaca a importância do saneamento ambiental como um fator relevante para o desenvolvimento econômico e social de um país. Ele ressalta que o saneamento tem impactos significativos em diversos setores econômicos e na saúde infantil, contribuindo para a redução da mortalidade infantil, melhoria na educação, expansão do turismo, valorização dos imóveis, aumento da renda dos trabalhadores, despoluição dos rios e preservação dos recursos hídricos, entre outros benefícios.

Além disso, Rodrigues (2020), cita que as condições ambientais também são afetadas, com um aumento da poluição dos rios, especialmente em áreas onde as pessoas vivem em locais inadequados para moradia. Nesse contexto, o orçamento das pessoas muitas vezes é destinado a necessidades imediatas, como alimentos e medicamentos, e não para lidar com os problemas causados pela falta de saneamento adequado.

A qualidade da água consumida está diretamente relacionada a várias doenças, como mencionado anteriormente. A correlação entre algumas doenças e a situação do saneamento básico e abastecimento de água é essencial para a redução de casos de doenças relacionadas a esses dois setores. Maciel Filho *et al.*, (2018) destacam que melhorias no abastecimento de água e no tratamento adequado dos dejetos poderiam resultar em reduções significativas nos casos de febre tifoide e paratifoide (80% a 100%); tracoma e esquistossomose (60% a 70%); e disenteria bacilar, amebíase, gastroenterites e infecções cutâneas (40% a 50%).

O Sistema Único de Saúde (SUS) destina recursos financeiros para a prevenção de doenças sanitárias. No entanto, muitas vezes o problema está na falta de planejamento a longo prazo, pois o crescimento urbano desordenado, combinado com o desenvolvimento econômico desenfreado, resulta na contaminação do meio ambiente e compromete a saúde pública (Ministério da Saúde, 2018).



Cvjetanovic (2019) explica que a principal preocupação em ambientes inadequados é o impacto na saúde da população, devido à presença de esgoto, água estagnada, resíduos sólidos e rios poluídos. Esses ambientes também favorecem a proliferação de insetos e parasitas transmissores de doenças.

Sens (2016) aponta que a maioria das doenças é transmitida pelo contato ou ingestão de água contaminada, além do contato da pele com o solo e resíduos contaminados. A Organização Mundial da Saúde confirma que os custos de prevenção dessas doenças são menores do que os custos relacionados ao tratamento e às perdas de vidas causadas por elas (OMS, 2020).

A saúde das pessoas é diretamente influenciada por fatores externos, e o risco para a saúde pública está relacionado a aspectos como saneamento básico e condições de moradia. Korb (2020) destaca que um exemplo disso é a diarreia, que, com mais de quatro bilhões de casos por ano, é uma das doenças mais prevalentes na humanidade, responsável por 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade.

Investir em saneamento é uma forma de melhorar essa situação, como destaca Rodrigues (2020). Segundo dados do Ministério da Saúde (2019), cada real investido em saneamento gera uma economia de quatro reais na área de tratamento de doenças. Isso ocorre devido aos altos custos de internações e fatalidades causadas por doenças sanitárias. O impacto não se limita aos hospitais, pois pessoas doentes também têm gastos pessoais com medicamentos e perda de renda devido ao afastamento do trabalho.

Sens (2016) ressalta que as doenças sanitárias geram impactos econômicos para o Estado, que arca com os custos do tratamento hospitalar, para os empregadores, que sofrem com a perda de produtividade ou ausência dos funcionários no trabalho devido à doença, e para o próprio indivíduo, que tem gastos com medicamentos e perda de renda devido ao afastamento do trabalho.

De acordo com Lisboa *et al.*, (2018), a saúde pública é impactada diretamente pela falta de acesso a água potável e saneamento básico, o que é uma das principais causas de mortalidade infantil. Em 2010, o Brasil registrava a morte de 20 crianças com idade entre 0 e 5 anos por dia, evidenciando a importância do acesso à água potável. A falta de água é considerada um importante fator de risco à saúde e um limitante para o desenvolvimento.

2.3 Desafios associados à gestão de resíduos sólidos e seu impacto na qualidade ambiental.

Segundo Lanna (2016) a gestão de resíduos sólidos é um desafio mundial que afeta diretamente a qualidade ambiental em diversas escalas, desde local até global. Os resíduos sólidos incluem uma ampla gama de materiais descartados, como plásticos, metais, vidro, papel e resíduos orgânicos, e sua gestão inadequada pode resultar em impactos negativos significativos para o meio ambiente e para a saúde pública.

Goldenstein (2019) afirma que um dos principais desafios associados à gestão de resíduos sólidos é a crescente geração de resíduos, impulsionada pelo aumento da população e do consumo. Isso sobrecarrega os sistemas de gestão de resíduos existentes, levando a problemas como acumulação de lixo em áreas urbanas e rurais, contaminação do solo e da água, e poluição do ar devido à queima de resíduos.

Najar e Fizon (2021) a falta de infraestrutura adequada para a coleta, transporte, tratamento e disposição final de resíduos sólidos é outro desafio significativo. Muitas áreas,

especialmente em países em desenvolvimento, enfrentam dificuldades para estabelecer e manter sistemas de gestão de resíduos eficientes, resultando em acúmulo de lixo nas ruas e em áreas naturais, além de impactos negativos na saúde e no meio ambiente.

Sens (2016) ainda aponta que gestão inadequada de resíduos sólidos também contribui para a degradação ambiental, incluindo a contaminação do solo, da água e do ar. Por exemplo, resíduos orgânicos mal gerenciados podem gerar gases de efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas. Além disso, a disposição inadequada de resíduos pode contaminar lençóis freáticos e cursos d'água, comprometendo a qualidade da água potável.

Korb (2020) comenta explicando que existe outro desafio importante que é a falta de conscientização e educação da população sobre a importância da gestão adequada de resíduos sólidos. Muitas pessoas não têm conhecimento sobre os impactos negativos da disposição inadequada de resíduos e sobre a importância da redução, reutilização e reciclagem de materiais.

Rodrigues (2020) A legislação e a fiscalização inadequadas também são desafios significativos na gestão de resíduos sólidos. Em muitos casos, as leis e regulamentos relacionados à gestão de resíduos não são aplicadas de forma eficaz, resultando em práticas inadequadas de descarte e em falta de responsabilização por parte dos geradores de resíduos.

Lisboa *et al.*, (2018) apontam que a falta de investimento em tecnologias e infraestrutura adequadas é outro obstáculo para uma gestão eficiente de resíduos sólidos. Muitas vezes, os recursos necessários para implementar sistemas de coleta seletiva, compostagem, reciclagem e tratamento de resíduos não estão disponíveis, dificultando a melhoria da gestão de resíduos.

A gestão de resíduos sólidos também enfrenta desafios em relação à inclusão social e à equidade. Em muitos casos, os impactos negativos da má gestão de resíduos são sentidos de forma desproporcional por comunidades de baixa renda e por grupos marginalizados, que muitas vezes vivem em áreas próximas a lixões e aterros sanitários (Moraes, 2019).

A falta de cooperação e coordenação entre os diferentes atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos também é um desafio. Governos, empresas, organizações da sociedade civil e comunidades muitas vezes têm interesses e objetivos divergentes, o que pode dificultar a implementação de soluções integradas e sustentáveis (Varian, 2016).

Silva (2018) explica que a gestão de resíduos sólidos também enfrenta desafios em relação à inovação e à adoção de tecnologias mais sustentáveis. Muitas vezes, as soluções tradicionais de gestão de resíduos são baseadas em práticas obsoletas e prejudiciais ao meio ambiente, e a adoção de novas tecnologias e abordagens sustentáveis pode ser lenta e difícil de implementar.

Cunhas (2018) afirma que a falta de recursos financeiros também é um desafio significativo na gestão de resíduos sólidos. Muitas comunidades e governos locais não têm os recursos necessários para investir em infraestrutura, tecnologias e programas de educação e conscientização necessários para uma gestão eficaz de resíduos.

Os impactos negativos da gestão inadequada de resíduos sólidos são evidentes em várias partes do mundo. A contaminação do solo, da água e do ar por resíduos sólidos pode ter sérias consequências para a saúde humana, incluindo o aumento de doenças respiratórias, infecciosas e crônicas. Além disso, a poluição causada pelos resíduos sólidos pode levar à perda de biodiversidade e à degradação dos ecossistemas naturais (Heller; Castro, 2017).



Em termos econômicos, a má gestão de resíduos sólidos também pode ter impactos significativos. Os custos associados à limpeza e remediação de áreas contaminadas, à saúde pública e ao tratamento de doenças relacionadas à gestão inadequada de resíduos podem ser enormes, sobrecarregando os sistemas de saúde e os recursos públicos (Rodrigues, 2020).

Em resumo, a gestão de resíduos sólidos é um desafio complexo e multifacetado que requer ações coordenadas em diferentes níveis, desde a conscientização e educação da população até a implementação de políticas e investimentos em infraestrutura e tecnologia. A abordagem integrada e sustentável da gestão de resíduos sólidos é essencial para garantir a saúde e o bem-estar das comunidades e para proteger o meio ambiente para as gerações futuras.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho investigou os desafios enfrentados na implementação de sistemas eficazes de saneamento ambiental em áreas urbanas, destacando os problemas socioeconômicos e de infraestrutura que persistem apesar dos avanços tecnológicos e das políticas implementadas ao longo dos anos.

Os resultados obtidos indicam que a falta de acesso adequado aos serviços de saneamento continua a ser uma questão crítica, afetando diretamente a saúde pública e a qualidade de vida em áreas urbanas. Como demonstrado, a ausência de saneamento adequado está diretamente associada ao aumento da incidência de doenças relacionadas à água e ao ambiente, o que impõe um ônus significativo sobre os sistemas de saúde pública e a economia local.

Além disso, o estudo ressaltou a importância da gestão de resíduos sólidos e seu impacto direto na qualidade ambiental. A inadequação na gestão desses resíduos contribui para a degradação ambiental e exacerba os problemas de saúde pública. Portanto, a melhoria do saneamento ambiental não é apenas uma questão de infraestrutura, mas também de justiça social e equidade.

Este trabalho reforça a necessidade de uma abordagem integrada no planejamento urbano e de saneamento, que considere as complexidades socioeconômicas das áreas urbanas e envolva a participação ativa da comunidade. Além disso, é fundamental que as políticas públicas sejam adaptativas e inclusivas, garantindo que todos os segmentos da população tenham acesso a serviços básicos de qualidade.

Por fim, recomenda-se o investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e métodos que possam enfrentar de maneira mais eficaz os desafios do saneamento ambiental. Também se faz necessário fortalecer as políticas de educação e conscientização para garantir a sustentabilidade das soluções implementadas, promovendo uma maior resiliência urbana e bem-estar para as futuras gerações.

Referências

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2017**. Lei Nacional de Saneamento Básico. LNSB. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em 20.03.24

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico**: fonte de saúde e bem-estar. São Paulo: Ed. Moderna, 2017

CUNHA, A. S. **Saneamento básico no Brasil**: desenho institucional e desafios federativos. Texto para Discus-

- são, nº 1565. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Rio de Janeiro, 2018
- CVJETANOVIC, B. Health effects and impact of water supply and sanitation. **World Health Statistics Quarterly**, v. 1, n. 1, p. 105-117, 2019
- FLEURY, S. **Estado sem Cidadãos**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2016
- GOLDENSTEIN, S. **A cobrança como um instrumento de gestão ambiental**. In: THAME, A. C. de M. (Org.). A cobrança pelo uso da água. São Paulo: IQUAL, Instituto de Qualificação e Editoração LTDA, 2019
- GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. 2018. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2022
- HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 12, p. 284-295, 2017.
- KAMOGAWA, L. F. O. **Crescimento econômico, uso dos recursos naturais e degradação ambiental: uma aplicação do modelo EKC no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2018
- KORB, G.M.M. Espaço e Saúde: uma (inter)ação provável nos processos de adoecimento e morte em populações. In: MIRANDA et al. (Orgs.) Território, Ambiente e Saúde. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p. 57-75, 2020
- LANNA, A. E. L. **Gestão dos recursos hídricos**. In: Tucci, C.E.M. (org.) Hidrologia – Ciência e aplicação. Porto Alegre : Edusp, 2016
- LISBOA, S. M. AZEVEDO, S. M. O. TUNDISI, J. G. Água e Saúde Humana. In: REBOUÇAS, A.C, BRAGA, B, TUNDISI, J. G. (Orgs). Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3.ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2018
- MACIEL, A. A. et al. Indicadores de Vigilância Ambiental em Saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 1, n. 1, p. 59-66, 2019
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Saúde e Saneamento Básico**. 2019 Disponível em: <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/saneamento>. Acesso em: 27 de março de 2024.
- MORAES, L. R. S. **Gestão do Saneamento**. Salvador: DHS/Ufba, 2019.
- NAJAR, A. L.; FIZSON, J. T. **Política Pública e o modelo de saneamento no Brasil**. In: COSTA, N. R.; MINAYO, C. S.; RAMOS, C. L.; STUTZ, E. N. (orgs). Demanda Populares, Políticas Públicas e Saúde. Petrópolis: Vozes, 2021
- NOZAKI, V. T. **Análise do setor de saneamento básico no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2017.
- OHIRA, T. H. **Fronteira de eficiência em serviços de saneamento no Estado de São Paulo**. 2005. 124p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Saneamento Básico**. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/sanitation-waste/sanitation/pt/. Acesso em: 27 de março de 2024.
- PEREIRA, C. M. C. **Diagnóstico Socioambiental da Cidade de Juazeiro do Norte: Saneamento e Saúde Pública**. In: Encontro Acadêmico-Científico do Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2011, Juazeiro do Norte-CE. Encontro Acadêmico-Científico do Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2016.
- RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Monografia de Especialização em Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. 36p.2019
- RODRIGUES, K. C. T. T. **Estrutura do saneamento básico no Brasil: Receita, dispêndio de gastos e atenção básica à saúde**. 2020. 142f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2020.
- SENS J. P. P. **Saneamento Básico e Desenvolvimento**. 2016, p. 138. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2016
- SILVA, E. R. da. **O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. 2018. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=43995&indexSearch=ID>. Acesso em 20.03.24
- SCOTTÁ, J. **Avaliação e otimização de uma estação de tratamento de esgoto com sistema fossa e filtro de um município da serra gaúcha**. 2015. 82 f. Monografia – Centro Universitário UNIVATES, 2015
- UNESCO. United Educational Scientific and Cultural Organization. **Programa mundial de evolução de los**

recursos hídricos: Año internacional del agua Dulce. Paris: UNESCO, 2017.

VARIAN, Hal R. **Microeconomia:** princípios básicos, uma abordagem moderna. Rio de Janeiro: Elsevier Campus c 2016.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality.** 3. ed. Geneve, 2016.



9

SANEAMENTO BÁSICO NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL:
IMPACTOS NA SAÚDE PÚBLICA E NA DIGNIDADE HUMANA
BASIC SANITATION IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL:
IMPACTS ON PUBLIC HEALTH AND HUMAN DIGNITY

Paula Cristina Teixeira Costa

Resumo

O crescimento populacional desordenado e a modernização dos grandes centros urbanos evidenciam a precariedade dos serviços de saneamento básico no Brasil. É de suma importância que o poder público considere o tratamento de água e esgoto como serviços essenciais, uma vez que, os mesmos contribuem para que o cidadão tenha uma vida digna. O estudo do saneamento ambiental envolve as áreas social, política e econômica da sociedade e é de responsabilidade da administração pública, através de investimentos financeiros e políticas públicas, promover o acesso da população a um meio ambiente equilibrado e em condições favoráveis ao bem-estar de todos. No Brasil, especificamente na região Nordeste, onde os serviços de saneamento básico que são prestados de forma precária, têm interferido na saúde da população ao longo dos anos e aumentado as desigualdades sociais, uma vez que a população com menor condição financeira é a mais atingida. Neste trabalho busca-se, através de pesquisa e revisão bibliográfica, apresentar o impacto que a falta de saneamento básico causa na saúde pública e mostrar um panorama da realidade na região nordeste brasileira em relação à prestação dos serviços de tratamento de água e esgoto. Uma vez que, o cuidado com a saúde do cidadão e sua dignidade está diretamente ligado a um saneamento ambiental adequado é de suma importância entender o funcionamento da gestão ambiental e sanitária do país.

Palavras-chave: Saneamento. Saúde. Água. Esgoto.

Abstract

Disorderly population growth and the modernization of large urban centers highlight the precariousness of basic sanitation services in Brazil. It is extremely important that public authorities consider water and sewage treatment as essential services, as they contribute to citizens having a dignified life. The study of environmental sanitation involves the social, political and economic areas of society and it is the responsibility of the public administration, through financial investments and public policies, to promote the population's access to a balanced environment and in conditions favorable to the well-being of all. In Brazil, specifically in the Northeast region, where basic sanitation services, which are provided in a precarious manner, have interfered with the health of the population over the years and increased social inequalities, since the population with the lowest financial condition is the most affected. . This work seeks, through research and bibliographic review, to present the impact that the lack of basic sanitation has on public health and to show an overview of the reality in the northeastern region of Brazil in relation to the provision of water and sewage treatment services. Since caring for citizens' health and dignity is directly linked to adequate environmental sanitation, it is extremely important to understand how the country's environmental and health management works.

Keywords: Sanitation. Health. Water. Sewage

1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um direito fundamental assegurado constitucionalmente a todos os brasileiros, por meio da dignidade da pessoa humana, que inclui também o direito à saúde e moradia. A Constituição da República Federativa do Brasil em seu artigo 225 garante a todos os cidadãos o direito à um meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à qualidade de vida (BRASIL, 1988). Os serviços de saneamento básico compreendem um dos mais importantes mecanismos de prevenção de doença e promoção da saúde. Água potável, coleta de lixo e tratamento de esgoto são serviços essenciais que devem estar acessíveis à toda a população, uma vez que interferem diretamente na saúde pública. (SANTOS; ESPERIDIÃO; MOURA, 2021).

No Brasil, as políticas públicas de saneamento básico têm avançado, mas os esforços dos gestores públicos ainda não atingiram seu máximo no sentido de garantir efetivamente o direito ao saneamento básico em todo o território brasileiro. É necessário abordar os impactos negativos que a baixa qualidade dos serviços de saneamento básico, prestados pela gestão pública, ou a falta destes, causam na vida de milhares de brasileiros deixando-os vulneráveis a várias doenças causadas por água e alimentos contaminados.

Os índices de fornecimento de saneamento ambiental no Brasil ainda são precários. Segundo dados do relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, cerca de 35 milhões de brasileiros não tem acesso à água potável e quase 100 milhões não dispõem do serviço de tratamento de esgoto (SINIS, 2022). O Nordeste, região que abriga quase 60 milhões de brasileiros, apresenta uma situação preocupante em relação à prestação dos serviços básicos para a população. Segundo informações disponibilizadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), ano base de 2021, apenas 30,7% da população é atendida com coleta de esgoto, ou seja, mais de 39 milhões de nordestinos sofrem com a ausência desse serviço (TRATA BRASIL, 2023).

O fornecimento inadequado ou a ausência dos serviços de tratamento de água e esgoto atingem de forma mais significativa as pessoas menos favorecidas economicamente que residem nas regiões mais pobres do país. Desta feita, é de suma importância entender como a falta de saneamento básico afeta a saúde e a dignidade das pessoas, bem como demonstrar a necessidade de uma melhor gestão dos recursos públicos para que se alcance melhorias nas áreas de tratamento de água e esgoto e assim a reduzir as desigualdades sociais.

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo geral analisar os impactos na saúde pública causados pela falta de saneamento básico na região Nordeste do Brasil e discutir sua relação com a dignidade da população. A fim de chegar ao objetivo geral foram determinados como objetivos específicos: Apresentar um panorama do saneamento básico, identificar a incidência de doenças causadas por água contaminada e pela falta de tratamento de esgoto, bem como demonstrar a realidade dos baixos investimentos feitos em saneamento ambiental na região Nordeste do Brasil.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este trabalho foi elaborado com base em revisão bibliográfica. Por meio de artigos científicos e estudos realizados nos últimos dez anos foram obtidos indicadores da situ-



ação do saneamento básico no nordeste brasileiro. Através de informações obtidas em relatórios publicados em sites como: IBGE, Instituto Trata Brasil e Ministério da Saúde foram coletados dados sobre o panorama dos serviços de tratamento de água e esgoto nos estados do nordeste do Brasil, além de demonstrar os reflexos gerados na saúde pública dos cidadãos devido à má prestação dos serviços de saneamento ambiental.

2.2 Resultados e Discussão

Saneamento ambiental é o conjunto de ações socioeconômicas que por meio do abastecimento de água potável, coleta e descarte adequado de resíduos visa proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (BRASIL, 2015). A lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico (Lei nº 11.445/2007) determinou alguns princípios que devem nortear os serviços de saneamento prestados pelos municípios brasileiros, dentre eles o princípio da universalidade (serviço acessível a todos) e o da promoção à saúde pública. O Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) estabeleceu que todos os municípios devem atender a 99% da população brasileira com o serviço de água potável e no mínimo 90% dos habitantes devem ter coleta e tratamento de esgoto, meta a ser atingida até o ano de 2033. A referida lei visa melhorar a situação ambiental e sanitária do país, contribuindo para uma estrutura governamental que incentive os investimentos no setor, priorizando a prestação regionalizada dos serviços a fim de alcançar a universalização (BRASIL, 2020).

O Nordeste é a região brasileira que mais sofre com a ausência de saneamento básico. Apenas 30,7% da população é atendida com coleta de esgoto, ou seja, mais de 39 milhões de nordestinos sofrem com a ausência desse serviço e mais de 14 milhões de habitantes da região não são abastecidos com água potável (TRATA BRASIL, 2023). Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua, feita pelo IBGE no período de 2013 a 2022, mostram que quase 23 milhões de moradias brasileiras (30,8% das residências) não tinham acesso à coleta de esgoto. Desse total 42,7% estavam no Nordeste, totalizando 9,750 milhões de moradias. Entre os estados da região, a maior concentração de moradias com essa privação estava no Maranhão, Piauí e Rio Grande do Norte (IBGE, 2023).

Informações presentes no Ranking do Saneamento 2023 indicam que 8,916 milhões de residências brasileiras não tinham acesso à rede de abastecimento de água tratada em 2022. A maior parte delas (35%) estava localizada nos estados do Nordeste (Bahia, Pernambuco e Maranhão), significa que a cada 100 moradias, 17 ainda não estavam ligadas à rede geral de abastecimento de água tratada (TRATA BRASIL, 2023). Sobre a ausência de banheiros nas residências, os dados presentes no Ranking do Saneamento indicam que 63,1% das moradias presentes na região Nordeste não possuem banheiro, apresentando a maior precariedade entre todas as regiões, ou seja, 4 a cada 100 moradias ainda não tinham banheiro de uso exclusivo (TRATA BRASIL, 2023). Os péssimos indicadores de acesso à água tratada e rede coletora de esgoto na região Nordeste têm relação com a condição financeira da população que não dispõe de recursos para obtenção de moradias dignas. No ano de 2022 a renda mensal das pessoas com acesso aos serviços de saneamento básico era de R\$ 2.533,28 enquanto as famílias sem acesso a esses serviços vivem com o salário de R\$ 1.531,33 por mês (IBGE, 2023).

Os baixos investimentos do setor público na área de saneamento ambiental também contribuem para que o Nordeste ocupe a pior colocação no Ranking do Saneamento. A soma dos investimentos feitos pelos estados nordestinos em 2022 foi de 4,3 milhões, o que representa o valor de R\$ 78,66 por habitante, enquanto que a região Centro-Oeste, primeiro lugar na tabela, tem o investimento per capita de R\$ 141,07 (PAINEL SANEAMENTO

BRASIL, 2023).

As Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA), como cólera, diarreia aguda e hepatite são causadas por bactérias e parasitas intestinais presentes em água e/ou alimentos contaminados. Uma das ações essenciais para a prevenção, controle e redução dos riscos e surtos de DTHA é o investimento público para melhoria da infraestrutura dos serviços de saneamento básico (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024).

Em 2022, na região Nordeste, ocorreram mais de 75 mil internações relacionadas a doenças causadas por veiculação hídrica e 802 pessoas foram a óbito devido a essas doenças. Ao total, a região gastou mais de R\$ 23 milhões com despesas hospitalares por doenças associadas à falta de saneamento (DATASUS, 2023). A tabela 1 mostra indicadores de tratamento de esgoto, investimento per capita em saneamento e óbitos causados por doenças de veiculação hídrica, fazendo um comparativo do Nordeste em relação as demais regiões do Brasil.

Região	Investimento/hab.	% População sem coleta de esgoto	Óbitos doenças por veiculação hídrica
Norte	R\$ 56,08	85,70	228
Nordeste	R\$ 78,66	69,10	802
Sul	R\$ 129,08	50,40	350
Sudeste	R\$ 129,83	19,20	714
Centro-Oeste	R\$ 141,07	38,20	212

Tabela 1. Comparativo entre os investimentos em saneamento, coleta de esgoto e óbitos de doenças por veiculação hídrica nas regiões no Brasil.

Fonte: Adaptado pelo autor com base nos dados do Portal do Saneamento e DATASUS, 2023.

Analisando os dados expostos na tabela 1 observa-se que ainda existem milhares de nordestinos vivendo em condições precárias e sendo expostos a riscos severos à saúde. O Nordeste é a segunda região que menos investe em saneamento por habitante, ficando atrás apenas da região Norte. Essa falta de investimento impacta negativamente a saúde da população aumentando a proliferação de doenças, o que explica o fato de o Nordeste possuir o maior número de óbitos por doenças de veiculação hídrica (DATASUS, 2023). A falta de saneamento é um problema histórico no Brasil que revela o quão necessário é investir em saneamento e garantir aos cidadãos o direito à uma vida digna. O fato de a região Nordeste apresentar péssimos indicadores é o reflexo dos baixos investimentos feitos pela gestão pública que ao deixar de priorizar os serviços de saneamento ambiental estão privando os cidadãos de outro direito fundamental que é a saúde (PORTAL DO SANEAMENTO, 2023).

Os dados apresentados neste trabalho revelam que a qualidade de vida e saúde pública estão diretamente ligadas ao fornecimento de um saneamento básico adequado, tendo em vista que quanto maior o valor investido em saneamento, menor o índice da população sem acesso à rede de esgoto e conseqüentemente ocorre uma redução na quantidade de óbitos por água e /ou alimentos contaminados. A região Nordeste possui o segundo menor valor per capita em investimentos no saneamento básico, motivo pelo qual tem o maior número de óbitos por doenças de veiculação hídrica. Existe também uma correlação entre saúde pública e condição social, pois o Nordeste engloba uma parcela significativa da população pobre do país, como demonstrado através das pesquisas, a maioria da população nordestina com privação de saneamento e problemas de saúde

são aquelas que vivem em situação de vulnerabilidade econômica, com pouco mais de R\$ 1.500,00 por mês.

Proporcionar à população acesso à água tratada e rede coletora de esgoto é investir em saúde pública de forma preventiva, pois reduz a incidência de várias doenças e consequentemente os gastos hospitalares. O Novo Marco Legal do Saneamento (Lei 14.026/2020) estabeleceu metas de investimento para que até 2033 o país alcance a universalização, entretanto, ainda há uma grande desigualdade entre os municípios brasileiros em relação a esses investimentos (TRATA BRASIL, 2023).

3. CONCLUSÃO

É direito de todo cidadão o acesso aos serviços públicos essenciais como saneamento, saúde e moradia digna, enquanto é dever do Estado prestar esses serviços com qualidade e eficiência. Tendo esse aspecto como ênfase, este trabalho buscou mostrar a estrita relação que o acesso ao saneamento tem com a saúde e dignidade da população no Nordeste brasileiro. Ao analisar os dados apresentados é possível perceber que o saneamento não é tratado como prioridade pelo poder público na região Nordeste do Brasil, dessa forma a dignidade da pessoa humana, um direito garantido constitucionalmente, é regularmente negligenciado.

Diante das informações expostas fica evidente que os investimentos em saneamento estão aquém do ideal, gasta-se muito com o tratamento de doenças ao invés de investir em prevenção, investimento este que pode ser feito através de uma melhor prestação de serviço de tratamento de água e coleta de esgoto. Isso reflete de forma negativa na saúde da população, que em sua maioria possui baixos salários e vive em ambientes insalubres. Dessa forma, têm suas vidas afetadas por doenças, ficando afastados de suas atividades laborais e familiares. Doenças essas, que poderiam ser evitadas caso houvesse uma gestão pública mais igualitária.

Diante do exposto, fica evidente que a gestão em saneamento básico na região Nordeste precisa avançar. Os resultados desta pesquisa propiciam uma visão mais detalhada da relação saúde e saneamento, bem como contribui com informações para a elaboração de políticas públicas, sendo um ponto de partida, visando o desenvolvimento regional. É essencial que os gestores públicos direcionem os recursos para ampliar o acesso ao esgotamento sanitário e água tratada.

A dignidade da pessoa humana, apesar de ser um direito garantido na Constituição Federal de 1988, ainda está longe de ser concretizado em relação à saúde e saneamento. Priorizar o saneamento básico é também priorizar a saúde pública, é investir na prevenção de doenças e dar qualidade de vida para as pessoas. Para isso se torne real e a região Nordeste melhore os indicadores em saúde e serviços de saneamento é necessário que os gestores públicos invistam em tratamento de água e esgoto, criem e promovam políticas públicas para o incentivo ao cuidado com o meio ambiente e assim, coloquem em prática as leis que garantem a todo cidadão o direito de viver em um meio ambiente saudável e digno.

Referências

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Senado Federal. Brasília, DF, 2022.

BRASIL, Instituto Trata. **A vida sem Saneamento. Pra quem falta e onde mora essa população.** Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/a-vida-sem-saneamento-para-quem-falta-e-onde-mora-essa-populacao/>. Acesso em: 13 de fev. 2024.

BRASIL, Instituto Trata. **Investimentos em saneamento.** Ranking do Saneamento 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/>. Acesso em: 13 de fev. 2024.

BRASIL, Instituto Trata. **Ranking do Saneamento 2023.** Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/>. Acesso em: 13 de fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em: 14 de mar. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.026**, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Novo Marco Legal do Saneamento. Brasília, DF, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 14 de mar. 2024.

BRASIL. **Manual de Saneamento.** 4.ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2015.

BRASIL. **Ministério da Economia. Novo Marco Legal do Saneamento Básico.** Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/noticias/2022/setembro/novo-marco-legal-do-saneamento-basico>. Acesso em: 14 de mar. 2024.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar.** Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha>. Acesso em: 01 de jun. 2024.

BRASIL. **Ministério das Cidades. Plano Nacional de Saneamento Básico.** Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/plano-nacional-de-saneamento-basico-plansab/arquivos/relatriodeavaliacaoanualdoplansab2021.pdf>. Acesso em: 25 de mar. 2024.

BRASIL. **Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Painel do Setor de Saneamento.** Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>. Acesso em: 12 de mar. 2024.

BRASIL. **Painel do Saneamento 2023. Trata Brasil.** Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=1>. Acesso em: 01 de jun. 2024.

DATASUS. **Ministério da Saúde.** Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>. Acesso em: 01 de jun. 2024.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo, 2022. Informação de população e domicílios.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39525-censo-2022-informacoes-de-populacao-e-domicilios-por-setores-censitarios-auxiliam-gestao-publica>. Acesso em: 10 de mar. 2024.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saúde, 2019.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9160-pesquisa-nacional-de-saude.html>. Acesso em: 12 de mar. 2024.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua, 2023.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9171-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-mensal.html>. Acesso em: 12 de mar. 2024.

SANTOS, José Carlisson; ESPERIDIÃO, Fernanda; MOURA, Fábio Rodrigues. **Saneamento básico e os custos na saúde pública: uma análise para a região Nordeste do Brasil.** Caderno de Ciências Sociais Aplicadas, Vitória da Conquista, v.18, n.31, jan/jul, 2021. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/ccsa/article/view/7891>. Acesso em: 01 de jun. 2024.

SNIS 2022. **Avanços do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil 2023.** Instituto Trata Brasil 2023



10

O IMPACTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MEIO AMBIENTE:
DESAFIOS E SOLUÇÕES

THE IMPACT OF SOLID WASTE ON THE ENVIRONMENT:
CHALLENGES AND SOLUTIONS

Claudemir Ferroz de Oliveira

Resumo

Este estudo explora os desafios ambientais causados pelo manejo inadequado de resíduos sólidos, uma questão exacerbada pelo crescimento populacional e a expansão industrial. Utilizando uma metodologia de revisão bibliográfica, o trabalho investiga publicações de 2008 a 2022 para definir e classificar os resíduos sólidos, identificar seus impactos significativos no solo, água, ar e biodiversidade, e propor estratégias eficazes para uma gestão sustentável. Os resultados revelam que o descarte inadequado de resíduos se solidifica como uma fonte majoritária de poluição e degradação ambiental, com consequências diretas sobre a saúde pública e a integridade dos ecossistemas. Estratégias como a minimização de resíduos na fonte, reciclagem, compostagem e educação ambiental são enfatizadas como cruciais para reduzir os impactos negativos e fomentar práticas de manejo mais sustentáveis. A conclusão do estudo enfatiza a necessidade de uma gestão integrada e consciente dos resíduos sólidos, apelando para a colaboração entre governos, sociedade civil e setor privado no desenvolvimento e implementação de políticas e práticas que promovam a sustentabilidade ambiental. Este trabalho destaca a importância de abordagens interdisciplinares e cooperativas para resolver os desafios associados aos resíduos sólidos, visando não apenas a mitigação dos problemas existentes, mas também a prevenção de futuras adversidades ambientais.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos Sólidos. Impacto Ambientais. Sustentabilidade Ambiental. Poluição. Educação Ambiental.

Abstract

This study explores the environmental challenges caused by inadequate solid waste management, an issue exacerbated by population growth and industrial expansion. Using a literature review methodology, the work investigates publications from 2008 to 2022 to define and classify solid waste, identify its significant impacts on soil, water, air and biodiversity, and propose effective strategies for sustainable management. The results reveal that inadequate waste disposal becomes a major source of pollution and environmental degradation, with direct consequences for public health and the integrity of ecosystems. Strategies such as waste minimization at source, recycling, composting and environmental education are emphasized as crucial to reducing negative impacts and promoting more sustainable management practices. The conclusion of the study emphasizes the need for integrated and conscious management of solid waste, calling for collaboration between governments, civil society and the private sector in the development and implementation of policies and practices that promote environmental sustainability. This work highlights the importance of interdisciplinary and cooperative approaches to solving the challenges associated with solid waste, aiming not only to mitigate existing problems, but also to prevent future environmental adversities.

Keywords: Solid Waste Management. Environmental Impact. Environmental Sustainability. Pollution. Environmental education.



1. INTRODUÇÃO

No cenário contemporâneo, a questão dos resíduos sólidos desponta como um dos principais desafios ambientais a serem enfrentados pela sociedade. Com o crescimento populacional e o desenvolvimento industrial, a geração de resíduos tem aumentado exponencialmente, resultando em impactos significativos no meio ambiente. Nesse contexto, é fundamental compreender a relevância desse tema, sua justificativa e o problema que ele representa para a sustentabilidade do planeta.

A relevância do estudo sobre os resíduos sólidos se dá pela sua relação direta com a preservação ambiental e a qualidade de vida das futuras gerações. O acúmulo desordenado de resíduos pode contaminar o solo, os rios e os oceanos, causando danos irreversíveis à biodiversidade e à saúde humana. Além disso, a gestão inadequada dos resíduos contribui para o agravamento de problemas como as mudanças climáticas e a escassez de recursos naturais.

A justificativa para a realização deste estudo reside na necessidade urgente de promover práticas sustentáveis de gestão de resíduos, visando minimizar seus impactos negativos no meio ambiente e na sociedade. É preciso repensar o modo como produzir, consumir e descartar os materiais, adotando medidas que promovam a redução, a reutilização e a reciclagem dos resíduos sólidos.

A crescente geração de resíduos urbanos, pela sociedade em geral, é motivo de constante preocupação nos dias atuais, em decorrência da produção e do consumo excessivo de produtos industrializados, que na sua maioria são depositados ao ar livre ou em locais onde não é permitida a sua deposição, proporcionando assim, sérios problemas ambientais. Dessa forma, a questão de pesquisa que orienta este estudo é: quais os danos que podem ser causados ao meio ambiente caso os resíduos sólidos sejam descartados em locais indevidos?

No objetivo geral do presente estudo buscou analisar os impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado pelos resíduos sólidos. Além dos objetivos específicos são definir o conceito de resíduos sólidos, abordando sua classificação e origem, identificar os principais impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos, como poluição do solo, da água e do ar, bem como os impactos na biodiversidade. E por fim apresentar estratégias sustentáveis para prevenir e minimizar a contaminação gerada pelos resíduos sólidos.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2008 até 2022. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 20 anos, na língua portuguesa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Resíduos sólidos abordando a classificação e origem

Veiga (2015) e Queiroz (2015) concordam que a classificação dos resíduos sólidos é

fundamental para a gestão adequada desses materiais. Veiga destaca a importância de considerar a origem, composição e periculosidade dos resíduos, enquanto Queiroz complementa, mencionando a classificação dos resíduos sólidos de acordo com sua origem em domiciliar, industrial, hospitalar, agrícola, entre outros, e também quanto à sua composição, como orgânicos, inorgânicos, recicláveis e não recicláveis.

Barros (2020) destaca que cada tipo de resíduo sólido apresenta características específicas que exigem abordagens distintas no tratamento e descarte, o que ressalta a importância da classificação adequada. Assim, a classificação dos resíduos sólidos é essencial para a adoção de medidas adequadas de manejo e destinação final, contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável desses materiais.

Philippi Junior *et al.*, (2018) complementam a discussão sobre a classificação dos resíduos sólidos, destacando a importância de classificá-los quanto à sua periculosidade. Eles dividem os resíduos em perigosos e não perigosos, enfatizando que os resíduos perigosos apresentam características que podem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, requerendo cuidados especiais em seu manuseio e descarte. Por outro lado, os resíduos não perigosos são considerados menos nocivos.

Milaré (2017) reforça a importância da classificação dos resíduos sólidos para a implementação de políticas públicas eficazes de gestão, visando à redução da geração, à reutilização, à reciclagem e à destinação final adequada. Ele ressalta que a gestão adequada dos resíduos sólidos é fundamental para a preservação do meio ambiente e para a promoção da saúde pública.

Dessa forma, Veiga (2015) reforça a ideia de que a classificação dos resíduos sólidos, levando em consideração sua origem, composição e periculosidade, é essencial para uma gestão eficiente e sustentável desses materiais. A implementação de políticas públicas adequadas, aliada à conscientização da sociedade, é fundamental para minimizar os impactos negativos dos resíduos sólidos no meio ambiente e na saúde pública.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), conforme estabelecido pela Lei nº 12.305/2016, é um marco importante para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. A PNRS visa não apenas à proteção da saúde pública e do meio ambiente, mas também estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, envolvendo diversos atores, desde os fabricantes até os consumidores e o poder público (BRASIL, 2016).

Jacobi (2016) complementa essa visão ao destacar que a geração de resíduos sólidos é um reflexo do modelo de produção e consumo da sociedade atual. Nesse sentido, a conscientização e a educação ambiental desempenham um papel fundamental na redução da geração de resíduos e na promoção de práticas sustentáveis.

Milaré (2017) ressalta a importância da PNRS como instrumento para a gestão adequada dos resíduos sólidos, bem como a necessidade de uma mudança de paradigma em relação ao consumo e à geração de resíduos. A conscientização e a educação ambiental são apontadas como ferramentas essenciais para promover uma cultura de redução, reutilização e reciclagem, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e para a qualidade de vida das futuras gerações.

Junior (2017) concorda que o conceito de resíduos sólidos envolve a classificação dos materiais descartados com base em sua origem, composição e periculosidade, destacando a importância da gestão adequada para a preservação do meio ambiente e a promoção da saúde pública. Barros (2020) ressalta que a gestão dos resíduos sólidos exige ações integradas e conscientização da sociedade.



Barros (2020) complementa, enfatizando que os resíduos sólidos são um dos principais desafios ambientais devido à sua crescente produção e aos impactos negativos quando não são adequadamente gerenciados. Ele destaca a classificação como um passo importante para a implementação de políticas eficazes de gestão.

Milare (2017) destaca a relação direta dos resíduos sólidos com as atividades humanas e a diversidade de áreas onde são gerados, o que exige abordagens específicas para sua gestão. Ele ressalta que a forma como esses resíduos são gerenciados pode variar de acordo com sua origem e composição.

Queiroz (2015) enfatiza a complexidade da gestão dos resíduos sólidos e a importância da classificação adequada para a implementação de políticas eficazes, destacando a necessidade de ações integradas e da conscientização da sociedade para lidar com esse desafio ambiental contemporâneo.

Junior (2017) destaca que a classificação dos resíduos sólidos pode considerar sua origem geográfica, sendo urbanos ou rurais. Ele ressalta que a gestão desses resíduos requer estratégias diferentes devido às características distintas desses ambientes. Por outro lado, Queiroz (2015) aborda a classificação dos resíduos sólidos com base em sua densidade, destacando a diferença entre resíduos de alta densidade, como metal, vidro e cerâmica, e resíduos de baixa densidade, como plástico e papel.

Além disso, Veiga (2015) menciona a classificação dos resíduos sólidos quanto à sua biodegradabilidade, distinguindo entre resíduos biodegradáveis, que podem ser decompostos por microorganismos, como restos de alimentos e materiais orgânicos, e resíduos não biodegradáveis, como plástico e metal.

Milaré (2017) complementa a discussão ao destacar que a gestão dos resíduos sólidos é um desafio complexo que envolve ações em diferentes etapas, desde a redução da geração até a destinação final adequada. Ele enfatiza a importância da educação ambiental na conscientização da população sobre a gestão adequada dos resíduos sólidos e na promoção de hábitos sustentáveis de consumo e descarte.

Dessa forma, a discussão entre os autores ressalta a diversidade de critérios de classificação dos resíduos sólidos e a complexidade da gestão desses materiais, enfatizando a importância de estratégias integradas e da conscientização da população para lidar com esse desafio ambiental.

2.2 Principais impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos

Segundo Leite (2017) os resíduos sólidos têm diversos impactos ambientais negativos, sendo uma das principais fontes de poluição do solo, da água e do ar. A disposição inadequada dos resíduos sólidos em lixões e aterros sanitários pode contaminar o solo com substâncias químicas e microorganismos patogênicos, comprometendo sua qualidade e fertilidade. Além disso, os resíduos sólidos podem causar a compactação do solo, dificultando a infiltração de água e aeração, prejudicando a vegetação e a biodiversidade local.

Maders (2015) aponta que a poluição da água é um impacto ambiental significativo causado pelos resíduos sólidos, pois a água contaminada por substâncias químicas presentes nos resíduos pode comprometer a saúde humana e dos ecossistemas aquáticos. Além disso, os resíduos sólidos podem obstruir rios, córregos e bueiros, aumentando o risco de enchentes e prejudicando a fauna e a flora aquática.

De acordo com Moraes (2017), a queima de resíduos sólidos, seja em lixões a céu aber-

to ou em incineradores, é uma prática comum em muitas regiões e pode gerar diversos poluentes atmosféricos, como óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, material particulado e dioxinas. Esses poluentes podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente, contribuindo para o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio.

Motta (2018) ressalta que os resíduos sólidos têm impactos negativos na biodiversidade, afetando os habitats naturais e as espécies que neles habitam. A poluição do solo e da água pode reduzir a disponibilidade de alimentos e abrigo para diversas espécies, levando à diminuição da biodiversidade local. Além disso, a contaminação por resíduos químicos pode causar danos irreversíveis aos ecossistemas terrestres e aquáticos.

De acordo com Naime (2019), a introdução de resíduos sólidos em ecossistemas naturais pode favorecer a proliferação de espécies invasoras, que competem com as espécies nativas por recursos e podem causar desequilíbrios ecológicos. Além disso, os resíduos sólidos podem servir como vetor de doenças para animais selvagens, contribuindo para o declínio das populações e a perda de diversidade biológica.

A gestão inadequada dos resíduos sólidos pode afetar ecossistemas costeiros, como manguezais e recifes de coral, que são habitats importantes para muitas espécies marinhas. De acordo com Oliveira (2016), a poluição por resíduos sólidos pode comprometer a qualidade da água e do solo nesses ecossistemas, afetando sua biodiversidade e funcionalidade.

Motta (2018) aborda diferentes aspectos dos impactos ambientais causados pela gestão inadequada dos resíduos sólidos, destacando a poluição direta e indireta que afeta a biodiversidade e a saúde humana. Ornelas (2018) ressalta que a expansão de áreas destinadas à disposição de resíduos sólidos pode resultar na perda e fragmentação de habitats naturais, dificultando o deslocamento e a sobrevivência de muitas espécies.

Reveilleuau (2020), por sua vez, destaca os efeitos cascata da poluição na cadeia alimentar e na segurança alimentar das populações, afirmando que a contaminação dos alimentos e da água por resíduos químicos pode comprometer a saúde das populações expostas. Além disso, Reis e Ferreira (2021) chamam a atenção para a poluição sonora associada à gestão dos resíduos sólidos, destacando os impactos no bem-estar das populações locais e na fauna silvestre.

É evidente que a gestão dos resíduos sólidos deve considerar não apenas a minimização dos impactos diretos, como a poluição do solo e da água, mas também os impactos indiretos, como a fragmentação de habitats, os efeitos cascata na cadeia alimentar e a poluição sonora. A integração de medidas de educação ambiental, como destacado por Rulala e Myhall (2018), pode ser fundamental para conscientizar a população sobre a importância da gestão adequada dos resíduos sólidos e promover práticas sustentáveis de consumo e descarte.

Silva e Liporone (2019) destacam os impactos ambientais negativos, incluindo a poluição do solo, da água e do ar, bem como na biodiversidade, ressaltando a importância da gestão adequada dos resíduos sólidos para promover a sustentabilidade ambiental.

Leite (2017) enfoca os impactos na saúde humana, especialmente em comunidades próximas a locais de disposição inadequada de resíduos. Ele destaca que a exposição a substâncias químicas presentes nos resíduos pode causar problemas respiratórios, dermatológicos, gastrointestinais e aumentar o risco de doenças crônicas, como o câncer.

Maders (2015) complementa a discussão, apontando que a contaminação do solo por resíduos sólidos pode comprometer a qualidade dos alimentos produzidos em áreas próximas a esses locais, representando um risco para a segurança alimentar das populações

locais. Além disso, a contaminação da água por resíduos sólidos pode afetar a saúde das pessoas que dependem desses recursos para o consumo e para atividades cotidianas.

Motta (2018) destaca os impactos econômicos negativos em áreas turísticas e de conservação ambiental, ressaltando que a poluição causada pelos resíduos pode afetar a atratividade dessas áreas para o turismo e prejudicar atividades econômicas dependentes do meio ambiente.

Naime (2019) complementa essa visão, apontando que a destinação inadequada dos resíduos sólidos pode gerar custos adicionais para o poder público e para a sociedade, devido à necessidade de tratamento de doenças relacionadas à poluição e à restauração de ecossistemas degradados. Isso pode sobrecarregar os sistemas de saúde e os orçamentos municipais, comprometendo o desenvolvimento sustentável das comunidades afetadas.

Oliveira (2016) ressalta a falta de infraestrutura adequada para o manejo dos resíduos sólidos em muitas regiões do mundo, especialmente em países em desenvolvimento. A ausência de sistemas de coleta, transporte e tratamento de resíduos contribui para a disposição inadequada desses materiais, ampliando os impactos ambientais e sociais associados aos resíduos sólidos.

Ornelas (2018) aborda a questão da qualidade do ar, destacando que a poluição causada pela queima de resíduos sólidos a céu aberto pode liberar substâncias tóxicas e gases poluentes na atmosfera, contribuindo para a deterioração da qualidade do ar e para o aumento dos problemas respiratórios e cardiovasculares nas populações expostas.

Tenório e Espinosa (2014) enfatizam a importância da implementação de políticas públicas eficazes, da mobilização da sociedade civil e do desenvolvimento de tecnologias adequadas para o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos. Eles destacam a promoção da economia circular e o estímulo à redução, reutilização e reciclagem dos resíduos como medidas essenciais para minimizar os impactos ambientais e sociais associados aos resíduos sólidos.

Naime (2019) ressalta a complexidade dos desafios relacionados à gestão dos resíduos sólidos, destacando a necessidade de uma abordagem integrada que considere não apenas os aspectos ambientais, mas também os aspectos econômicos, sociais e de saúde pública. A implementação de políticas e práticas sustentáveis é fundamental para minimizar os impactos negativos dos resíduos sólidos e promover o desenvolvimento sustentável.

2.3 Estratégias sustentáveis para prevenir e minimizar a contaminação gerada pelos resíduos sólidos.

Gollo *et al.* (2016) destacam a redução na fonte como uma estratégia importante para minimizar a contaminação gerada pelos resíduos sólidos. Eles enfatizam a importância da adoção de práticas de consumo consciente e reutilização de produtos, sugerindo campanhas educativas e incentivos fiscais para produtos duráveis e reutilizáveis como forma de promover essa abordagem.

Peixoto *et al.*, (2015) complementam essa ideia ao mencionar a separação dos resíduos na fonte geradora como uma estratégia eficaz para prevenir a contaminação. Eles destacam que a separação dos resíduos recicláveis dos não recicláveis facilita o tratamento e a destinação final adequada, evitando a contaminação cruzada e aumentando a eficiência dos processos de reciclagem.

Por sua vez, Soares, Salgueiro e Gazineu (2017) ressaltam a importância da coleta sele-

tiva como outra estratégia fundamental para prevenir a contaminação gerada pelos resíduos sólidos. Eles afirmam que a coleta seletiva permite a separação dos resíduos recicláveis dos não recicláveis desde a origem, facilitando o processo de reciclagem e reduzindo a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários e lixões.

A reciclagem, como destacado por Oliveira (2016), é uma estratégia fundamental para minimizar a contaminação gerada pelos resíduos sólidos. Ela permite a transformação dos resíduos em novos produtos, reduzindo a necessidade de extração de recursos naturais e evitando a contaminação do meio ambiente.

Borzacconi *et al.* (2016) complementam essa ideia ao mencionar a compostagem como uma estratégia sustentável para prevenir a contaminação gerada pelos resíduos orgânicos. A compostagem permite a decomposição controlada da matéria orgânica, produzindo adubo orgânico de alta qualidade e reduzindo a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários.

Libaneo (2018) ressalta a importância da educação ambiental na promoção de práticas sustentáveis de gestão de resíduos sólidos. Ele destaca que a conscientização da população sobre a importância da separação dos resíduos na fonte geradora, da reciclagem e da compostagem pode contribuir significativamente para a redução da contaminação gerada pelos resíduos sólidos.

Meira, Cazzonato e Soares (2015) enfatizam que a implementação de sistemas de gestão de resíduos sólidos integrados e sustentáveis é essencial para prevenir a contaminação. Esses sistemas devem incluir a coleta seletiva, a reciclagem, a compostagem e a destinação final adequada dos resíduos, garantindo a minimização dos impactos ambientais e a promoção da sustentabilidade.

Este modelo integrado visa não apenas prevenir a contaminação ambiental, mas também minimizar os impactos ambientais mais amplos. A ênfase na integração dessas práticas destaca a importância de um ciclo de gestão de resíduos fechado, onde cada etapa é pensada para contribuir para a sustentabilidade ambiental. A abordagem proposta por Meira, Cazzonato e Soares (2015) promove não só a redução da poluição, mas também uma maior consciência e responsabilidade socioambiental, essenciais para o avanço em direção a práticas mais sustentáveis globalmente.

Oliveira (2016) destaca a importância de estratégias como a reciclagem, a compostagem, a educação ambiental e a implementação de sistemas de gestão integrados e sustentáveis para prevenir a contaminação gerada pelos resíduos sólidos. Essas estratégias são essenciais para promover a gestão adequada dos resíduos e contribuir para a sustentabilidade ambiental.

A reciclagem e a compostagem permitem o reaproveitamento e a transformação de resíduos, reduzindo a quantidade de lixo que acaba em aterros ou incineradores. A educação ambiental desempenha um papel crucial ao aumentar a conscientização sobre a importância de práticas sustentáveis, incentivando comportamentos responsáveis em relação ao consumo e gestão de resíduos. Por fim, os sistemas de gestão integrados garantem que todos esses elementos funcionem de maneira coesa, maximizando a eficiência e minimizando os impactos ambientais adversos. Segundo Oliveira (2016), essa abordagem integrada não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também engaja a sociedade como um todo na responsabilidade compartilhada de gerir os resíduos de maneira consciente e eficaz.

Libaneo (2018) destaca a valorização dos resíduos sólidos como recursos como uma estratégia sustentável para prevenir a contaminação. Ele menciona que a reciclagem e a



reutilização de resíduos podem gerar empregos e renda, além de contribuir para a redução da demanda por matérias-primas virgens e a preservação dos recursos naturais.

Oliveira (2016) complementa essa ideia ao mencionar que a implementação de políticas públicas eficazes é fundamental para promover a prevenção e a minimização da contaminação gerada pelos resíduos sólidos. Ele destaca que essas políticas devem incluir a regulamentação do manejo dos resíduos, a promoção da reciclagem e da compostagem, e a criação de incentivos para a redução da geração de resíduos.

Peixoto *et al.* (2015) ressaltam a importância da conscientização e mobilização da sociedade civil para prevenir a contaminação gerada pelos resíduos sólidos. Eles afirmam que a participação ativa da população em programas de coleta seletiva, reciclagem e compostagem pode contribuir significativamente para a redução da contaminação e para a promoção da sustentabilidade.

Libaneo (2018) menciona que essa participação cidadã transforma os esforços isolados em uma ação coletiva poderosa, capaz de gerar mudanças significativas nos padrões de consumo e gestão de resíduos. A mobilização da sociedade não só amplifica o impacto das iniciativas ambientais, mas também reforça a responsabilidade compartilhada entre indivíduos, empresas e governos no cuidado com o ambiente.

Gollo *et al.*, (2016) destacam a importância da implementação de tecnologias limpas e sustentáveis para o tratamento dos resíduos sólidos como estratégia para prevenir a contaminação. Eles mencionam que tecnologias como a pirólise, a gasificação e a digestão anaeróbica permitem o tratamento dos resíduos de forma mais eficiente e ambientalmente adequada.

Soares, Slagueiro, Gazineu (2017) ressaltam que a fiscalização e o controle rigoroso das atividades relacionadas à gestão de resíduos sólidos são essenciais para prevenir a contaminação. Eles afirmam que a fiscalização deve abranger desde a geração até a destinação final dos resíduos, garantindo o cumprimento das normas ambientais e a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

Borzacconi *et al.* (2016) mencionam a importância da promoção da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos como estratégia para prevenir a contaminação gerada pelos resíduos sólidos. Eles afirmam que fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e o poder público devem assumir responsabilidades na gestão dos resíduos, garantindo a sua destinação final adequada e a minimização dos impactos ambientais.

Libaneo (2018) destaca a importância da pesquisa e do desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a gestão dos resíduos sólidos como estratégia para prevenir a contaminação. Ele menciona que novas tecnologias, como a biotecnologia e a nanotecnologia, podem oferecer soluções inovadoras para o tratamento e a reciclagem dos resíduos, contribuindo para a redução da contaminação e para a promoção da sustentabilidade.

A biotecnologia, por exemplo, utiliza organismos vivos ou seus derivados para desenvolver produtos e processos que podem ajudar na decomposição de resíduos orgânicos ou na remoção de poluentes de forma natural. Isso pode incluir o uso de microorganismos para transformar resíduos em substâncias menos nocivas ou até mesmo em produtos úteis, como biogás ou fertilizantes (Gollo *et al.*, 2016)

Peixoto *et al.* (2015) explicam que a nanotecnologia, trabalha em uma escala molecular e atômica, oferece oportunidades emocionantes para a criação de materiais e processos com propriedades únicas. Na gestão de resíduos, isso pode se traduzir em filtros mais eficazes para a remoção de contaminantes, catalisadores mais eficientes para processos

de decomposição ou até mesmo em novos materiais que podem ser facilmente reciclados.

No entanto, é importante garantir que essas tecnologias sejam desenvolvidas e implementadas de forma responsável, levando em consideração não apenas sua eficácia técnica, mas também seus impactos ambientais, sociais e econômicos. Além disso, é crucial envolver diversos atores, incluindo governos, indústrias, comunidades locais e pesquisadores, para garantir uma abordagem integrada e sustentável para a gestão de resíduos sólidos.

Meira, Cazzonato, Soares (2015) ressaltam a importância da inclusão da gestão dos resíduos sólidos nos planos de desenvolvimento urbano e regional como estratégia para prevenir a contaminação. Eles afirmam que a integração da gestão dos resíduos com outras políticas públicas, como habitação, transporte e meio ambiente, pode contribuir para a redução da geração de resíduos e para a promoção da sustentabilidade.

Portanto, Oliveira (2016) ressalta a importância de diversas estratégias, como a implementação de tecnologias limpas, a fiscalização rigorosa, a promoção da responsabilidade compartilhada, a pesquisa de novas tecnologias e a inclusão da gestão dos resíduos nos planos de desenvolvimento, para prevenir a contaminação gerada pelos resíduos sólidos e promover a sustentabilidade ambiental.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo examinou os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos sólidos e explorou diversas estratégias sustentáveis para mitigar esses efeitos. Os objetivos específicos, centrados na classificação dos resíduos, identificação de seus impactos ambientais, e na apresentação de soluções sustentáveis, foram adequadamente alcançados, permitindo uma compreensão ampla e detalhada da problemática e de suas possíveis soluções.

A classificação detalhada dos resíduos sólidos como domiciliar, industrial, hospitalar, agrícola, entre outros, revelou-se fundamental para a implementação de políticas de gestão eficazes. Esta classificação permite um entendimento aprofundado sobre as fontes e a natureza dos resíduos, facilitando a adoção de estratégias de tratamento e destinação final mais apropriadas e sustentáveis.

O estudo confirmou que o descarte inadequado de resíduos sólidos contribui significativamente para a poluição do solo, da água e do ar, além de afetar negativamente a biodiversidade. Estes impactos não apenas comprometem a saúde ambiental, mas também a saúde pública, evidenciando a urgência de abordagens de gestão mais rigorosas e conscientes.

As estratégias de redução na fonte, reciclagem, compostagem, e educação ambiental demonstraram ser vitais para a prevenção e minimização da contaminação ambiental. A implementação de sistemas integrados de gestão de resíduos sólidos, que englobem estas práticas, é essencial para avançar na direção de uma sociedade mais sustentável e menos impactante para o meio ambiente.

Referências

BARROS, R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2020



- BORZACCONI, O.F et al., **Causa popular, ciência popular: uma metodologia do conhecimento científico através da ação.** Publicação de la Rosca: Bogotá, 2016
- GOLLO, R; ROSSIN, C; PARIS, A; PIZZO, H; BRACONI, M. **Gestão de limpeza urbana. Gestão de limpeza urbana: um investimento para o futuro das cidades.** Pricewaterhouse Coopers. 2016
- JACOBI, P.R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados** 25 (71), 2016.
- JUNIOR, A.B.C. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção dos corpos d'água:** prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: ABES, 494 p., Projeto PROSAB. 2017.
- LEITE, W.C.A. **Estudo da gestão de resíduos sólidos:** uma proposta de modelo tomando a unidade de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI -5) como referencia. 2017 270 p. Tese (Doutorado em hidráulica e saneamento) EESC/USP. São Carlos/SP.
- LIBÂNIO, P. A. C. **Avaliação da eficiência e aplicabilidade de um sistema integrado de tratamento de resíduos sólidos urbanos e de chorume.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. 2018
- MADERS, G. R. **Gestão e gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde em um** Direito hospital de médio porte em Macapá/AP. 2015. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ambiental e Políticas Públicas), Universidade Federal do Amapá, Macapá.
- MEIRA, A.M; CAZZONATO, A.C; SOARES, C.A. **Manual Básico de Compostagem** – série: conhecendo os resíduos. Piracicaba, USP Recicla, 2015
- MILARÉ, E. **Direito do ambiente**, 9ª Ed. rev. Atual. E ampl. São Paulo. Editora: revista dos tribunais, 2017.
- MORAES, L. R. S. Aspectos epidemiológicos relacionados aos resíduos sólidos domiciliares urbanos: um estudo de caso. In: **19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** Anais. Foz do Iguaçu, 2017.
- MOTTA, S. **Saneamento.** In: ROUQUAYROL, M. Z. Epidemiologia e Saúde. 4. ed. Rio de Janeiro: Medsi, 2018
- NAIME, R. **Lixo ou resíduos sólidos.** Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo – RS, Eco Debate, 2019.
- OLIVEIRA, N. A. S. **A percepção dos resíduos sólidos (lixo) de origem domiciliar no Bairro Cajuru, Curitiba-PR:** um olhar reflexivo a partir da educação ambiental. 160f. Tese (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016
- ORNELAS, A. R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos urbanos.** 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2018.
- PEIXOTO, K.; CAMPOS, V.B; D'AGOSTO, M. **Coleta seletiva e a redução dos resíduos sólidos.** 2015. Disponível em [http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(7\)coletaresiduossolidos.pdf](http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(7)coletaresiduossolidos.pdf). Acesso em 20.02.24
- PHILIPPI JR, A. et al., **Curso de Gestão Ambiental.** 2 ed. Atualizada e ampliada. Barueri. Manole, São Paulo, 2018
- QUEIROZ, P.C.D., **O plano do gerenciamento do resíduo sólido urbano como ferramenta de implantação do programa Lixo Zero em Araguari – MG.** Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Uberlândia, 2015. Uberlândia – MG, 356 fl
- REIS, J. P. A. dos; FERREIRA, O. M. **Aspectos sanitários relacionados à apresentação do lixo urbano para coleta pública.** Goiânia 2021
- REVEILLEAU, A. C. Política Nacional de Resíduos Sólidos: aspectos da responsabilidade dos geradores na cadeia do ciclo da vida do produto. **Revista Internacional de Direito e Cidadania**, n. 10, p. 163-174 junho/2020.
- RUTALA, W.A.; MAYHALL, C.G. **Medical waste.** Infection Control and Hospital Epidemiology 2018
- SILVA, C.B. D; LIPORONE, F. Deposição irregular de resíduos sólidos domésticos em
- SOARES, L. G. da C.; SALGUEIRO, A. A.; GAZINEU, M. H. P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco – um estudo de caso. **Revista Ciências & Tecnologia.** Ano 1, n. 1, julho-dezembro 2017
- TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. **Controle Ambiental de Resíduos.** In: PHILIPPI JR., Arlindo, ROMÉRO,

Marcelo de Andrade, BRUNA, Gilda Collet (editores). Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2014. p.155-211.

Uberlândia. Algumas considerações. **Revista Eletrônica de Geografia**. V.2, n.6, p.22-35 abr.2011.

VEIGA, T.B. **Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e implicações para a saúde urbana**. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública), Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2015. São Paulo - SP, 263 fls





11

RESÍDUOS SÓLIDOS E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS SOLID WASTE AND ITS SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS

Thais Teixeira Oliveira

Resumo

Os resíduos sólidos gerados pela atividade humana têm impactos socioambientais significativos. Esses impactos abrangem diversas áreas, incluindo o solo, a água, o ar, a saúde pública, a biodiversidade e a economia. É fundamental adotar medidas eficazes para reduzir a geração de resíduos, promover a reciclagem e a reutilização de materiais, e melhorar a gestão dos resíduos sólidos, visando minimizar os impactos socioambientais e promover um desenvolvimento mais sustentável. Diante desse contexto o objetivo geral consiste conhecer os impactos socioambientais gerados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos. A metodologia utilizada trata-se de uma revisão de literatura, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (Scielo), Google Acadêmico, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental dentre outros, envolvendo a temática discutida. Nos resultados os estudos demonstraram a complexidade da questão dos resíduos sólidos e a importância de uma abordagem integrada para enfrentar esse desafio. A conscientização da sociedade, a adoção de práticas sustentáveis e a implementação de políticas públicas eficazes são essenciais para garantir a gestão adequada dos resíduos sólidos e a preservação do meio ambiente para as futuras gerações. Conclui-se que o estudo destaca a urgência e a importância de ações efetivas para lidar com a questão dos resíduos sólidos e seus impactos socioambientais. Os resultados apresentados nos capítulos evidenciam a complexidade e a gravidade desse problema, que afeta não apenas o meio ambiente, mas também a saúde e o bem-estar da população.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Impactos socioambientais, Sustentabilidade, Gestão de Resíduos, Reciclagem.

Abstract

Solid waste generated by human activity has significant socio-environmental impacts. These impacts cover several areas, including soil, water, air, public health, biodiversity and the economy. It is essential to adopt effective measures to reduce waste generation, promote recycling and reuse of materials, and improve solid waste management, aiming to minimize socio-environmental impacts and promote more sustainable development. Given this context, the general objective is to understand the socio-environmental impacts generated by the inadequate disposal of solid waste. The methodology used is a literature review, using a qualitative and descriptive method. The search was carried out using the following search engines Scientific Electronic Library Online (Scielo), Google Scholar, Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental among others, involving the topic discussed. In the results, the studies demonstrated the complexity of the solid waste issue and the importance of an integrated approach to face this challenge. Raising society's awareness, the adoption of sustainable practices and the implementation of effective public policies are essential to ensure the adequate management of solid waste and the preservation of the environment for future generations. It is concluded that the study highlights the urgency and importance of effective actions to deal with the issue of solid waste and its socio-environmental impacts. The results presented in the chapters highlight the complexity and severity of this problem, which affects not only the environment, but also the health and well-being of the population.

Keywords: Solid waste, Socio-environmental impacts, Sustainability, Waste Management, Recycling.



1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos representam um dos principais desafios contemporâneos, impactando de forma significativa o meio ambiente e a sociedade. Com o aumento da urbanização e do consumo, a geração de resíduos tem crescido exponencialmente, tornando-se um problema complexo que demanda atenção e soluções urgentes. Nesse contexto, a discussão sobre os resíduos sólidos e seus impactos socioambientais se mostra essencial.

A relevância desse tema é evidente, uma vez que os resíduos sólidos afetam diretamente a qualidade de vida das pessoas e o equilíbrio dos ecossistemas. Além disso, a gestão inadequada dos resíduos pode resultar em diversos problemas, como a contaminação do solo, da água e do ar, a proliferação de doenças, a degradação de áreas naturais e a perda de biodiversidade.

Diante desse cenário, faz-se necessária uma análise mais aprofundada dos impactos socioambientais dos resíduos sólidos, bem como a busca por alternativas e políticas públicas que promovam a gestão sustentável desses materiais. Essa pesquisa se justifica pela importância de se compreender a complexidade do problema e identificar estratégias eficazes para minimizar seus efeitos negativos, visando assim a promoção de um desenvolvimento mais sustentável e equitativo.

A preocupação com o meio ambiente tem se tornado cada vez maior e as pesquisas sobre gestão de resíduos vem aumentando a cada dia mais. Uma das maiores causas disso é a necessidade do reaproveitamento e do uso correto dos materiais que são chamados de descartes. Para que haja um gerenciamento correto é fundamental satisfazer as leis vigentes e as políticas públicas do município. Dessa forma, a questão de pesquisa que orienta este estudo é: Quais são os impactos ambientais gerados pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos?

Para tal, o objetivo geral foi conhecer os impactos socioambientais gerados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos. Os objetivos específicos são apresentar as características dos resíduos sólidos; identificar os principais impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos. E por fim citar alternativas sustentáveis para a reutilização e destinação dos resíduos sólidos.

O proposto tratou-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizou-se para tanto o método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2014 até 2023. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa. Os principais autores foram: Ferreira e Anjos (2016), Sissino e Moreira (2016), Santos Filho et al., (2020), Gonçalves- Dias (2019). Os descritores utilizados na pesquisa foram: Resíduos sólidos, Impactos socioambientais, Sustentabilidade, Gestão de Resíduos, Reciclagem.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Sólidos

De acordo com Magera (2015), resíduos sólidos são materiais ou substâncias descartadas pela atividade humana e que se encontram no estado sólido. Podem ser de origem doméstica, comercial, industrial, hospitalar, agrícola, entre outros. Esses resíduos incluem objetos descartados como embalagens, restos de alimentos, materiais de construção, equipamentos eletrônicos, entre outros. A gestão adequada dos resíduos sólidos é fundamental para evitar impactos negativos no meio ambiente e na saúde pública, incluindo a poluição do solo, da água e do ar, bem como a proliferação de doenças.

Carvalho (2017) afirma que tanto em grandes centros urbanos quanto em pequenas cidades, os problemas relacionados ao manejo e à disposição de resíduos têm se tornado cada vez mais significativos, especialmente devido à escassez de locais que atendam aos critérios técnicos e legais exigidos para a implantação e operação de aterros sanitários.

Segundo Dagostim (2016), Machado (2019) observa que desde os primórdios da humanidade, a geração de resíduos e os problemas associados a eles têm sido uma constante nas sociedades humanas. Em alguns momentos, esses problemas tiveram desdobramentos trágicos, como no caso da peste bubônica no século XIV.

Ferreira (2015) e Arguelo (2017) revelam uma diferença fundamental na concepção de resíduos sólidos ou “lixo”. Ferreira (2015) adota a definição convencional de lixo como algo inútil, supérfluo e sem valor, que precisa ser descartado. Essa visão é comumente aceita na sociedade, refletindo a percepção humana do que constitui lixo.

Por outro lado, Arguelo (2017) destaca que, do ponto de vista da natureza, não existe lixo, apenas processos naturais inertes. Essa perspectiva sugere que os resíduos gerados pelas atividades humanas possam ser reintegrados de forma benéfica aos ciclos naturais, através de práticas como reciclagem e reuso.

Essas diferentes abordagens levantam questões importantes sobre a relação com os resíduos e o meio ambiente. Enquanto a visão de Silva (2020) enfatiza a necessidade de descarte e gestão adequada dos resíduos, a perspectiva de Oliveira et al., (2018) sugere uma abordagem mais integrada e sustentável, onde os resíduos são vistos como recursos a serem aproveitados.

Em um contexto de crescente preocupação com a sustentabilidade e o impacto ambiental das ações, na visão de Ferreira (2015) ganha relevância, destacando a importância da conscientização e da adoção de práticas que minimizem o desperdício e promovam a reutilização dos recursos.

Pereira e Melo (2017) ressaltam a complexidade das características dos resíduos sólidos ou lixo, que variam de acordo com diversos fatores socioeconômicos, culturais, geográficos e climáticos. Silva (2020) destaca a influência desses fatores na caracterização dos resíduos sólidos, enfatizando que as diferenças entre comunidades e cidades resultam em características distintas nos resíduos gerados.

Por sua vez, Arguelo (2017) apresenta uma classificação dos resíduos sólidos com base em características físicas, como geração per capita, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade e compressibilidade. Esses aspectos são essenciais para a gestão e o planejamento adequado dos resíduos.

Pereira e Melo (2017) complementam a discussão ao abordar as características químicas dos resíduos sólidos, destacando aspectos como poder calorífico, potencial hidro-

geniônico (pH), composição química e relação carbono/nitrogênio (C:N). Esses elementos são fundamentais para a compreensão da composição dos resíduos e para a escolha das melhores práticas de tratamento e disposição final.

Arguelo (2017) destaca a importância de classificar os resíduos com base em características físicas, como geração per capita, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade e compressibilidade. Esses parâmetros são cruciais para entender a quantidade, a natureza e as propriedades físicas dos resíduos gerados, o que é fundamental para o planejamento e a implementação de estratégias eficazes de gestão de resíduos.

Por outro lado, Pereira e Melo (2017) complementam essa abordagem ao destacar as características químicas dos resíduos sólidos, como poder calorífico, potencial hidrogeniônico (pH), composição química e relação carbono/nitrogênio (C:N). Esses aspectos químicos são importantes para compreender a capacidade de biodegradação dos resíduos, seus potenciais impactos ambientais e as melhores práticas de tratamento e disposição final.

Portanto, ao considerar tanto as características físicas quanto as químicas dos resíduos sólidos, os gestores e planejadores têm uma visão mais completa e detalhada dos desafios e oportunidades relacionados à gestão de resíduos. A integração desses aspectos pode orientar a seleção das tecnologias e práticas mais adequadas para minimizar os impactos ambientais, promover a reciclagem e o reaproveitamento de materiais e garantir uma gestão eficiente e sustentável dos resíduos sólidos.

Segundo Silva (2020), as características dos resíduos sólidos ou lixo variam devido a aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, os quais diferenciam as comunidades e as cidades entre si. Essas diferenças resultam em características distintas nos resíduos gerados.

De acordo com Norma Brasileira NBR 10.004/2015 as características físicas dos resíduos sólidos podem ser classificadas em diversos aspectos, como geração per capita, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade e compressibilidade. Esses elementos são fundamentais para a gestão adequada dos resíduos (ABNT, 2015).

Por outro lado, Pereira e Melo (2017) destacam que as características químicas dos resíduos sólidos incluem o poder calorífico, o potencial hidrogeniônico (pH), a composição química, a relação carbono/nitrogênio (C:N) e outros parâmetros. Esses aspectos são essenciais para compreender a composição dos resíduos e para determinar os melhores métodos de tratamento e disposição final.

Ferreira (2015) ressalta a importância de considerar uma abordagem abrangente e multidisciplinar para compreender e gerenciar os resíduos sólidos, levando em conta suas características físicas e químicas, bem como os contextos sociais, econômicos e ambientais em que são gerados.

De acordo com Oliveira *et al.* (2018), as características biológicas dos resíduos sólidos estão relacionadas à presença de populações microbianas e agentes patogênicos. Essas características são importantes para a realização de processos que visam inibir odores e acelerar a decomposição da matéria orgânica, em conjunto com as características químicas dos resíduos.

Naime, Abreu e Abreu (2019) destacam que os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas formas. Quanto aos potenciais de contaminação do meio ambiente, são divididos em classe I ou perigosos (resíduos inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos etc.), classe II ou não inertes (resíduos combustíveis, biodegradáveis ou solúveis) e classe III ou inertes (sem riscos à saúde e ao meio ambiente).

Quanto à natureza ou origem, os resíduos sólidos podem ser classificados como lixo doméstico ou residencial, lixo comercial, lixo público, lixo domiciliar especial e lixo de fontes especiais, como lixo industrial, lixo radioativo, lixo agrícola e resíduos de serviços de saúde (Ferreira, 2015).

2.2 Principais impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos

Segundo Ferreira e Anjos (2016), o avanço e crescimento socioeconômico, a urbanização e a revolução tecnológica têm ocasionado alterações no modo de vida, nos métodos de produção e consumo da sociedade. Essas mudanças têm resultado em um aumento na quantidade e variedade de resíduos sólidos, especialmente nas grandes cidades. Adicionalmente, os resíduos gerados atualmente passaram a conter elementos artificiais e nocivos aos ecossistemas e à saúde humana, devido às novas tecnologias integradas ao dia a dia.

De acordo com Velloso (2015), o Brasil gera aproximadamente entre 180 e 250 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia. A variação nessa estimativa é atribuída às diferentes metodologias de coleta de dados e às dificuldades inerentes a essa avaliação. Além disso, nota-se um aumento significativo na produção de resíduos, com uma taxa de crescimento estimada em 7% ao ano, o que é consideravelmente maior do que o crescimento anual da população urbana no país, que foi de 1% recentemente.

Conforme Nalini (2018), apesar das variações regionais significativas, a produção de resíduos tem aumentado em todas as regiões e estados do Brasil. A média de geração de resíduos sólidos urbanos é próxima de 1 quilo por habitante por dia no país, um nível que se assemelha ao de alguns países da União Europeia. Nas áreas urbanas mais ricas, o padrão de consumo se equipara ao dos cidadãos dos Estados Unidos, conhecidos por serem os maiores geradores per capita de resíduos sólidos urbanos.

Conforme Santos Filho *et al.* (2020) ressaltam, uma parte considerável dos resíduos gerados no Brasil não é adequadamente tratada, acabando por ser depositada em lixões a céu aberto em mais da metade dos municípios do país. Esta situação destaca a urgência de aprimoramentos na gestão dos resíduos sólidos, não só para prevenir a degradação ambiental, mas também para salvaguardar a saúde da população.

Giusti (2019) acrescenta a essa perspectiva ao enfatizar que a gestão inadequada dos resíduos sólidos pode prejudicar a qualidade do solo, da água e do ar, devido à presença de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados. Esses elementos representam ameaças à saúde humana e ao meio ambiente, destacando a importância de práticas adequadas de manejo de resíduos.

Pereira, Oliveira e Reis (2020) ressaltam os efeitos adversos da decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, que pode resultar na produção de chorume, um líquido contaminante capaz de afetar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas, além da emissão de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos. Estes gases representam perigos adicionais para a saúde e o meio ambiente, evidenciando a complexidade e a seriedade dos problemas relacionados à gestão inadequada dos resíduos sólidos.

Jacobi (2021) destaca que os locais onde os resíduos são armazenados e dispostos podem se transformar em ambientes favoráveis à reprodução de vetores e transmissores de doenças, além de emitir partículas e poluentes atmosféricos, especialmente devido à queima de lixo a céu aberto. Esses impactos não se limitam às áreas de disposição final,

afetando toda a comunidade e ressaltando a importância de medidas efetivas para prevenir tais problemas.

Sissino e Moreira (2016) ampliam esse conceito ao enfatizar que a decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos produz quantidades substanciais de gases de efeito estufa, principalmente metano, o que contribui significativamente para as mudanças climáticas. O potencial de emissão de metano aumenta com a melhoria das condições de controle dos aterros e a profundidade dos lixões, destacando a importância de medidas de redução dessas emissões nesses locais.

Santos Filho *et al.* (2020) também observam que os impactos ambientais resultantes das diferentes formas de disposição de resíduos sólidos apresentam riscos significativos para a saúde humana, especialmente devido à exposição a substâncias tóxicas presentes nesses resíduos. A dispersão de contaminantes no solo e no ar, juntamente com a lixiviação e percolação do chorume, são as principais vias de exposição a essas substâncias, destacando ainda mais a importância de práticas adequadas de gestão de resíduos.

Gouveia e Prado (2022) ressaltam que os impactos na saúde podem persistir mesmo após o fechamento de lixões e aterros sanitários, devido à contínua decomposição de resíduos orgânicos. Estudos apontam que áreas próximas a esses locais têm altos níveis de compostos orgânicos e metais pesados, o que pode levar a concentrações elevadas dessas substâncias no sangue das pessoas que vivem nas proximidades. Isso destaca os riscos à saúde pública associados à gestão inadequada de resíduos sólidos.

Ferreira e Anjos (2016) destacam os perigos para a saúde dos trabalhadores envolvidos diretamente na manipulação de resíduos sólidos, como os que atuam na indústria da reciclagem. Esses profissionais estão expostos a metais, substâncias químicas e agentes infecciosos, como o vírus da hepatite B, e correm o risco de desenvolver doenças respiratórias, osteomusculares e lesões devido a acidentes. Esses riscos são exacerbados pela ausência de medidas básicas de prevenção e segurança no trabalho.

É importante destacar que esses riscos à saúde são ainda mais agravados pela falta de medidas básicas de prevenção e segurança no local de trabalho. A ausência de equipamentos de proteção adequados, treinamento insuficiente e condições inadequadas de trabalho contribuem para aumentar a vulnerabilidade desses trabalhadores a problemas de saúde relacionados ao trabalho.

Essa citação ressalta a importância crítica de implementar medidas eficazes de saúde e segurança ocupacional para proteger os trabalhadores que lidam com resíduos sólidos. Isso inclui fornecer equipamentos de proteção adequados, treinamento adequado em práticas seguras de trabalho e criar ambientes de trabalho seguros que minimizem os riscos à saúde ocupacional.

Diante desse cenário, é importante que as políticas públicas e estratégias de gestão de resíduos foquem na redução da quantidade de resíduos gerados, na reutilização de materiais e na disposição final apropriada, visando mitigar os impactos negativos na saúde e no ambiente. A conscientização da população sobre a importância de separar os resíduos corretamente e adotar práticas sustentáveis também é fundamental para promover uma gestão mais eficaz dos resíduos sólidos.

2.3 Alternativas sustentáveis para a reutilização e destinação dos resíduos sólidos

Ribeiro e Besen (2017) enfatizam a implantação de planos de coleta seletiva em áreas selecionadas da cidade como uma alternativa importante para o reaproveitamento de materiais presentes nos resíduos sólidos domésticos ou municipais, como vidro, plástico, metal e papel. Essa prática contribui para a redução da quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários e para a promoção da economia circular.

Por sua vez, Sato e Santos (2016) destacam que as diretrizes da Agenda 21 do Brasil apontam estratégias para a gestão adequada de resíduos sólidos, como a minimização da geração de resíduos, a maximização de práticas de reutilização e reciclagem ambientalmente corretas, e a promoção da proteção ambiental. Eles também mencionam a importância de um sistema inclusivo de tratamento e disposição de resíduos, juntamente com a cobertura dos serviços de coleta e destinação final, para garantir uma gestão eficiente e sustentável dos resíduos sólidos.

Ribeiro e Besen (2017) destacam a importância da coleta seletiva e da adoção de práticas sustentáveis para a gestão adequada dos resíduos sólidos. A implementação dessas alternativas pode contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais e para a promoção de uma economia mais circular e sustentável.

Segundo o Instituto Akatu (2016), a coleta seletiva permite o reaproveitamento eficiente de materiais como papel, vidro, metal, plástico e materiais orgânicos, reduzindo a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários e prolongando sua vida útil. Além disso, a coleta seletiva contribui para a redução de custos da prefeitura, que evita a necessidade de construir novos aterros. A prática também promove um trabalho mais digno, uma vez que os materiais recicláveis são encaminhados para centros de triagem, beneficiando a sociedade como um todo.

a coleta seletiva é uma prática fundamental para a gestão sustentável dos resíduos sólidos. Ela permite a separação e o reaproveitamento eficiente de diferentes materiais, como papel, vidro, metal, plástico e materiais orgânicos, reduzindo a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários. Além dos benefícios ambientais óbvios, como a redução da poluição e a conservação de recursos naturais, a coleta seletiva também traz benefícios econômicos e sociais significativos.

Loga (2018) complementa essa ideia ao destacar a coleta seletiva como um processo de educação ambiental, sensibilizando a comunidade sobre a superprodução de resíduos e lixo. A separação dos resíduos em casa e sua posterior coleta pelo município são etapas importantes desse processo. O autor ressalta que o envolvimento e as ações do poder público são essenciais, pois cabe a ele a responsabilidade pela coleta dos materiais, que podem ser encaminhados para centros de reciclagem ou cooperativas de coleta de lixo.

De acordo com Dmajorovich (2015), os resíduos orgânicos são compostos por restos de alimentos e materiais de limpeza, podendo ser decompostos em composto orgânico após a coleta. Já os resíduos inorgânicos são compostos por materiais recicláveis, como papel, plástico, vidro, metal, pilhas e baterias, cuja decomposição na natureza é muito lenta. O autor destaca que o plano de coleta seletiva é composto por três etapas: planejamento, implantação e manutenção, evidenciando a importância de um processo bem estruturado para o sucesso da coleta seletiva.

Por outro lado, Hayden (2017) ressalta que o material que retorna ao ciclo de produção pode ser denominado reciclagem, conforme o consenso do setor de logística reversa. Ele enfatiza que o processamento de produtos, embalagens ou materiais de volta aos seus



centros de produção trará retorno para a empresa, destacando os benefícios econômicos e ambientais da reciclagem.

Loga (2018) converge ao destacar a importância da coleta seletiva e da reciclagem de resíduos sólidos para a gestão sustentável dos recursos naturais e para a redução dos impactos ambientais. A definição clara dos tipos de resíduos e a implementação de planos de coleta seletiva adequados são fundamentais para promover a reciclagem e o retorno dos materiais ao ciclo produtivo, contribuindo para a economia circular e para a preservação do meio ambiente.

Singer (2022) destaca que a reciclagem desempenha um papel fundamental na economia de matéria-prima e na redução do impacto ambiental, ao converter diversos materiais em novos produtos. Ele ressalta a importância da separação na fonte para garantir a eficiência desse processo, evitando a contaminação dos materiais e aumentando sua viabilidade para reutilização.

Lacerda (2016), por sua vez, ressalta que a gestão sustentável de resíduos sólidos se baseia nos princípios dos 3Rs (Redução, Reutilização e Reciclagem), conforme proposto na Agenda 21. Essa abordagem visa reduzir o uso de matérias-primas e energia, promover o reaproveitamento direto de produtos e fomentar a reciclagem de materiais, contribuindo para uma gestão mais integrada e eficiente dos resíduos.

De acordo com Ministério do Meio Ambiente (2015), a política dos 3Rs foi oficialmente implementada após a ECO 92 também conhecida como Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, foi realizada no Rio de Janeiro em 1992. Foi um evento histórico que reuniu líderes mundiais, organizações não governamentais e representantes da sociedade civil para discutir questões ambientais e de desenvolvimento sustentável.

Loga (2018) ressalta que a estrutura hierárquica dos 3R segue o princípio de que evitar a geração de resíduos é mais benéfico do que reciclar materiais processados, uma vez que a reciclagem, embora menos poluente e mais eficiente no uso de recursos naturais, não questiona o atual modo de produção que pode levar a uma produção de resíduos ilimitada.

Loga (2018) destaca a estrutura hierárquica dos 3R (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) e enfatiza que ela segue o princípio de que evitar a geração de resíduos é mais vantajoso do que simplesmente reciclar materiais. Isso porque, embora a reciclagem seja menos poluente e mais eficiente no uso de recursos naturais do que a produção de novos materiais, ela não aborda diretamente o problema subjacente do atual modo de produção, que pode resultar em uma geração contínua de resíduos.

Essa perspectiva sugere que, embora a reciclagem seja uma parte importante da gestão de resíduos, ela não resolve completamente o problema e pode até mesmo perpetuar um ciclo de produção e consumo insustentável se não for acompanhada por esforços para reduzir a quantidade de resíduos gerados desde o início. Assim, a ênfase é colocada na importância de reduzir o consumo, reutilizar produtos sempre que possível e, em seguida, reciclar como último recurso. Essa abordagem visa não apenas lidar com os resíduos existentes, mas também prevenir a sua geração futura, promovendo uma mudança fundamental nos padrões de produção e consumo.

Por sua vez, o Ministério do Meio Ambiente (2015) destaca que os 3R oferecem uma abordagem para solucionar os problemas relacionados aos resíduos, enfatizando a importância de práticas como a prevenção da geração de resíduos, a reutilização de materiais e a reciclagem. Além disso, ressalta a necessidade de adotar padrões de consumo sustentáveis.

veis para conservar os recursos naturais e controlar os resíduos.

Ferreira (2018) destaca o papel das ações educativas na mobilização da comunidade para a implantação da coleta seletiva e separação dos materiais recicláveis. No entanto, ressalta que a reciclagem sozinha não é suficiente e que é necessário promover uma mudança de hábitos e atitudes para minimizar a quantidade de resíduos gerados. Isso sugere que a adoção de medidas abrangentes, como a redução do consumo e a reutilização de produtos, é fundamental para uma gestão sustentável dos resíduos.

Na visão de Cortez e Ortigoza (2019) sobre a educação ambiental, enfatizando sua natureza contínua e seu propósito de promover uma filosofia de vida mais ética e harmoniosa em relação à natureza e às pessoas. Eles enfatizam a importância do conhecimento para capacitar indivíduos a se tornarem críticos e engajados na questão ambiental. Além disso, destacam o papel crucial do engajamento e da conscientização tanto de indivíduos quanto de grupos para o sucesso de projetos relacionados a resíduos sólidos. Essa abordagem sugere que a educação ambiental não se limita apenas à transmissão de informações, mas também busca gerar uma mudança de mentalidade e comportamento em relação ao meio ambiente.

Ferreira (2018) destaca a importância das ações educativas na mobilização da comunidade para adotar práticas de coleta seletiva e separação de materiais recicláveis. No entanto, ela ressalta que a reciclagem por si só não é suficiente para lidar efetivamente com o problema dos resíduos. Em vez disso, é necessário promover uma mudança mais ampla nos hábitos e atitudes das pessoas para minimizar a quantidade de resíduos gerados desde o início. Isso implica adotar medidas como a redução do consumo, a reutilização de produtos e materiais, além da reciclagem. Essa abordagem abrangente reconhece a interconexão entre diferentes aspectos do consumo e do descarte de produtos e destaca a importância de abordar esses problemas de forma holística para alcançar uma gestão sustentável dos resíduos.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo abordou os impactos socioambientais significativos dos resíduos sólidos, destacando a complexidade e a urgência de abordagens eficazes para a gestão desses materiais. Os resultados da revisão bibliográfica reforçaram a necessidade de uma gestão integrada de resíduos que não apenas minimiza os impactos negativos ao meio ambiente, mas também promove práticas sustentáveis que contribuem para a preservação dos recursos naturais.

Através da análise realizada, ficou evidente que a gestão inadequada dos resíduos sólidos acarreta graves riscos à saúde pública e à biodiversidade, além de contribuir para a degradação da qualidade do ar, água e solo. O estudo também ressaltou a importância da conscientização social e da adoção de políticas públicas eficazes que incentivem práticas como a reciclagem e a reutilização de materiais.

Diante dos desafios apresentados, é crucial que as estratégias de mitigação envolvam não apenas o aprimoramento das técnicas de gestão de resíduos, mas também a promoção de uma mudança cultural que valorize práticas de consumo sustentável e responsabilidade ambiental. A implementação de programas de educação ambiental que engajem a comunidade e incentivem a participação ativa na gestão de resíduos é fundamental para transformar a maneira como os resíduos são percebidos e tratados em nossa sociedade.

Diante do exposto, fica evidente a importância de um estudo aprofundado dos re-



síduos sólidos para o desenvolvimento de práticas e políticas mais sustentáveis. A conscientização da sociedade, aliada à implementação de tecnologias e processos inovadores, é fundamental para mitigar os impactos negativos dos resíduos sólidos e promover um ambiente mais saudável e equilibrado para as gerações presentes e futuras.

Por fim, o presente trabalho contribui para a literatura ao fornecer uma compreensão mais aprofundada dos impactos socioambientais dos resíduos sólidos e destaca a necessidade urgente de ações integradas e responsáveis. Recomenda-se que futuras pesquisas explorem ainda mais os aspectos práticos da implementação de políticas eficazes de gestão de resíduos e seu impacto real na sustentabilidade ambiental e na qualidade de vida das pessoas.

Referências

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS BRASILEIRAS. **NBR 10004: resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro, 2015.
- ARGÜELLO, Carol Castillo (Tradução) Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente. **Guia para o manejo interno de resíduos sólidos em estabelecimentos de saúde** – Brasília, DF: Organização Pan-Americana da Saúde, 2017. 60 p.
- CARVALHO, H.K.T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Eng. Sanitária e Ambiental**. v.17 n.2, abr/jun 2017, p 171-180.
- CORTEZ, ATC., ORTIGOZA, SAG., **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2019.
- DAGOSTIM, A.B. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro. 294p, 2016.
- DEMAJOROVIC, J. Da Política Tradicional de Tratamento do Lixo à Política de Gestão de Resíduos Sólidos. As novas prioridades. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 35, n.3, p. 88-93, 2015
- FERREIRA J.A; ANJOS L.A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cad Saúde Pública** 2016; 17(3):689- 696
- FERREIRA, Aurélio B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Editora Nova Fronteira. 1ª Edição – 15ª Impressão. 2015. Rio de Janeiro – RJ.
- FERREIRA, Roberta Celestino. **Educação Ambiental e Coleta Seletiva de Lixo**, Trabalho de Conclusão de Curso, 2018, Disponível em <http://cenedcursos.com.br/educacao-ambiental-e-coleta-seletiva-do-lixo.html> Acesso em 21.02.24
- FILHO S; CHEVRIER C; ROBERT-GNANSIA E; LORENTE C; BRULA P; HOURS M. Risk of congenital anomalies in the vicinity of municipal solid waste incinerators. **Occup Environ Med**. 2020; 61(1):8-15.
- GIUSTI, L. A review of waste management practices and their impact on human health. **Waste Manag** 2019; 29(8): 2227-2239.
- GOUVEIA, N; PRADO, RR. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. **Rev Saude Publica** 2010; 44(5):859-866.
- INSTITUTO AKATU. **Coleta seletiva**. Disponível em: <http://www.akatu.org.br/> Acesso 21.02.24
- JACOBI, P. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**.2021; 25(71):135-158.
- LACERDA, L. **Armazenagem estratégica: analisando novos conceitos**. 2016 Disponível em: <<http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.html>. Acesso em 21.02.24
- LOGA. **Logística Ambiental de São Paulo. Princípio dos 3R's**.2018 Disponível em <http://www.loga.com.br/conteudo.CP=LOGA&PG.107>. Acesso em 21.02.24
- MACHADO, J.A.C. **Comportamento geomecânico de resíduos sólidos urbanos**. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – universidade federal o rio de janeiro, 2019. Rio de Janeiro-RJ, 174 fls.

MAGERA, H.M.G. **Modelo para avaliação e apoio ao gerenciamento de resíduos indústrias**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. Belo Horizonte - MG, 280 fls.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário**. 2015. Disponível em: www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuossolidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterrosa. Acesso: 21.02.24

NAIME, Roberto, ABREU, E. F., ABREU, J. N. **Avaliação das condições de trabalho dos catadores da central de triagem de lixo do aterro sanitário de Cuiabá, MT**. Estudos Tecnológicos - Vol. 4, n° 3: 251-270 (set/dez. 2008) doi: 10.4013/ete.20083.09. Acesso em: 10 fev. 2019.

NALINI, JE. **O mercado de reciclagem de lixo no Brasil: entraves ao desenvolvimento** [dissertação]. São Paulo; Pontifícia Universidade Católica; 2018.

OLIVEIRA, N. M. S.; CAVALCANTI, M. S. L.; MENESES, R. L.; PORTO, V. S., SOUZA, J.; MORAIS, C. R. S. **Avaliação do perfil socioeconômico dos catadores de resíduos sólidos do lixão do Município de Campina Grande – PB**. 1º Simpósio Nordestino sobre Resíduos Sólidos – Gestão e Tecnologia de Reciclagem. Centro de Convenções Raimundo Asfora – Campina Grande – PB. Março de 2018.

PEREIRA, A.S; OLIVEIRA, L.B, REIS, M.M. **Emissões de CO2 Evitadas e Outros Benefícios Econômicos e Ambientais Trazidos pela Conservação de Energia Decorrente da Reciclagem de Resíduos Sólidos no Brasil**. In: Anais do III Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica; 2020; Recife

PEREIRA, S. S.; MELO, J. A. B. **Análise do impacto socioambiental causado pela má gestão dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Campina Grande/PB**. 1º Simpósio Nordestino sobre Resíduos Sólidos – Gestão e Tecnologia de Reciclagem. Centro de Convenções Raimundo Asfora – Campina Grande – PB. Março de 2017.

RIBEIRO, M. A.; BESEN, O. D. C. Aterros sanitários para geração de energia elétrica a partir da produção de biogás no Brasil: comparação dos modelos LandGEM (EPA) e Biogás (Cetesb). **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 1, p. 175-188, jan./abr. 2017.

SANTOS FILHO E, SOUZA E, SILVA R, BARRETO HHC, INOMATA ONK, LEMES VRR, KUSSUMI TA, ROCHA SOB. Grau de exposição a praguicidas organoclorados em moradores de aterro a céu aberto. **Rev Saude Publica** 2020; 37(4):515-522.

SATO, M; SANTOS, B. **Estudo de Caso: Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) do Porto do Recife S/A**. In: X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2010 – UFRPE: Recife. Anais...Recife: UFPE, 2016.

SILVA, D. B. **A história do caminho tomado pelos resíduos sólidos urbanos em Uberlândia (MG - BRASIL): coleta seletiva, aterro sanitário e os catadores de materiais recicláveis**. Cadernos de História, vol. IV, n.º 2, ano 2, pp. 167-179.2020

SINGER, P. **A recente ressurreição da Economia Solidária no Brasil**. In Santos, B.S. (ORG.) Produzir para viver. Os caminhos da produção não capitalista. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. p 81-126, 2022.

SISSINO CLS, MOREIRA JC. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Cad Saude Publica** 2016; 12(4):515-523.

VELLOSO, MP. **Processo de Trabalho da Coleta de Lixo Domiciliar na Cidade do Rio de Janeiro: Percepção e Vivência dos Trabalhadores** [dissertação]. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2015.



12

A POLUIÇÃO DA ÁGUA DO MAR POR PETRÓLEO: ANÁLISE DO
IMPACTO AMBIENTAL

SEA WATER POLLUTION BY OIL: ENVIRONMENTAL IMPACT
ANALYSIS

Ayda Kátia Ferreira Silva

Resumo

O petróleo é conhecido como uma mistura complexa e altamente variável, entretanto é o principal fator econômico e gerador de energia em muitos países inclusive no Brasil. As atividades relacionadas à indústria petrolífera trazem consigo um risco potencial de danos ambientais no que diz respeito a existência de poluição hídrica por óleo. Partindo deste pressuposto, este estudo se inicia com uma breve apresentação do petróleo e seus impactos ambientais causados em águas oceânicas devido a vazamentos de navios petroleiros. O presente trabalho tem como objetivo realizar um levantamento sobre os impactos ambientais causados pelo derramamento de petróleo no mar, apresentando a questão no contexto brasileiro e mostrar a Política Nacional do Meio Ambiente destacando o enfrentamento à poluição do mar, analisando acidentes dentro do contexto com relação aos tipos, causas e impactos mitigando de forma contínua. O artigo tratou de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias publicadas e através de uma metodologia analista e qualitativa, sendo uma busca realizada por diferentes documentos como: livros, artigos, teses e monografias que foram publicados nos últimos dez anos. Conclui-se que a partir das diversas perspectivas apresentadas por pesquisadores e autores fica evidente que a gestão dessa crise requer uma abordagem multidisciplinar e colaborativa não apenas pela legislação e tecnologias, mas também pela conscientização pública com práticas sustentáveis para a proteção dos oceanos e a preservação da biodiversidade marinha para garantir a saúde do planeta e o bem-estar das gerações presentes e futuras.

Palavras-chave: Águas oceânicas. Impacto ambiental. Petróleo.

Abstract

Oil is known as a complex and highly variable mixture, however it is the main economic factor and energy generator in many countries, including Brazil. Activities related to the oil industry carry with them a potential risk of environmental damage in terms of the existence of water pollution by oil. Based on this assumption, this study begins with a brief presentation of oil and its environmental impacts caused in oceanic waters due to leaks from oil tankers. The present work aims to carry out a survey on the environmental impacts caused by oil spills at sea, presenting the issue in the Brazilian context and showing the National Environmental Policy highlighting the fight against sea pollution, analyzing accidents within the context in relation to the types, causes and impacts mitigating on an ongoing basis. The article dealt with a bibliographical review that was extracted from published materials and through an analytical and qualitative methodology, with a search carried out for different documents such as: books, articles, theses and monographs that were published in the last ten years. It is concluded that from the different perspectives presented by researchers and authors it is evident that the management of this crisis requires a multidisciplinary and collaborative approach not only through legislation and technologies, but also through public awareness with sustainable practices for the protection of oceans and preservation of marine biodiversity to ensure the health of the planet and the well-being of present and future generations.

Keywords: Oceanic waters. Environmental impact. Petroleum.



1. INTRODUÇÃO

Os oceanos são de grande importância para a existência da vida na terra, porém observa-se o descaso com este ambiente que com o passar do tempo só aumenta devido às degradações das atividades humanas. Muitas catástrofes têm acontecido nos mares em virtudes do derramamento de petróleo.

De acordo com a Constituição Federal (Brasil, 1988), é direito de todos estar em um ambiente saudável e ecologicamente equilibrado, cuja finalidade visa preservar a vida dos presentes e futuras gerações. Ao poluir o meio ambiente o homem contribui para a sua própria degradação que atinge também outras espécies contribuindo para o desequilíbrio ecológico.

Oriundo de um fóssil, o petróleo, é utilizado em diversas aplicações na indústria, como a produção de produtos plásticos, vestuários como calçado e cosméticos. Oposto a isso se lançado no mar, causa grande contaminação aos seres ali existentes e também a água do mar. É um produto composto de várias substâncias tóxicas difíceis de serem degradadas ocasionando consequências nocivas especialmente por desastres ambientais.

A relevância deste trabalho dá-se pela importância de conhecer mais sobre as consequências ambientais causadas por um impacto grave devido a poluição das águas do mar por petróleo que acarreta a contaminação da água e dos animais marinhos. Portanto, é necessário conhecer mais sobre essa contaminação e ajudar a divulgar os danos causados ao meio ambiente. Diante da relevância do estudo, a pergunta-problema é: Quais os impactos ambientais causados pelo derramamento de petróleo nas águas marítimas?

O presente trabalho visa contribuir com a comunidade acadêmica e a sociedade de forma a esclarecer os impactos ambientais causados pela poluição das águas do mar em virtude do derramamento de petróleo. Pretende-se, portanto, apresentar as possíveis consequências desse impacto ambiental, com o objetivo geral de discutir os impactos ambientais provocados pelo derramamento de petróleo no mar, e os objetivos específicos, apresentar a questão ambiental no contexto brasileiro, mostrar a Política Nacional do Meio Ambiente destacando o enfrentamento à poluição do mar e levantar os impactos ambientais causados pelo derramamento de petróleo nas águas do mar, assim contribuir com informações acerca do assunto para conscientização geral e dessa forma minimizar esse problema.

Para compreender eficazmente a poluição marinha causada pelo petróleo e seus impactos ambientais, realizou-se uma análise das teorias e conceitos presentes na literatura científica, que envolve a percepção ambiental e os direitos garantidos pela Constituição Federal. Além disso, foi revisado o papel dos recursos humanos na formulação e implementação de estratégias de sustentabilidade e combate à poluição por petróleo, resultante de vazamentos acidentais, operações em plataformas ou descargas clandestinas no oceano.

O artigo tratou-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizou-se para tanto o método descritivo com uma abordagem qualitativa. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Biblioteca Virtual da Faculdade Anhanguera, Google Acadêmico e Scribd. Foram consultados ainda diferentes documentos como: livros, teses, artigos e monografia. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos cinco anos, na língua portuguesa. Para pesquisa foram utilizados os seguintes descritores: derramamento de petróleo no mar,

Impactos ambientais, e providências para evitar essas ocorrências.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A poluição marinha por petróleo é um problema ambiental grave, pois resulta do vazamento ou liberação de petróleo bruto e seus derivados no oceano. Estudos sobre as causas desse tipo de poluição, reside na compreensão das consequências ambientais decorrentes desse problema, que incluem a contaminação da água e dos animais marinhos (Gomes, 2014). Assim, é crucial aprofundar o conhecimento sobre essa forma de contaminação e contribuir para a divulgação dos danos que ela causa ao ecossistema marinho.

Assim, conforme Holder e Câmara (2011), a questão da poluição é, no mínimo, injusta, pois um ambiente saudável e ecologicamente equilibrado é um direito garantido a todos pela Constituição Federal (Brasil, 1988), visando à preservação da qualidade de vida das atuais e futuras gerações. É fundamental lembrar que a fragilidade da natureza é uma realidade que demanda ações imediatas e persistentes.

Sobre a sustentabilidade ambiental dos recursos hídricos no Brasil, Goménez e Ahmed (2015) destacam que a Constituição Brasileira, em seus primeiros artigos, estabelece que o país deve seguir os princípios do desenvolvimento econômico e da livre iniciativa, buscando garantir, como um dos seus fundamentos, o desenvolvimento nacional, mas, assegura que a ordem econômica do país deve promover uma existência digna de acordo com os princípios da justiça social. O contexto se ressalta a importância da Legislação e Gestão Ambiental como base legal, assim como a relevância dos protocolos de resposta a derramamentos de petróleo para a prevenção e gestão desse tipo de poluição.

Também, Barrientos-Parra e Silva (2017), oferecem em seu estudo uma análise perspicaz sobre como a tecnologia tem remodelado a relação com o meio ambiente e suas ramificações legais, com foco nos acidentes relacionados ao transporte de petróleo.

Ao discutir a ambivalência da técnica, Barrientos-Parra e Silva (2017) exploram os efeitos dessa transformação na vida humana e no Direito, especialmente no contexto do Direito do Mar (Menezes, 2015) ligado à exploração de petróleo. Destacam-se também as análises dos casos envolvendo acidentes com navios petroleiros e suas consequências legais, ressaltando a importância desses eventos de grande escala na evolução do regime jurídico internacional. O artigo enfatiza o papel crucial do Direito na criação de mecanismos para lidar com as repercussões desses incidentes e prevenir futuros acidentes, apesar dos desafios envolvidos na gestão dos riscos e nos impactos da tecnologia (Menezes, 2015).

Em suma, Menezes (2015) oferece uma reflexão fundamental sobre a interseção entre avanços tecnológicos, poluição marinha por petróleo e o quadro legal internacional, destacando a necessidade de uma abordagem proativa e eficaz para lidar com esses desafios ambientais e jurídicos.

Barradas (2019), enfatiza a importância de políticas e práticas sustentáveis para mitigar os danos e proteger os oceanos, que desempenham um papel crucial na saúde do planeta Terra. O autor ressalta a importância dos oceanos para a vida na Terra e alerta para os impactos das atividades humanas nesse ambiente. Destaca, ainda, que o descaso em relação aos oceanos está em crescimento, e que os impactos não se limitam apenas às áreas costeiras, mas também são provenientes de diversas fontes, como chuvas, rios e ventos. O estudo aborda os efeitos dessas atividades na biodiversidade marinha, destacando que substâncias como o petróleo podem prejudicar organismos em todos os níveis tróficos, desde microrganismos até mamíferos marinhos. Além disso, o óleo pode interferir



em processos fisiológicos, reprodução e cadeias alimentares, permanecendo no ambiente marinho por períodos prolongados e causando danos persistentes.

Silva *et al.* (2011) discutem que o petróleo é um combustível fóssil composto por hidrocarbonetos poliaromáticos, considerados poluentes bioacumulativos que afetam cadeias alimentares. Desastres de derramamento de óleo causam danos ambientais. Os autores debatem os impactos ambientais dos derramamentos de petróleo, enfatizando a necessidade de estudos para avaliar os impactos de longo prazo desses derramamentos e desenvolver estratégias eficazes de biodegradação do material contaminante. Apontam a gravidade dos danos ambientais e para a saúde humana, ressaltando a falta de dados sobre prazos de recuperação e segurança da população. Também mencionam as limitações na tomada de decisão por parte das empresas e governos em relação à remediação e proteção da população vulnerável.

Em 2019, foram registradas aproximadamente 1.000 toneladas de petróleo perdido para o meio ambiente, sendo equivalente aos valores registrados em 2012 e o menor valor anual registrado nas últimas cinco décadas (ITOPF, 2020).

Como observado na figura 1 apresenta uma tendência de declínio de vazamentos de petróleo por petroleiras nos últimos 50 anos.

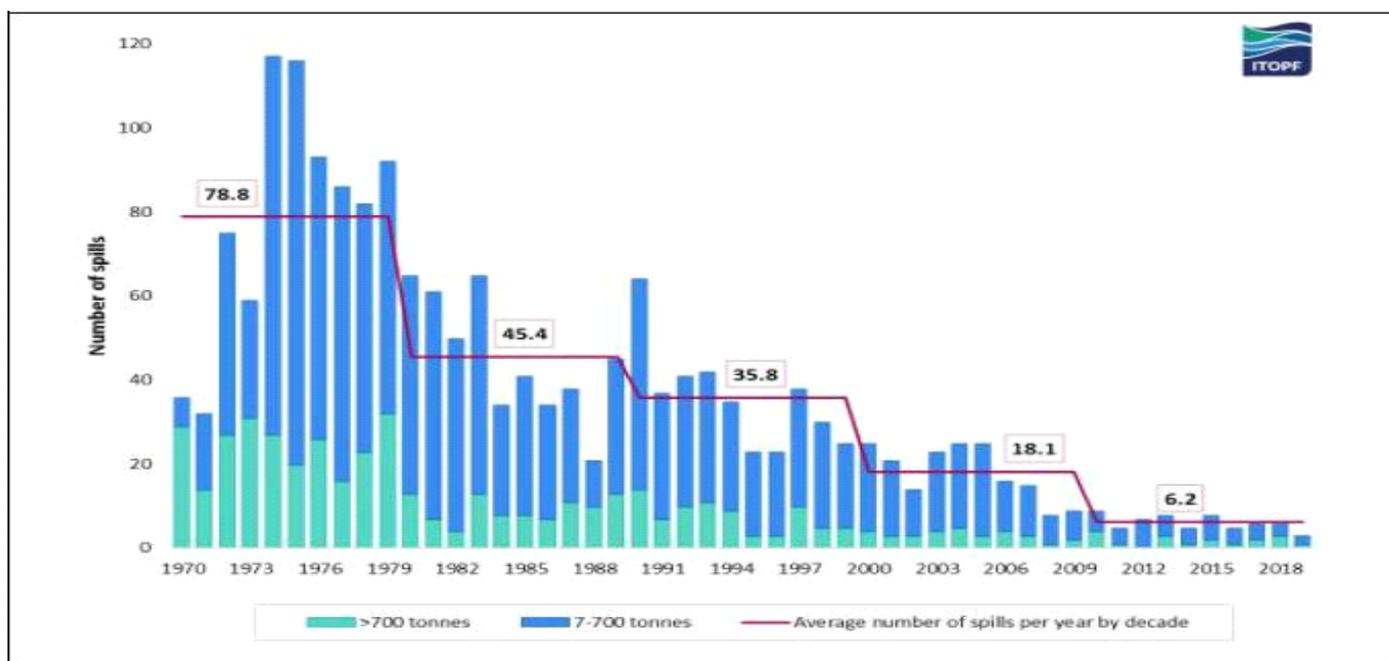


Figura 1. Tendência global de eventos de derramamento de petróleo em condições offshore entre 1970 a 2018.

Fonte: ITOPF (2020)

Como está evidência na figura 2 observa-se o declínio mundial de vazamentos nos últimos 50 anos. Essa tendência de declínio pode ser atribuída a várias melhorias ao longo dos anos, incluindo avanços na tecnologia de exploração e extração de petróleo, regulamentações ambientais mais rigorosas e melhores práticas na gestão e resposta a derramamentos.

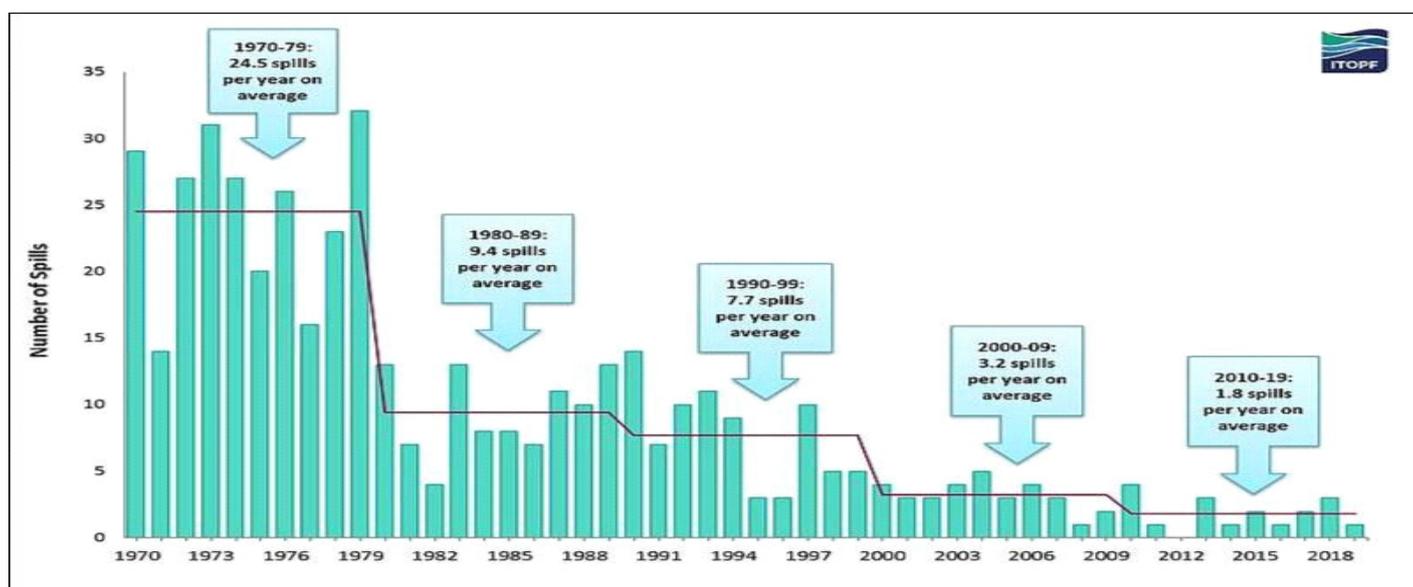


Figura 2. Avaliação dos maiores eventos envolvendo derramamentos de petróleo, acima de 700 toneladas, no mar entre os anos de 1970 e 2018.

Fonte: ITOPF (2020)

Uma análise realizada por Marcelo Gauto (EPBR, 2020) conclui que a pressão social pela substituição dos combustíveis fósseis, em prol dos renováveis, vem sendo um fator pressão no consumo de petróleo, observando uma correlação direta com a diminuição de derramamento de petróleo em recursos marinhos. Medidas governamentais de taxaço de carbono, *verbi gratia*, fiscalizações ambientais, criam dificuldades adicionais aos produtores de óleo e gás. Mesmo diante dessas medidas governamentais, torna-se evidente que a gestão de crises relacionadas a desastres requer um aprimoramento nas estratégias de tomada de decisão, tanto por parte das empresas quanto dos setores governamentais. A proteção da população vulnerável e a remediação eficaz diante do intemperismo do petróleo são desafios cruciais que demandam atenção imediata (Pinto, 2023).

No Brasil, diversas medidas são adotadas para combater a poluição dos oceanos, incluindo a implementação de legislações específicas, como a Lei de Crimes Ambientais, que prevê sanções (Tabela 1) para atividades que causem danos aos recursos naturais marinhos (Brasil, 1998).

Tabela de valoração do artigo 66 do Decreto 6.514/08.

Nível de Gravidade	Situação econômica do infrator conforme art. 13 da portaria				
	Micro Infrator	Pequeno Infrator	Médio Infrator	Grande Infrator I	Grande Infrator II
Leve I	500,00	1.500,00	2.400,00	3.600,00	5.000,00
Leve II	1.000,00	4.000,00	8.000,00	15.000,00	30.000,00
Médio I	2.000,00	14.000,00	46.000,00	90.000,00	180.000,00
Médio II	2.500,00	25.000,00	75.000,00	150.000,00	300.000,00
Grave I	3.000,00	30.000,00	90.000,00	180.000,00	500.000,00
Grave II	3.500,00	35.000,00	200.000,00	500.000,00	1.000.000,00
Gravissimo	4.000,00	40.000,00	500.000,00	2.000.000,00	10.000.000,00

Tabela 1. Anexo da Portaria Conjunta IMA/CPMA nº143/2019.

Fonte: Instituto de Meio Ambiente-IMA/SC (2019)

Tais sanções visam coibir ações de poluições das águas aplicando multas de acordo com o nível gravidade e porte da empresa, conforme tabela 1 (IMA, 2019).

Os impactos da poluição marinha por petróleo não se limitam apenas aos ecossistemas marinhos, mas também afetam diretamente a saúde humana e a economia, principalmente nas regiões costeiras que dependem dos recursos marinhos para subsistência e turismo (Lima, 2023).

É fundamental reconhecer que a proteção dos oceanos e a prevenção da poluição por petróleo exigem uma abordagem multidisciplinar e colaborativa, envolvendo não apenas cientistas e pesquisadores, mas também governos, indústrias e a sociedade civil (Prazeres *et al.*, 2023). Além disso, a implementação efetiva de políticas e legislações ambientais, juntamente com o desenvolvimento e a adoção de tecnologias mais limpas e sustentáveis, são passos cruciais para mitigar os impactos da poluição marinha (Santos, 2023).

A gestão de crises relacionadas a desastres ambientais como derramamentos de petróleo requer uma resposta rápida e coordenada, com ênfase na proteção das populações vulneráveis e na minimização dos danos ambientais (Sausen; Lacruz, 2015). Isso inclui a adoção de estratégias de resposta eficazes, investimentos em pesquisa científica para compreender melhor os impactos a longo prazo e o desenvolvimento de medidas preventivas para evitar futuros incidentes (Campos, 2022).

Em última análise, a preservação dos oceanos e a redução da poluição por petróleo são imperativos para garantir um ambiente saudável e sustentável para as gerações presentes e futuras (Barsano; Barbosa, 2012). Somente com esforços concertados e compromisso global poderá enfrentar esse desafio ambiental significativo e proteger o ecossistema marinho.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise abrangente e detalhada sobre a poluição marinha por petróleo e seus impactos, torna-se incontestável a gravidade desse problema ambiental e a urgência

de ações efetivas para mitigá-lo. Conclui-se que, a partir das diversas perspectivas apresentadas por pesquisadores e autores, o estudo ressalta a necessidade de medidas preventivas e retificadoras para reduzir determinados impactos, apontando a aplicação de regulamentações mais severas e investir em tecnologias inovadoras que é essencial para combater vazamentos de petróleo no mar, e desenvolver estratégias eficazes de biodegradação do material contaminante para evitar a poluição do meio ambiente, sendo que a gestão dessa crise requer uma abordagem multidisciplinar e colaborativa, que englobe não apenas a legislação e a tecnologia, mas também a conscientização pública e a mobilização de recursos humanos e financeiros.

Em síntese é fundamental reconhecer a interseção entre avanços tecnológicos, políticas ambientais e direitos legais, especialmente no contexto da exploração de petróleo e da gestão de crises ambientais. A promoção de uma cultura de responsabilidade ambiental, aliada a estratégias de monitoramento e fiscalização eficazes, pode contribuir significativamente para a proteção dos oceanos e a preservação da vida marinha.

Referências

BARRADAS, Juliana Imenis. Os oceanos como instrumento de Educação Ambiental. **Revista de ensino de Ciências e matemática - UFABC**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340304597_Os_Oceanos_como_Instrumento_de_Educacao_Ambiental_The_Oceans_as_Tools_to_Environmental_Education. Acesso em: 20 out. 2023.

BARRIENTOS-PARRA, Jorge; SILVA, Ana Carolina Carlucci da. Os impactos dos avanços tecnológicos, a poluição marinha por petróleo e as repercussões no direito do mar. **Revista de Informação Legislativa: RIL**, v. 54, n. 213, p. 135-157, 2017. Disponível em: http://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/54/213/ril_v54_n213_p135. Acesso em: 26 out. 2023.

BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Meio ambiente: guia prático e didático**. Saraiva Educação SA, 2012.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Lei de Crimes Ambientais**. Brasília, DF, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, 1988.

CAMPOS, Marcelo Francisco. Derramamento de óleo. **Revista Marítima Brasileira**, v. 142, n. 01/03, p. 17-34, 2022.

EPBR. **Cinquenta anos de choques e contrachocos no setor de petróleo**. 2020. Disponível em: <https://epbr.com.br/cinquenta-anos-de-choques-e-contrachocos-no-setor-de-petroleo/>. Acesso em: 27 mai. 2024.

GOMÉNEZ, Andrés Molina; AHMED, Flávio. Água, sustentabilidade e direito: Brasil – Espanha – dados eletrônicos, Itajaí: UNIVAL, 2015.

GOMES, Jeane Kury Nobre. **Avaliação quantitativa de risco ecológico inerente a derramamentos de hidrocarbonetos no Arquipélago de Fernando de Noronha**. Recife, 2013. 132 f. Dissertação (mestrado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2014.

HOLDER, Julianne; CÂMARA, Camila Gomes. Poluição Marinha e Responsabilidade Civil nas atividades Off-Shore da Indústria do Petróleo. **Revista Direito E-nergia**, ano III, vol1 – 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/direitoenergia/article/view/5077>. Acesso em: 26 out. 2023.

IMA – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE; CPMA – COMANDO DE POLICIAMENTO MILITAR AMBIENTAL. **Portaria Conjunta IMA/CPMA n. 143/19**. Florianópolis, 2019. Disponível em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/downloads/biblioteca/3036-portaria-conjunta-ima-cpma-n143-2019-rito-da-fiscalizacao-ambiental-1>. Acesso em: 26 out. 2023.

ITOPF. **Oil Tanker Spill Statistics 2019**, 2020. Disponível em: <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>. Acesso em: 29 ago. 2020.

LIMA, Johnny Antonio da Silva. **Conhecimento ecológico local revela informações valiosas sobre o impacto das mudanças globais nos recursos pesqueiros costeiros**. 2024. 48 f. Dissertação (Mestrado em



Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos) – Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

MENEZES, Wagner. **O direito do mar**. Brasília: Funag, p. 197, 2015.

PINTO, Luísa Janaina Lopes Barroso. **Poluição costeira e marinha: avaliação, diagnóstico e propostas para enfrentamento e governança**. 2023. 105 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

PRAZERES, Sandro Marvila; MARTINS, Rodrigo Sá Menezes; DAS NEVES, Marcelo José. PLANEJAMENTO ESPACIAL MARINHO: o futuro harmônico entre meio ambiente e economia do mar no Brasil. **Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy-International Law and Business Review**, v. 3, n. 2, p. 220-251, 2023.

SANTOS, Juliana Martins Salles dos. **O impacto ambiental da exploração de petróleo offshore no Brasil e meios alternativos ao seu uso**. 2023. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2023.

SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, María Silvia Pardi. **Sensoriamento remoto para desastres**. Oficina de Textos, 2015.

SILVA, Débora Caribé Passos. *et al.* Derramamento de óleo no mar e implicações tóxicas da exposição aos compostos químicos do petróleo. **Revista Contexto & Saúde**, Editora Unijuí, Salvador, 2021.



13

TECNOLOGIAS AMBIENTAIS UMA POSSIBILIDADE PARA UM
FUTURO MAIS SUSTENTÁVEL
ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES A POSSIBILITY FOR A MORE
SUSTAINABLE FUTURE

Gustavo Ferreira Carvalho
Wellington Santos Araújo
Orlando Benício Santos

Resumo

Tecnologias ambientais são fundamentais para promover um futuro mais sustentável. Elas abordam uma ampla gama de soluções, incluindo energias renováveis, eficiência energética, reciclagem e gestão de resíduos, agricultura sustentável, gestão da água, monitoramento ambiental e tecnologia verde em construção. Essas tecnologias visam a preservação e a restauração do meio ambiente, promovendo um desenvolvimento mais sustentável e reduzindo o impacto negativo das atividades humanas sobre o planeta. A tecnologia sustentável é aquela que utiliza recursos naturais e renováveis, reduzindo o impacto ambiental. Ela é a solução para os problemas ambientais que se enfrenta como a poluição do ar e da água, a emissão de gases do efeito estufa e a geração de resíduos sólidos. Por isso as tecnologias ambientais uma possibilidade para um futuro mais sustentável dito isto, a pergunta norteadora foi: como o uso das tecnologias ambientais pode trazer impactos positivos para o futuro? Por isso o objetivo geral foi: compreender a utilização das tecnologias ambientais como ferramenta de captação de recursos naturais. E os objetivos específicos foram: discutir acerca das atuais formas de captação de fontes naturais, como: painéis solares, ventiladores eólicos e biocombustíveis. Existem diversas inovações que unem tecnologia e sustentabilidade. Uma delas é a energia solar, que utiliza a luz do sol para gerar eletricidade sem emitir poluentes. Outra inovação são os carros elétricos, que não emitem gases do efeito estufa e são movidos por energia limpa. Além disso, a inteligência artificial pode ser utilizada para otimizar o uso de recursos naturais em indústrias e construções.

Palavras-Chaves: Tecnologias Ambientais, alternativas sustentáveis. Recursos naturais.

Abstract

Environmental technologies are fundamental to promoting a more sustainable future. They address a wide range of solutions, including renewable energy, energy efficiency, recycling and waste management, sustainable agriculture, water management, environmental monitoring and green technology in construction. These technologies aim to preserve and restore the environment, promoting more sustainable development and sustaining the negative impact of human activities on the planet. Sustainable technology is one that uses natural and renewable resources, harming the environmental impact. It is a solution to environmental problems that are faced, such as air and water pollution, the emission of greenhouse gases and the generation of solid waste. Because environmental technologies are a possibility for a more sustainable future, the guiding question was: how can the use of environmental technologies bring positive impacts for the future? Therefore, the general objective was: to understand the use of environmental technologies as a tool for capturing natural resources. The specific objectives were: to discuss current ways of capturing natural sources, such as: solar panels, wind fans and biofuels. There are several innovations that combine technology and sustainability. One of them is solar energy, which uses sunlight to generate electricity without emitting emissions. Another innovation is electric cars, which do not emit greenhouse gases and are powered by clean energy. Furthermore, artificial intelligence can be used to optimize the use of natural resources in industries and constructions.

Keywords: Environmental Technologies, sustainable alternatives. Natural resources.

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias ambientais emergem como uma resposta vital às crescentes preocupações com a degradação ambiental e as mudanças climáticas. Estas tecnologias englobam uma ampla gama de inovações destinadas a reduzir o impacto humano no meio ambiente. Desde fontes de energia renovável até técnicas avançadas de gestão de resíduos, essas tecnologias estão se tornando essenciais para promover um futuro mais sustentável e proteger os recursos naturais para as próximas gerações.

O mundo encontra-se em constante desenvolvimento desta forma, é preciso que haja um olhar para o meio ambiente de forma mais cuidadosa, para isso é necessário que sejam adotadas novas possibilidades. A busca por fontes naturais e sustentáveis tem sido uma excelente saída para que o cuidado com o meio ambiente aconteça com o menor impacto possível e de forma consciente.

Uma das principais áreas de desenvolvimento tecnológico ambiental é a energia renovável. Fontes como a solar, eólica, hídrica e biomassa estão se tornando cada vez mais viáveis e econômicas. A energia solar, por exemplo, tem visto uma queda significativa nos custos de produção de painéis fotovoltaicos, tornando-a acessível a um número maior de pessoas e empresas. A energia eólica também está em expansão, com turbinas mais eficientes e instalações offshore que aproveitam melhor o potencial dos ventos oceânicos.

A gestão de resíduos é outra área crucial onde as tecnologias ambientais desempenham um papel significativo. A reciclagem e o reaproveitamento de materiais não apenas reduzem a quantidade de lixo encaminhado para aterros, mas também conservam recursos naturais e energia. Tecnologias avançadas de reciclagem, como a reciclagem química de plásticos, podem decompor resíduos plásticos em seus componentes básicos, permitindo sua reutilização em novos produtos, o que ajuda a mitigar a poluição plástica.

A agricultura sustentável também tem se beneficiado enormemente das tecnologias ambientais. A adoção de práticas agrícolas de precisão, que utilizam sensores, drones e big data, permite um uso mais eficiente de recursos como água e fertilizantes. Isso não apenas melhora a produtividade agrícola, mas também reduz o impacto ambiental da agricultura, minimizando o escoamento de fertilizantes e pesticidas para corpos d'água e preservando a biodiversidade do solo.

No setor de transporte, as tecnologias ambientais estão revolucionando a forma como nos deslocamos. Veículos elétricos e híbridos estão se tornando mais comuns, impulsionados por avanços nas baterias de íon-lítio e políticas governamentais de incentivo. Além disso, os biocombustíveis e o hidrogênio verde representam alternativas promissoras aos combustíveis fósseis, oferecendo opções de transporte com menores emissões de carbono.

A construção sustentável também está em ascensão, utilizando tecnologias que melhoram a eficiência energética e reduzem a pegada ambiental dos edifícios. Materiais de construção ecológicos, como concreto reciclado e isolamento natural, combinados com técnicas de design passivo, como iluminação natural e ventilação cruzada, ajudam a criar estruturas que consomem menos energia e recursos ao longo de seu ciclo de vida. Nos dias atuais tem sido evidenciado que adotar posturas sustentáveis reduz significativamente o impacto no meio ambiente, pois quando se faz o uso de recursos naturais é possível diminuir riscos e danos a natureza, em especial os que estão ligados a diminuição da poluição, desmatamento e diminuição da emissão de gases do efeito estufa.



As tecnologias ambientais são formas limpas de utilização de recursos naturais, exemplo disso são: energia solar, energia eólica e os biocombustíveis que têm sido algo muito utilizada nos países que estão buscando contribuir com a sustentabilidade do planeta. Lembrando assim que o bem-estar e sobrevivência estão ligados diretamente a sustentabilidade.

Por isso a relevância está em justamente abordar sobre as tecnologias ambientais que são formas limpas de utilização de recursos naturais, exemplo disso são: energia solar, energia eólica e os biocombustíveis que têm sido algo muito utilizada nos países que estão buscando contribuir com a sustentabilidade do planeta. Lembrando assim que o bem-estar e sobrevivência estão ligados diretamente a sustentabilidade.

Por isso as tecnologias ambientais uma possibilidade para um futuro mais sustentável dito isto, a pergunta norteadora foi: como o uso das tecnologias ambientais pode trazer impactos positivos para o futuro?

Por isso o objetivo geral foi: compreender a utilização das tecnologias ambientais como ferramenta de captação de recursos naturais. E os objetivos específicos foram: discutir acerca das atuais formas de captação de fontes naturais, como: painéis solares, ventiladores eólicos e biocombustíveis.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho se baseia em uma Revisão Bibliográfica, desta forma, trata-se de uma pesquisa qualitativa e descritiva sobre a importância das tecnologias ambientais para a busca de um mundo mais sustentável.

Toda a pesquisa será realizada através de estudos e revisões feitas nos principais sites de pesquisas acadêmicas, como: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade (RBES), GOOGLE ACADÊMICO e SCRIBD.

Importante ressaltar que o aprofundamento das pesquisas será feito em livros, teses e artigos e monografias com datas maiores que 2019 até o presente ano 2024. As palavras-chaves utilizadas para construir o produto serão: Tecnologias Ambientais, alternativas sustentáveis e recursos naturais. Todos as fontes consultadas para a dissertação deste trabalho deverão constar com data de publicação de no mínimo 10 anos e em língua portuguesa.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Tecnologia e sustentabilidade

Além disso, as tecnologias de monitoramento ambiental desempenham um papel essencial na preservação dos ecossistemas. Sensores avançados e sistemas de satélites permitem o monitoramento em tempo real da qualidade do ar, da água e do solo, fornecendo dados críticos para a gestão ambiental e a formulação de políticas públicas. Essas ferramentas são fundamentais para detectar e responder rapidamente a desastres ambientais e mudanças nos ecossistemas. Por fim, a conscientização e a educação ambiental são facilitadas por tecnologias digitais, como aplicativos e plataformas online. Estas ferramentas permitem que as pessoas se informem sobre práticas sustentáveis, participem

de comunidades engajadas em questões ambientais e adotem comportamentos mais ecológicos no seu dia a dia. A tecnologia, portanto, não só oferece soluções práticas para problemas ambientais, mas também mobiliza a sociedade para um futuro mais verde e sustentável (CUNHA, 2019).

Atualmente o mundo vem passando por mudanças críticas associadas a alterações climáticas, surgimento e propagação de doenças infecciosas, perda da biodiversidade, violação dos direitos humanos e aumento da pobreza (UNESCO, 2002). Ambos os fatores estão diretamente associados às más práticas do Desenvolvimento Sustentável (DS) ou sustentabilidade (VILAÇA, 2020). A sustentabilidade segundo Elkington (1994) é o equilíbrio entre o termo *Triple Bottom Line* ou os três pilares, aos quais referem os fatores ambientais, econômicos e sociais.

Os termos sustentabilidade vêm recebendo um interesse crescente em suas discussões, pois visam estratégias importantes para uma produção mais limpa, controle da poluição, ecoeficiência, consumo sustentável dos recursos, responsabilidade social, entre outros, fatores estes que visam buscar iniciativas de gestão e gerenciamento dos recursos ainda existentes, adaptando-se as mudanças ao longo do tempo (SARTORI *et al.*, 2019).

Mesmo sendo considerados sinônimos em diversos momentos, autores como Vilaça (2020) caracterizam ambos os termos como fases, onde DS é considerado o caminho para se alcançar a sustentabilidade, isto é, a sustentabilidade como o objetivo final a ser atingido, de longo prazo. A crise ambiental é uma consequência do domínio humano sobre a natureza, embora este domínio tenha trazido inúmeros avanços tecnológicos e científicos, também trouxe grandes problemas socioambientais, como o uso inconsequente dos recursos naturais.

Na intenção de apontar tecnologias que favorecem a sustentabilidade, será inserido o contexto: tecnologia a favor da sustentabilidade, durante o processo de aprendizagem, para Cunha (2019, p.57) “Uma possibilidade real de reversão da crise ambiental e consequente manutenção do bem-estar biológico/físico, mental e social, consiste em promover uma profunda transformação no pensar e no agir da humanidade (...)”. Esta mudança deve ser incentivada nas Escolas.

Dentre os aspectos da aprendizagem que reforçam a transição para uma sociedade mais sustentável destaca-se a educação futura; educação da população em um todo, educação para cultura da paz, igualdade de gênero e respeito pelos direitos humanos, educação para saúde, educação para a gestão dos recursos naturais e educação para um consumo mais sustentável. Estas estratégias além de buscar um melhor desenvolvimento sustentável por parte da sociedade, também proporcionam que os educadores e alunos, em seu processo de desenvolvimento, reflitam criticamente sobre suas comunidades e sobre seus próprios comportamentos, visando sempre à procura pelo bem-estar humano e econômico, tal como, as tradições culturais e o respeito pelos recursos naturais (UNESCO, 2019).

Devido à grande exploração dos recursos naturais as mudanças climáticas começaram a aparecer, e a preocupação também. Atualmente, a sustentabilidade tem como aliada a tecnologia, com o desenvolvimento de projetos que se preocupam com os impactos causados ao meio ambiente, desenvolvendo equipamentos sustentáveis, visando diminuir a emissão de gases poluentes, optando por materiais recicláveis e menos tóxicos. Introduzir esta questão dentro da sala de aula é fundamental para a busca de inovações, bem como, trabalhar com a tecnologia que veio para ajudar, abrirá um olhar novo aos alunos sobre os aspectos ambientais (MARCHIORATO, 2019).

Ter uma visão geral do meio ambiente no qual vive-se leva a entender que os seres



humanos, são parte deste meio e que o desenvolvimento sustentável é possível, garantindo a preservação dos recursos naturais para as próximas gerações. A elaboração deste artigo buscou levantar as possibilidades de se utilizar a tecnologia a favor da sustentabilidade, analisar o desenvolvimento sustentável na Educação Ambiental que colabora com a formação de novas ideias de preservação, conscientização e desenvolvimento (CUNHA, 2019).

Quando se fala em sustentabilidade se abre um leque grande de possibilidades, por isso a importância de estudar este tema nas escolas através da Educação Ambiental, promovendo a compreensão do tema sustentabilidade, ou seja, com a educação pode-se fundamentar um conceito e promover o desenvolvimento sustentável de fato. Os grandes avanços tecnológicos dos últimos tempos, afetaram diretamente o meio ambiente, houve um enorme aumento de lixo produzido pela sociedade, o descarte inconsciente que está cada vez maior e a facilidade em se adquirir um produto novo só piora a situação (SARTORI *et al.*, 2019).

Tais situações e tantas outras, só minimizam os recursos naturais, tentando amenizar este problema, que será ainda maior para as futuras gerações. Muitos empresários estão buscando soluções tecnológicas para introduzir o desenvolvimento sustentável nas empresas, isso é a tecnologia ajudando a resolver um problema que ela ajudou a formar.

A sociedade e o tipo de vida que se pode ter no futuro dependerão do processo de aprendizagem que conseguir criar e praticar individualmente e socialmente, debater a sustentabilidade nas instituições de ensino e no âmbito familiar é de suma importância para a conscientização e preservação do meio ambiente.

Figura 1. Tecnologia X Reciclagem



Fonte: Tocchetto (2020)

2.2.2 A questão ambiental e as tecnologias

A questão ambiental tem tomado cada vez mais espaço dentre as organizações. Tornou-se mais claro o entendimento de que a preocupação com meio ambiente não só gera uma imagem sustentável para a empresa, mas também pode aumentar os seus ganhos

(OLIVEIRA; RIZZO, 2020). Uma boa gestão de resíduos, por exemplo, é fundamental para a minimização dos impactos causados pela organização, e ainda acarreta um aumento considerável nos lucros (MELLO; PAWLOWSKY, 2020).

O crescimento decorrente da globalização, associado ao crescimento tecnológico e manejo da poluição, gerou um desenvolvimento sustentável para que haja uma destinação correta e reaproveitamento máximo dos resíduos.

Com a globalização e as questões ambientais ganharam mais destaque, tendo a necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente, assim as indústrias têm adotado os princípios da gestão ambiental, sendo um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos, sendo aplicado para reduzir e controlar os impactos (TOCCHETTO, 2020).

Tocchetto (2020) afirma que, além disso, assegura a utilização, rendimento, perenidade e desenvolvimento, criando uma visão estratégica deixando de exercer apenas em função dos riscos e usufruir das oportunidades que são geradas, compartilhando a qualidade do produto, controle ambiental e segurança do trabalho, sendo este tripé que garantirá uma sobrevivência à longo prazo. A bioenergia é uma fonte de energia renovável derivada de materiais orgânicos, como resíduos agrícolas, resíduos florestais e culturas energéticas. Tecnologias avançadas, como a produção de biocombustíveis de segunda geração a partir de biomassa lignocelulósica, estão possibilitando o desenvolvimento de uma bioenergia mais sustentável, que não compete com a produção de alimentos e contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Rohrich e Cunha (2020) observaram por meio dos estudos, que existe uma diversidade nas práticas de gestão ambiental, variando de acordo com os tipos de produtos, processos e influenciado por fatores como o porte, setor, região de atuação e inovações tecnológicas adotadas, mas de certa forma prevalece ações corretivas da política ambiental brasileira, apenas para cumprir a legislação em problemas causados por acidentes ambientais.

Os referidos autores acrescentam que a gestão ambiental das organizações está se desenvolvendo e tentando alcançar cada vez mais níveis mais altos, através de tecnologias para controle, uma das demonstrações que comprovam esse aumento de interesse é a busca por um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) (CUNHA, 2019).

Brandli *et al.* (2020), consideram que o aumento da pressão, conservação do meio ambiente e rigidez da legislação ambiental, além da preocupação dos consumidores com a qualidade ambiental, estão fazendo as empresas reverem a gestão estratégica e aumentarem as melhorias na questão ambiental, avaliando os impactos gerados ao meio ambiente, quantificando, mensurando, gerando uma contribuição em benefício a sociedade. Com o aumento da poluição ambiental, especialmente em áreas urbanas e industriais, surgem tecnologias inovadoras para despoluir o ar, água e solo. Tecnologias de purificação de ar, como filtros de partículas e catalisadores, ajudam a reduzir a emissão de poluentes atmosféricos. Da mesma forma, sistemas avançados de tratamento de água e técnicas de biorremediação são empregados para recuperar ambientes aquáticos contaminados. Essas tecnologias desempenham um papel crucial na melhoria da qualidade ambiental e na proteção da saúde humana.

Dessa forma, a gestão ambiental é condicionada pelas regulamentações, busca de reputação, pressão de acionistas, investidores, bancos e principalmente dos consumidores, além da própria concorrência para que as empresas reduzam o seu risco ambiental, além disso as ações de gestão são na maioria das empresas como atividade de engenharia produtiva, logo tinham pouco efeito nas inovações organizacionais, tecnológicas ou de produto (SOUZA, 2002). Tecnologias de sensoriamento remoto, como satélites e drones, estão

sendo cada vez mais utilizadas para monitorar a biodiversidade e os ecossistemas. Essas tecnologias permitem o mapeamento e o monitoramento de áreas naturais, identificando mudanças no uso da terra, desmatamento, fragmentação de habitats e outras ameaças à biodiversidade. Esse monitoramento remoto fornece dados valiosos para a conservação da natureza e a tomada de decisões em políticas ambientais.

Figura 2. Tecnologia ambiental



Fonte: Tocchetto (2020)

2.2.3 Gestão Ambiental

A gestão ambiental intervém no controle das regulamentações públicas, pelas diferenças operacionais e na elaboração e implementação de ações ambientais, que dizem respeito à manutenção, conformidade ambiental dos fornecedores, sítios de produção e outros (CORAZZA, 2020).

A preocupação de conciliar o crescimento econômico com o equilíbrio ecológico para assim alcançar o crescimento sustentável da economia está regulamentada, apesar da tendência de desregular as atividades econômicas e confiar na capacidade do mercado, não há dúvida que o impacto sobre o meio ambiente constitui e constituirá um ambiente marcado por regulamentações (VICTORIA *et al.*, 2019).

As vantagens de uma indústria, para o mesmo autor, são claras, pois com suas fabricações que transformam produtos para consumo, porém traz consigo os resíduos, surgindo problemas que afetam o ambiente natural, gerando externalidades negativas, como a deterioração do ambiente, ocupação de espaços físicos, uso da capacidade limitada da natureza e redução da capacidade de geração de recursos e regenerador da natureza (VICTORIA *et al.*, 2019).

O gerenciamento de resíduos industriais busca através da sistematização, contribuir para a qualidade do meio ambiente, com a não geração, redução, reciclagem, tratamentos dos resíduos, disposição final adequada, estimular a sustentabilidade dos processos, fomentar a indústria sobre a reciclagem e incentivar a utilização dos materiais recicláveis e reciclados (SOUSA, 2020). A tecnologia blockchain está sendo explorada para promover

a transparência e a rastreabilidade em iniciativas de conservação ambiental. Por exemplo, plataformas baseadas em blockchain podem ser usadas para monitorar o comércio ilegal de espécies ameaçadas, rastrear a cadeia de suprimentos de produtos sustentáveis, como madeira certificada, e facilitar transações financeiras transparentes em projetos de conservação.

Neste sentido, surge o conceito de Produção mais limpa que é definida como uma estratégia técnica, econômica e ambiental ao processo e produto, aumentando a eficiência com uso de matéria prima, água e energia, com a não geração, minimização ou a reciclagem resíduos e emissões, avaliando todos os níveis da empresa relacionados as questões ambientais com ganhos econômicos (CNTL, 2020).

A habilidade ou inabilidade de uma sociedade para dominar a tecnologia incorporando-a as transformações sociais, fazendo uso do potencial tecnológico, pode remodelar a sociedade em ritmo acelerado, traçando o destino dessa sociedade. Com o novo layout que as cidades estão adquirindo, não proporcionam a convivência das pessoas fisicamente, mas, em compensação os aplicativos de redes sociais aproximam as pessoas de uma maneira bem fácil (VILAÇA, 2020).

Figura 3. Gestão Ambiental



Fonte: Tocchetto (2020)

A questão ambiental tem tomado cada vez mais espaço dentre as organizações. Tornou-se mais claro o entendimento de que a preocupação com meio ambiente não só gera uma imagem sustentável para a empresa, mas também pode aumentar os seus ganhos. Uma boa gestão de resíduos, por exemplo, é fundamental para a minimização dos impactos causados pela organização, e ainda acarreta um aumento considerável nos lucros (CUNHA, 2019).

As tecnologias hoje perpassam por diversos setores da sociedade, como nas escolas, setores públicos, hospitais, comércio, dentre outros. Quando se vai ao banco, ao cinema, ao aeroporto, por exemplo, de certa forma lidando com as redes digitais. Atualmente, por exemplo, comprar pela Internet, ler um livro em um tablet e conversar por meio de redes

sociais em um celular são hábitos comuns de quem vive na sociedade da informação (VILAÇA, 2020).

A ação destruidora da natureza agravou-se neste século em razão do incontido crescimento das populações e do progresso científico e tecnológico, que permitiu ao homem a completa dominação da terra, das águas e do espaço aéreo. Com suas conquistas, o homem está destruindo os bens da natureza que existem para o seu bem-estar, alegria e saúde; contaminando rios, lagos, com despejos industriais, contendo resíduos da destilação do álcool, de plástico, de arsênico, de chumbo ou de outras substâncias venenosas; devastando florestas; destruindo reservas biológicas; represando rios, usando energia atômica ou nuclear (TOCCHETTO, 2020).

Para tornar ínfimo o caminho para o dano ambiental, o legislador bem como os instrumentos de proteção do meio ambiente necessita difundir exposições preventivas e repressivas. As origens do desenvolvimento urbano e o crescimento na moderna sociedade urbana residem, antes de tudo, nas dinâmicas da produção econômica e do trabalho. Embora contestável, essa proposição é defensável. Essas dinâmicas governam o movimento das fortunas de cada área urbana individual, assim como contam de forma significativa para os resultados mais gerais de outras cidades no cenário global. (CUNHA, 2019).

A questão é que as comunidades urbanas cada vez mais estão se dando conta de que precisam buscar novas alternativas para continuar a crescer e se desenvolver. Nesse espaço, a inovação e a tecnologia entram de vez na pauta das cidades, como parte da busca por mecanismos capazes de proporcionar um novo salto na qualidade de vida das pessoas (SOUSA, 2020).

O fato é que é necessário trazer a inovação e a tecnologia para a pauta de discussões sobre gestão urbana sustentável. É nesse cenário que o conceito de cidades inteligentes tem se solidificado, uma vez que ao mesmo tempo em que a concentração urbana amplia os problemas como congestionamento, poluição, desigualdades sociais e limita o acesso aos serviços básicos, também possibilita a massiva interconexão de pessoas às redes de comunicação.

O meio ambiente vem se despontando de maneira não adequado a espécie humana, quanto mais facilidades a espécie humana encontra para se estabilizar, mais difícil será de manter-se no ambiente, e um dos fatores é devido à extração de recursos naturais que vem sendo explorado sem nenhuma precaução para manter as novas gerações. Com o avanço da tecnologia, a industrialização, a globalização o mundo capitalista e o consumismo descomedido tornam-se uma avalanche de problemas ambientais (TOCCHETTO, 2020).

Rohrich e Cunha (2020) observaram por meio dos estudos, que existe uma diversidade nas práticas de gestão ambiental, variando de acordo com os tipos de produtos, processos e influenciados por fatores como o porte, setor, região de atuação e inovações tecnológicas adotadas, mas de certa forma prevalece ações corretivas da política ambiental brasileira, apenas para cumprir a legislação em problemas causados por acidentes ambientais.

Dessa forma, a gestão ambiental é condicionada pelas regulamentações, busca de reputação, pressão de acionistas, investidores, bancos e principalmente dos consumidores, além da própria concorrência para que as empresas reduzam o seu risco ambiental. Além disso, as ações de gestão são na maioria das empresas como atividade de engenharia produtiva, logo tinham pouco efeito nas inovações organizacionais, tecnológicas ou de produto (SOUZA, 2002).

Uma adequada gestão de resíduos segundo Souza *et al.* (2020) com a reeducação das empresas e seus padrões, modelos de comportamento, crenças e práticas institucionalizadas, dessa forma, quanto mais presente e eficaz for as práticas de gestão ambiental, melhor será o gerenciamento dos resíduos. Por isso as tecnologias ambientais são uma possibilidade para um futuro mais sustentável. A tecnologia desempenha um papel fundamental na transição para o transporte sustentável. Veículos elétricos, híbridos e movidos a hidrogênio estão se tornando cada vez mais comuns, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e a poluição do ar. Além disso, o desenvolvimento de sistemas de transporte inteligentes e compartilhados, juntamente com a infraestrutura de carregamento de veículos elétricos, está facilitando a adoção de modos de transporte mais limpos e eficientes.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço tecnológico tem impulsionado a eficiência e a acessibilidade das energias renováveis. Por exemplo, a evolução dos painéis solares tornou a energia solar mais acessível e eficiente, enquanto turbinas eólicas mais avançadas aumentaram a capacidade de geração de energia eólica. Além disso, pesquisas em armazenamento de energia estão melhorando a capacidade de armazenamento de energia gerada por fontes renováveis, permitindo uma integração mais eficaz dessas fontes na rede elétrica.

Desenvolvimento de Tecnologias de Captura e Armazenamento de Carbono (CAC) o CAC é uma tecnologia crucial para reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera. Essa tecnologia envolve a captura de CO₂ gerado por indústrias e usinas de energia e seu armazenamento em locais apropriados, como formações geológicas profundas. Pesquisas estão em andamento para tornar essa tecnologia mais eficiente e econômica, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa. As Tecnologias ambientais são fundamentais para alcançar um futuro mais sustentável, abordando questões como a poluição, a degradação ambiental e a escassez de recursos naturais. Essas tecnologias englobam um amplo espectro de inovações que visam mitigar o impacto humano sobre o meio ambiente e promover o uso eficiente e responsável dos recursos naturais.

A implementação e o desenvolvimento contínuo dessas tecnologias ambientais são essenciais para a transição para um futuro mais sustentável. Além disso, políticas públicas, educação ambiental e a conscientização da sociedade são igualmente importantes para garantir que essas tecnologias sejam adotadas de forma ampla e eficaz. Somente através de um esforço conjunto entre governos, empresas e cidadãos será possível construir um mundo mais sustentável para as futuras gerações.

Referências

ALVES-MAZOTTI, A. J. Usos e abusos dos estudos de caso. **Cadernos de Pesquisa (online)**, v. 36, n.129, p. 637-51, 2006.

ARROQUE, Cristina, HOPPE, Letícia, ALVIM, Augusto Mussi, VITT, Fabiane. **Análise dos indicadores ambientais na indústria de bebidas do grupo vonpar s.a. sob a ótica da nbr iso 14001**. Conclusão do Curso de Especialização (Gestão para Qualidade para o Meio Ambiente) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Rio Grande do Sul, 2020.

ASSIS, Renato Linhares, BORGES, Marcio Silva. Uma análise de práticas de gestão sustentável do setor cervejeiro e a atividade pecuarista no estado do rio de janeiro.

BARROS, Aidil de Jesus Paes de. **Projeto de pesquisa**: propostas metodológicas. Petrópolis: Vozes, 1990.

BAUER, Thiago, SHIMOHIGASHI, Ednar Rafaela Mieko, OLIVEIRA, Ednilson Barbosa de Oliveira, JORGETO,



Fernando Alberto. Gestão pública ambiental: a aplicação da lei 12.305/10 nos municípios de maior população do estado do paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educa o e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 3, p. 408-423, set./dez. 2015.

BONATO, Samuel Vinicius. **Método para gestão de resíduos na cadeia cervejeira no rio grande do sul**. 2020. 103 f. Tese (Pós-gradua o em Engenharia de Produ o) – Escola de engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRANDLI, Elisangela N, PANDOLFO, Adalberto, GUIMARÃES, Jalusa, GONZÁLEZ, Marco A. S., REINEHR, Renata. A identifica o dos resíduos em uma indústria de alimentos e sua política ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** – n. 13, p. 45-51, agosto 2020.

CAPPARELLI, Helena Freitas. **Sistema de gestão ambiental e produ o mais limpa: análise de práticas e intera o dos sistemas**. 2020. 234 f. Disserta o (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

CUNHA, Isabel Cristina da. **Educa o e meio ambiente: caderno pedagógico**. Florianópolis: UDESC/CEAD/UAB, 2012.

MARCHIORATO, Henderson Bueno. Educa o ambiental: a tecnologia a favor da natureza. **Educa o Ambiental**, K nesis, v.X, n.23, 2018.

ROHRICH, Sandra Simm, CUNHA, João Carlos. A Proposi o de uma Taxonomia para Análise da Gestão Ambiental no Brasil. **RAC**, v. 8, n. 4, Out./Dez. 2020: 81-97.

SARTORI, S. Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: Uma Taxonomia no Campo da Literatura. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, n.1, p.1-22, 2020.

UNESCO; **UN decade of education for sustainable development**: links between the global initiatives in education. Paris, 2018.

VILAÇA, T.; Dinâmicas das Rela o es entre a Educa o para a Saúde, Educa o Ambiental e Educa o para a Sustentabilidade nas Escolas Promotoras de Saúde. In: CASTRO-LEÃO, A.M.; MUZZERTI, L.R.; **Abordagem Panorâmica Educacional: Da Educa o Infantil ao Ensino Superior**. Cultura Acadêmica, São Paulo, 2020.



14

A URBANIZAÇÃO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS NO SOLO
URBANIZATION AND ENVIRONMENTAL IMPACTS ON SOIL

Djaine da Silva Fernandes
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

Devido ao processo de industrialização que aconteceu no pós-primeira Guerra Mundial, a população brasileira experimentou uma intensificação de sua taxa de urbanização, com concentração nas maiores cidades. A maioria das capitais e regiões metropolitanas cresceram de forma não planejada e desordenada, essa população começou a ocupar áreas de risco e se aglomerar nas cidades, sem acesso a moradia adequada e aos benefícios urbanos. Partindo-se desse pressuposto, resolveu-se estudar o impacto ambiental causado pela urbanização com ênfase na poluição do solo como fator importante devido o acelerado crescimento das cidades e de seu número de habitantes e como este contribui significativamente para a degradação do meio ambiente. Definiu-se como objetivo geral explicar os impactos ambientais no solo desencadeado pelo processo de urbanização. E como objetivo específico apontar os impactos causados no solo pela urbanização desordenada. Este trabalho foi elaborado a partir de pesquisa qualitativa e descritiva de revisão bibliográfica, cuja finalidade teve, por meio de investigação científica, aprimorar e atualizar o conhecimento, através de obras já publicadas. Os estudos de caso revisados forneceram uma amostra relevante e esclarecedora sobre os impactos da urbanização no solo em diferentes contextos locais. No entanto, é importante ressaltar que esses estudos representam apenas uma parcela limitada da realidade nacional.

Palavras-chave: Urbanização, Solo, Meio Ambiente.

Abstract

Brazil experienced an intensification of its urbanization rate, with concentration in the largest cities. Most capitals and metropolitan regions grew in an unplanned and disorderly way, this population began to occupy risky areas and cluster in cities, without access to adequate housing and urban benefits. Based on this assumption, it was decided to study the environmental impact caused by urbanization with an emphasis on soil pollution as an important factor due to the accelerated growth of cities and their number of inhabitants and how this contributes significantly to the degradation of the environment. The general objective was defined as explaining the environmental impacts on the soil triggered by the urbanization process. The specific objective is to point out the impacts caused to the soil by disorderly urbanization. This work was prepared based on qualitative and descriptive bibliographic review research, the purpose of which was, through scientific investigation, to improve and update knowledge, through works already published. The case studies reviewed provided a relevant and insightful insight into the impacts of urbanization on land in different local contexts. However, it is important to highlight that these studies represent only a limited portion of the national reality.

Keywords: Urbanization, Soil, Environment.

1. INTRODUÇÃO

Com a mudança imposta pela industrialização o desenho e a arquitetura das cidades mudaram, o que pode ser observado ao se comparar os períodos antes e após o seu início. Antecedente ao processo de industrialização, as cidades orientais foram associadas aos métodos de produção asiáticos, as cidades romanas às propriedades escravistas e as cidades medievais impregnadas de relações feudais.

Devido ao processo de industrialização, surtos migratórios aconteceram na primeira década do século XX. As regiões metropolitanas e capitais brasileiras passaram por um intenso processo de urbanização, ocasionando a ocupação de áreas inadequadas como favelas, zonas de encosta, áreas protegidas e locais próximos a corpos hídricos. O crescimento nessas áreas deu-se pela falta de acesso a moradia adequada, bem como a outros benefícios urbanos.

A escolha do tema foi impulsionada por tratar-se de um assunto importante e de grande interesse pela forma que ocorre a ocupação do solo nas áreas urbanas e o que reflete na saúde geral das pessoas. Assim, desenvolver a pesquisa deu-se por acreditar que o processo de urbanização desencadeia impactos ambientais de forma direta, indireta e cumulativos dentre eles cita-se: desmatamento; comprometimento da qualidade das águas e assoreamento dos rios; aceleração de processos erosivos; alterações nos canais fluviais; poluição atmosférica e sonora; e a segregação social, esta última causada justamente pelo uso inadequado do solo, o que afeta a população pela ausência de saneamento básico.

Partindo-se desse pressuposto, resolveu-se estudar o impacto ambiental causado pela urbanização com ênfase na poluição do solo como fator importante devido o acelerado crescimento das cidades e de seu número de habitantes e como este contribui significativamente para a degradação do meio ambiente. Para tanto definiu-se como objetivo geral explicar os impactos ambientais no solo desencadeado pelo processo de urbanização. E como objetivo específico apontar os impactos causados no solo pela urbanização desordenada.

Dessa forma, o presente trabalho contribui com a comunidade acadêmica e sociedade em geral, pois, ao abordar essas questões apresenta uma compreensão dos desafios enfrentados nas áreas urbanas e esclarece informações relevantes do planejamento urbano determinado pelas leis vigentes, e das medidas que promovam o desenvolvimento sustentável.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este trabalho foi elaborado a partir de pesquisa qualitativa e descritiva de revisão bibliográfica, cuja finalidade teve, por meio de investigação científica, aprimorar e atualizar o conhecimento, através de obras já publicadas. Os critérios de inclusão destinados ao levantamento de material bibliográfico para este trabalho foram no idioma português com publicações estimadas no período de tempo dos últimos 10 anos. A pesquisa foi realizada em artigos, monografias, dissertações e teses. Entretanto, houve caso de dados relevantes publicados com data anterior ao período citado, que foram citados nas referências em virtude da ausência a edições mais recentes. As buscas foram realizadas em sites acadêmicos



como *Scientific Electronic Library Online – Scielo*, Google acadêmico, dentre outros para relatar e expor sobre o tema proposto. As palavras chaves utilizadas: Urbanização. Solo. Meio ambiente.

2.1 Resultados e Discussão

Após o término da Segunda Guerra Mundial, entre 1939 e 1945, diversos países deram início a um intenso processo de industrialização, antes dos grandes confrontos, o mundo era dividido entre nações industrializadas e não industrializadas. No entanto, com os impactos dessa guerra e a crise econômica capitalista dos anos 1930, surgiu a necessidade de revisão do antigo modelo primário-exportador e a aceitação de um novo modelo baseado na industrialização. (VIEIRA *et al.*, 2023)

No período entre 1930 e 1980, a economia brasileira cresceu em função da Indústria, e intensificou as migrações rural-urbanas. Registrou-se uma significativa redução no número de habitantes nas áreas rurais, com a concentração da população na região Sudeste, considerada o coração da atividade industrial do país. Além disso, observou-se, em cada grande região, a tendência de concentração populacional ao redor das capitais dos estados. (SANTOS, 2020).

Assim, a população brasileira experimentou uma intensificação de sua taxa de urbanização, com concentração nas maiores cidades. A maioria das capitais e regiões metropolitanas cresceram de forma não planejada e desordenada, essa população começou a ocupar áreas de risco e se aglomerar nas cidades, sem acesso a moradia adequada e aos benefícios urbanos (DÉLIO, 2020).

E nesse contexto, a industrialização apresentou-se como um fator agravante relacionado ao processo de urbanização, pois devido ao aumento populacional e ocupação desordenada, danos são causados principalmente nos solos e recursos hídricos. Dessa forma, é necessário que, a qualidade de vida da população dependa de vários indicadores e das medidas utilizadas para amenizar os impactos causados pela urbanização. Para tanto, órgãos públicos foram criados e intervenções realizadas com o intuito de promover a saúde e o conforto do meio urbano (SOUSA, 2019).

Nessa perspectiva a Constituição Federal, art. 2, IV, estabelece aos Municípios que possibilitem o adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano, introduzindo-se os instrumentos urbanísticos criados pelo Estatuto da Cidade, ou seja, o planejamento urbano em última instância (SOUSA, 2019).

Outro instrumento, a Política Nacional Urbana, além de ser instrumento eficiente, é um processo contínuo voltado para a melhoria constante da qualidade de vida das cidades, que terá sua eficácia alcançada apenas para os municípios que cumprirem suas responsabilidades que a Constituição Federal e o Estatuto da Cidade lhes cometem (SOUSA, 2019).

Por meio das políticas públicas urbanas o Estado tem como se estruturar para ordenar o espaço urbano. A migração rural-urbana, desde a década de 1930, chama o poder público para aumentar a provisão de acesso aos meios de consumo coletivo, como a infraestrutura urbana e social. Esta disposição está sujeita à concorrência pela atribuição de recursos orçamentais e à concorrência com outras despesas públicas. Só quando os efeitos negativos do subdesenvolvimento urbano se tornam significativos é que este ganha maior prioridade (SANTOS, 2020).

Faz-se necessário enfatizar que quando não acontece a aplicação das políticas públicas gera a produção de áreas da cidade não reconhecidas, mesmo sendo uma realidade fática, não incorporando, dessa forma, tais áreas na política de urbanização da cidade formal. Com isso há a formação de aglomerados urbanos irregulares em termos urbanísticos, mesmo que o imóvel tenha propriedade fundiária reconhecida. Esse reconhecimento estimulou a aquisição para a população de baixa renda na promessa que os adquirentes juntos tivessem força política para reivindicar ao poder público a urbanização da área loteada, como não houve realimentação, agravou a crise nas cidades (SANTOS, 2020).

Santos (2020) afirma que, com a Constituição de 1988 uma nova abordagem para questão urbana foi apresentada, e esta passou a ser identificada com direito à cidade. Tal fato além de elevar o município à condição de ente federativo, foi também incluída na Constituição de 1988 dois importantes artigos alinhando a política urbana como responsabilidade municipal (art. 182) e simplificando a regularização fundiária urbana ao definir em 5 anos o tempo de posse mansa da terra, ou seja, a posse não conflituosa, para fins de usucapião (art. 183).

O ordenamento das cidades foi intensificado a partir da regularização fundiária com a criação das chamadas “zonas (ou áreas) especiais de interesse social”. Com a definição territorial dessas zonas, foi possível a identificação por meio da legislação municipal, de localidades que necessitavam de legislação urbanística com exigências especiais a fim de regularizar uma comunidade inteira, evitando assim remoção de tais comunidades (SANTOS, 2020).

A constituição define, a delimitação oficial da zona rural, urbana e demais territórios como planejamento das cidades no Brasil, assim, os principais instrumentos de planejamento urbano são, estatuto das cidades, plano diretor municipal, plano diretor de drenagem urbana, o Zoneamento ambiental, instituição de unidades de conservação (DÉLIO, 2020).

O Plano Diretor, é considerado o instrumento básico para a política de desenvolvimento e expansão urbana. Consta no artigo 182 a responsabilidade da política urbana ao município de elaborar o seu Plano Diretor para as cidades com população superior a 20 mil habitantes, como instrumento essencial para a política de desenvolvimento e expansão urbana (SANTOS, 2020).

Com a promulgação do Estatuto da cidade (art. 183) houve um avanço importante para a política urbana dos municípios, pois dotou o Poder Público de intervir de forma ativa sobre o território e o mercado imobiliário das cidades, dessa forma o controle de uso do solo se operaria uma efetiva transição do direito de propriedade urbana da seara do Direito Privado para o campo do Direito Público (ALFONSIN *et al.*, 2023).

Cabe destacar que, de acordo com a Lei Federal nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), a Política Nacional de Saneamento define como drenagem urbana e manejo de águas pluviais, o conjunto das atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, no que se refere ao transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final, bem como a limpeza e fiscalização preventiva das redes (SOTTO; PHILIPPI JR, 2022).

Quanto ao zoneamento ambiental faz parte do instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, tem a finalidade de melhorar o aproveitamento da extensão do território, estabelecendo regimes especiais de uso, gozo e fruição da propriedade para assim melhorar e recuperar a qualidade ambiental e do bem-estar da população. Ao município foi dada a competência de promover, no que couber, adequado ordenamento territorial mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Cabe ao

Município exercer a tarefa de definição quanto ao uso e ocupação do solo, com o fim de ordenar o desenvolvimento da cidade, caráter local, e assim garantir o bem-estar social (DE SOUSA, 2013).

Tais instrumentos supracitados, portanto servem para regularizar o uso do solo, pois como mencionado, após a segunda guerra, a urbanização das cidades trouxe vários danos ao meio ambiente. Apresenta-se então alguns danos causados ao solo em função do surgimento dos aglomerados urbanos irregulares.

Os danos causados ao meio ambiente, em sua totalidade devido a ocupação urbana realizada de forma incorreta, a torna responsável pela maior parte da degradação decorrente de erosão, poluição das camadas superficiais do solo, deslizamentos e desmatamento. Ainda que a erosão seja uma consequência direta da manipulação incorreta e uso inadequado do solo, as ocupações urbanas contribuem na irregularidade da organização espacial das cidades, o que leva a adensamentos urbanos irracionais que prejudicam as estruturas geomorfológicas do solo, devido à implementação de infraestrutura improvisada pela própria população, o que agrava ainda mais os problemas ambientais (ALBUQUERQUE, 2022).

A exemplo temos as favelas, seu surgimento deu-se no início do século XX no Rio de Janeiro, na então capital do Brasil naquela época. A ocupação das áreas de encostas de morros, foi a opção encontrada pelas pessoas de baixa renda que foram em busca de moradias, tendo em vista manterem-se próximos ao local de trabalho. Em relação a ocupação de áreas de favelas no país foram identificadas 6.329 áreas, que estão localizadas em 323 municípios brasileiros de um total de 5.565 municípios. Esse é um problema presente num grupo pequeno de cidades, naquelas de médio e grande porte demográfico (SANTOS, 2020).

As construções ali realizadas pela população sem um prévio conhecimento de uso do solo e dos riscos eminentes, ocasionam em alterações na geometria das estruturas de relevo, dessa forma danos irreversíveis provocam à estabilidade dos taludes das zonas de encostas, fato que não se restringe somente às grandes cidades. Como decorrência, acontece os deslizamentos de terra primeiramente pela retirada da cobertura vegetal, esse fato agrava a erosão por efeitos de precipitação, pressão pela captação e sitio de moradias desestruturais (ALBUQUERQUE, 2022).

Em outras áreas, também urbanizadas de forma inadequada, como à margem de leitos de rios, nota-se que os cursos d'água também sofrem com ações antrópicas resultando em enchentes e posteriormente o possível assoreamento do corpo hídrico, que se dá em virtude do grande volume de água de chuva que o rio passa a receber. Além do assoreamento, fatores como impermeabilização do solo devido a construção de asfaltos, também contribui para um maior volume de água no rio, pois a água não consegue permear no solo; aliados a esses transtornos ainda ocorre entupimentos de bueiros decorrente do lixo jogado na rua. As consequências são enchentes desastrosas, que causam inundação de residências, perdas materiais, contaminação com doenças como leptospirose, febre amarela e hepatite A. Questões de saúde pública, que refletem danos à população (DE OLIVEIRA, 2016).

Diante do exposto e ressaltando novamente o artigo 2º, inciso IV, da Constituição Federal atribui aos Municípios a responsabilidade de garantir um ordenamento territorial adequado, por meio do planejamento e controle do uso, parcelamento e ocupação do solo urbano. Isso implica na aplicação dos instrumentos urbanísticos estabelecidos pelo Estatuto da Cidade, conferindo aos Municípios um papel central no planejamento urbano. Essa disposição constitucional destaca a importância da gestão municipal na organização do

espaço urbano, visando promover o desenvolvimento sustentável, a qualidade de vida da população e a preservação do meio ambiente (SOUSA, 2019).

Cabe destacar que as Leis de Uso e Ocupação do Solo Municipal desempenham um papel crucial na organização e desenvolvimento das cidades brasileiras. Cada município possui sua própria legislação nesse sentido, que determina como as áreas urbanas e rurais podem ser utilizadas e planejadas. Essas leis, geralmente parte dos Planos Diretores Municipais, estabelecem diretrizes e normas para ocupação e uso das áreas dentro do território municipal. Seus principais objetivos incluem ordenar o crescimento urbano, promover o desenvolvimento sustentável e garantir qualidade de vida aos habitantes, por meio da definição de zonas residenciais, comerciais, industriais, áreas verdes, entre outras, e buscando assegurar infraestrutura adequada, acessibilidade, segurança e serviços públicos (PINTO, 2023). Dado as personalizações municipais da legislação de uso e ocupação do solo, a presente seção se compõe na abordagem de estudos de casos dedicados a identificar os impactos da urbanização causados sobre o solo em municípios situados em regiões brasileiras distintas.

Fernandes (2019) conduziu um estudo sobre os efeitos ambientais resultantes da ocupação desordenada do solo urbano em um bairro periférico da cidade de Bacabal, no Estado do Maranhão. O problema central abordado foi como essa ocupação desordenada contribuiu para a degradação ambiental e comprometimento das áreas de preservação permanente nas proximidades. O principal objetivo era analisar os impactos ambientais causados por essa ocupação irregular do solo urbano. Os resultados revelaram uma série de impactos ambientais associados também ao solo, como o assoreamento de córregos, desaparecimento de nascentes de água, escavação de poços sem proteção adequada dos lençóis freáticos, remoção indiscriminada de recursos naturais e extração de árvores nativas.

Sousa e Sousa (2019) investigaram os efeitos ambientais na área urbana de Nazária, município situado no Estado do Piauí, focando nas mudanças resultantes do crescimento da cidade desde sua independência. O objetivo era entender como esse desenvolvimento urbano influenciava a utilização do solo e a paisagem local, gerando problemas ambientais. Os resultados destacaram questões como erosão do solo e má gestão de resíduos, que contribuem para a contaminação do solo, ar e água, afetando a qualidade de vida dos residentes. Essas descobertas ressaltam a necessidade de abordar os desafios ambientais nas áreas urbanas de forma eficaz para mitigar seus impactos negativos no solo e no meio ambiente em geral.

Délio (2020) investigou os impactos da urbanização nas margens do Rio Pitimbu ao longo de um período de dez anos. Ele examinou o uso e ocupação do solo na área, destacando as consequências desse processo. O pesquisador realizou uma pesquisa detalhada sobre a urbanização na região, incluindo entrevistas com residentes locais e uma análise extensa da literatura existente. Em seguida, ele desenvolveu mapas que categorizaram o uso do solo em diferentes tipos, como vegetação, solo exposto e áreas urbanas, para compreender a progressão da urbanização ao longo do tempo.

Os resultados apontaram para uma diminuição na cobertura vegetal, aumento das áreas urbanizadas e solo exposto. Além disso, foram identificados diversos impactos ambientais associados à urbanização, como gestão inadequada de resíduos sólidos, maior demanda por água, assoreamento do rio, erosão do solo e perda de vegetação nas margens. Quanto à conformidade com as legislações, a maioria das leis estava sendo seguida, embora houvesse algumas discrepâncias em pontos específicos definidos pelo Plano Diretor do município de Parnamirim, no estado do Rio Grande do Norte. Délio (2020) ressaltou a

importância de fazer cumprir essas leis pelo poder público para mitigar os impactos negativos da urbanização.

Conceição *et al.* (2020) exploraram as fontes de poluição do solo na praia de Atalaia, situada em Salinópolis, Estado do Pará. Adotando uma abordagem dedutiva e realizando observações sistemáticas no local, identificaram os principais fatores de poluição e contaminação do solo. Constataram que a compactação e erosão do solo eram problemas predominantes. Além disso, observaram que a contaminação do solo estava diretamente ligada à disposição inadequada de substâncias químicas e resíduos sólidos, como óleos, plásticos, vidros e metais. Como conclusão, enfatizaram a importância de educar a comunidade sobre a disposição adequada de resíduos sólidos, por meio de estratégias de Educação Ambiental.

Rocha (2022) investigou as possíveis mudanças no microclima devido à expansão urbana em Pombal, cidade situada no Estado da Paraíba. Esse pesquisador analisou diversos indicadores, incluindo o Índice de Vegetação Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo, a Temperatura de Superfície Terrestre e o Saldo de Radiação, dentro dos limites urbanos da cidade. Utilizando imagens de satélite, o pesquisador observou uma diminuição na cobertura vegetal ao longo do tempo, o que sugere mudanças significativas na paisagem urbana. Como resultado desse declínio na vegetação, identificou-se um aumento na temperatura em áreas específicas dentro do perímetro urbano. Assim, por meio dessas descobertas, Rocha (2022) sugere que o crescimento urbano em Pombal está causando impactos no solo, como a redução da vegetação e o aumento da temperatura local, que podem desencadear consequências significativas para o meio ambiente e afetar a qualidade de vida dos habitantes dessa localidade.

Vieira *et al.* (2023) investigaram os efeitos ambientais decorrentes do processo de urbanização na cidade de Patos, no Estado da Paraíba. Utilizando uma abordagem ampla que incluiu análise cartográfica e revisão bibliográfica, eles identificaram uma série de questões relacionadas ao solo. Entre essas questões, estão a exploração e exposição do solo, a perda de biodiversidade causada pelo desmatamento, o aumento das inundações e enchentes, a emissão de gases poluentes e a contaminação dos recursos hídricos e do solo. Ainda segundo estes autores, a infraestrutura deficiente da cidade, especialmente a falta de saneamento básico adequado e a ausência de obras para drenagem de águas pluviais, exacerbam esses problemas ambientais e socioeconômicos. O manejo inadequado de resíduos sólidos também foi apontado como um desafio significativo. A vegetação às margens do Rio Espinharas está ameaçada devido à escassez de vegetação rasteira, desmatamento e construções irregulares, resultando em erosão, assoreamento e impermeabilização do solo.

A falta de instrumentos legais eficazes para ordenamento territorial, como a obsolescência do plano diretor e a ausência de leis que regulamentem o uso do solo, sugere uma falta de comprometimento com o planejamento adequado da cidade. Diante dessas dificuldades, Vieira *et al.* (2023) enfatizam a necessidade urgente de adotar medidas que promovam o desenvolvimento sustentável e a preservação ambiental, incluindo a revisão e atualização do plano diretor, a implementação de legislação para controlar o uso do solo e investimentos em infraestrutura adequada. Estes pesquisadores ressaltam a importância da conscientização da comunidade e da cooperação entre os setores público, privado e sociedade civil para alcançar um desenvolvimento urbano sustentável e garantir um futuro mais próspero, com qualidade de vida e preservação dos recursos naturais.

Correia (2023) conduziu um estudo sobre a transformação do uso e ocupação do solo em Apucarana, localizada no estado do Paraná, com foco na avaliação dos impactos sobre

os corpos hídricos urbanos. Através da análise de mapas e visitas em seis seções amostrais, foram identificados impactos significativos no solo devido à urbanização. Problemas como assoreamento, canalização de cursos d'água, poluição de nascentes, impermeabilização do solo e ocupação em áreas de preservação foram observados, evidenciando os impactos negativos da urbanização sobre a qualidade e integridade do solo. Esses resultados destacam a importância de equilibrar o crescimento urbano com a preservação ambiental para garantir um futuro sustentável para as cidades e o meio ambiente, inclusive protegendo a vitalidade do solo.

Enfim, os estudos de caso revisados forneceram uma amostra relevante e esclarecedora sobre os impactos da urbanização no solo em diferentes contextos locais. No entanto, é importante ressaltar que esses estudos representam apenas uma parcela limitada da realidade nacional. Uma coleta mais abrangente de dados em âmbito nacional se faz necessária para obter um panorama completo e representativo dos impactos da urbanização no solo em todo o país. Isso permitirá uma análise mais robusta e a formulação de políticas e estratégias mais eficazes para lidar com esses desafios ambientais em escala nacional.

3. CONCLUSÃO

A revisão bibliográfica realizada sobre os impactos causados ao solo pela urbanização revelou uma série de questões cruciais para a compreensão e enfrentamento desses desafios ambientais. Os estudos analisados demonstraram de forma consistente que o processo de urbanização tem implicações significativas na qualidade do solo, resultando em problemas como erosão, compactação, contaminação e perda de biodiversidade. Ao longo do trabalho, foi possível observar a complexidade desses impactos, que afetam não apenas o ambiente natural, mas também a saúde e o bem-estar das populações urbanas.

Os objetivos propostos para esta revisão foram plenamente alcançados, permitindo uma análise abrangente dos diversos aspectos relacionados aos impactos da urbanização no solo. A resposta para o problema de pesquisa foi claramente delineada, evidenciando a relação entre o crescimento urbano desordenado e os danos ao solo, bem como suas consequências para o meio ambiente e a sociedade.

No entanto, é importante reconhecer as limitações deste estudo. A revisão bibliográfica, por sua natureza, dependeu da disponibilidade e qualidade dos trabalhos selecionados, o que pode ter influenciado a abrangência das análises. Além disso, a falta de dados quantitativos específicos em alguns estudos limitou a capacidade de realizar uma avaliação mais precisa dos impactos.

Diante disso, recomenda-se a realização de pesquisas mais detalhadas e abrangentes, com enfoque em regiões específicas ou aspectos particulares dos impactos da urbanização no solo. Além disso, a integração de abordagens multidisciplinares e o envolvimento de diferentes atores, incluindo governos, comunidades locais e setor privado, são fundamentais para desenvolver estratégias eficazes de manejo do solo e planejamento urbano sustentável.

Como propostas para trabalhos futuros, sugere-se a investigação de práticas de manejo do solo em áreas urbanas, a avaliação do papel das políticas públicas na mitigação dos impactos da urbanização e o desenvolvimento de modelos de previsão de mudanças no solo em função do crescimento urbano. Essas iniciativas podem contribuir para uma melhor compreensão dos desafios enfrentados e para a promoção de cidades mais sustentáveis e resilientes no futuro.



Referências

- ALFONSIN, Betânia de Moraes; SEGAT, Flávia; GALLICCHIO, Juliana Raffaella de Souza; MONTANARI, Vitória. Do cercamento das terras comuns ao Estatuto da Cidade: a colonialidade do direito de propriedade como obstáculo para a efetivação do direito à cidade no Brasil / From the enclosure of common lands to the City Statute: the coloniality of property rights as an obstacle to the realization of the right to the city in Brazil. **Revista de Direito da Cidade**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 294–330, 2023. DOI: 10.12957/rdc.2023.64045. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/64045>. Acesso em: 3 abr. 2024.
- BOMFIM, C. H. L.; TORRES, E. C.; COSTA, M. V. dos S. da. EDUCAÇÃO AMBIENTAL E RESÍDUOS SÓLIDOS: paradigmático como ponte para a sensibilização. **Caderno Prudentino de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 46, p. 68–85, 2024. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/9949>. Acesso em: 4 abr. 2024.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm.
- CONCEIÇÃO, Mário Marcos Moreira da. et al. Fatores e impactos ambientais em solos praianos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58287-58297, 2020.
- CORREIA, Camila Nagy. **Impactos da urbanização em corpos hídricos na cidade de Apucarana-PR**. 2023. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.
- DÉLIO, Thiago Henrique de Oliveira. **Identificação dos Impactos Ambientais decorrente da urbanização em um trecho nas margens do rio Pitimbu**. 2020. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/37112/1/Trabalho%20de%20conclus%C3%A3o%20de%20curso-%20Thiago%20D%C3%A9lio%20pos%20banca.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2024.
- GOMES, Magno Federici; PINTO, Wallace Silva. Justiça socioambiental e processo de urbanização das cidades / Socio-environmental justice and city urbanization process. **Revista de Direito da Cidade**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 582–608, 2020. DOI: 10.12957/rdc.2020.39931. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/39931>. Acesso em: 1 abr. 2024.
- VIEIRA, Edson Trajano et al. O impacto da industrialização no processo de urbanização de Jacareí, SP. **Interações (Campo Grande)**, v. 24, p. 925-942, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.20435/inter.v24i3.3802>
- SANTOS, Angela Moulin S. Penalva. POLÍTICA URBANA NO BRASIL: A DIFÍCIL REGULAÇÃO DE UMA URBANIZAÇÃO PERIFÉRICA. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 36, p. e47269, 2020. DOI: 10.12957/geouerj.2020.47269. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/47269>. Acesso em: 3 abr. 2024.
- SOUSA, Laila Leslie Rocha. Principais impactos ambientais associados à urbanização: um estudo de caso na área urbana de Marabá (PA). 2019.
- SOTTO, Debora; PHILIPPI JR, Arlindo. Gestão da drenagem urbana em Planos Diretores de cidades brasileiras. **Wanda Maria Riso Günther**, p. 68, 2022. Disponível em: https://repositorio.unifesspa.edu.br/bitstream/123456789/1800/1/TCC_Principais%20impactos%20ambientais.pdf
- DE SOUZA, CARINA SIQUEIRA. O papel do zoneamento ambiental no planejamento municipal. 2013. PIDCC, Aracaju, Ano II, Edição nº 04/2013, p.154 a 175 Out/2013. Disponível em: www.pidcc.com.br
- DE OLIVEIRA, Lucas Garcia; BRANDÃO, Jeane de Fátima Cunha. RIO MANHUAÇU: IMPACTOS AMBIENTAIS DA URBANIZAÇÃO E LICENCIAMENTO DAS CONSTRUÇÕES. **Anais do Seminário Científico do UNIFACIG**, n. 2, 2016. Disponível em: <https://www.pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semariocientifico/article/view/128>



15

MODERNIZAÇÃO E FLEXIBILIZAÇÃO DO LICENCIAMENTO
AMBIENTAL: AVANÇO OU RETROCESSO?

MODERNIZATION AND FLEXIBILIZATION OF ENVIRONMENTAL
LICENSING: PROGRESS OR SETBACK?

André Luiz Bittencourt Pinto Junior
Eduardo Mendonça Pinheiro

Resumo

A legislação ambiental brasileira é avaliada como uma das mais desenvolvidas do mundo, visto que, ela é reputada como a mais completa e acurada, pois além de tratar da conservação ambiental, traz também ações preventivas que aspiram reduzir os impactos ambientais. O licenciamento ambiental ao longo de seus mais de 40 anos, sempre foi tema de debates acerca de sua eficácia, tanto nas esferas pública como privada, em virtude da burocracia e morosidade, bem como a insegurança jurídica e as altas demandas de licenciamento por parte dos órgãos competentes, tramita no Congresso brasileiro a PL 2.159/2021, Lei Geral do Licenciamento Ambiental, impulsionado, notadamente pelo setor privado. Face às acentuadas dificuldades encontradas no modelo atual do processo de licenciamento ambiental, questionou-se: a modernização e flexibilização das normas ambientais geram avanços ou retrocesso? Este trabalho visa discutir o modelo atual do processo de licenciamento ambiental, conjecturando sobre as implicações de sua modernização e flexibilização. O presente estudo teve por base a pesquisa de cunho bibliográfico (revisão de literatura). A contribuição que o estudo oferece é uma discussão na academia e sociedade civil, subsidiando novas pesquisas nesta temática, além de provocação ao poder público refletindo sobre a operacionalização nos processos de licenciamento ambiental, bem como a necessidade de seu aperfeiçoamento.

Palavras-chave: Licenciamento Ambiental, Modernização, Flexibilização.

Abstract

Brazil's environmental legislation is considered to be one of the most developed in the world, as it is reputed to be the most complete and accurate, because in addition to dealing with environmental conservation, it also includes preventive actions that aim to reduce environmental impacts. Throughout its more than 40 years, environmental licensing has always been the subject of debates about its effectiveness, both in the public and private spheres. Due to the bureaucracy and slowness, as well as legal uncertainty and the high demands for licensing by the competent bodies, PL 2.159/2021, the General Environmental Licensing Law, is being discussed in the Brazilian Congress, driven notably by the private sector. In view of the marked difficulties encountered in the current model of the environmental licensing process, the question arises: does the modernization and flexibilization of environmental regulations generate progress or setbacks? This paper aims to discuss the current model of the environmental licensing process, conjecturing on the implications of its modernization and flexibilization. This study was based on bibliographical research (literature review). The contribution that the study offers is a discussion in academia and civil society, subsidizing new research on this subject, as well as a provocation to public authorities reflecting on the operationalization of environmental licensing processes, as well as the need for their improvement.

Keywords: Environmental Licensing, Modernization, Flexibilization.

1. INTRODUÇÃO

A legislação ambiental brasileira é avaliada como uma das mais desenvolvidas do mundo, visto que, ela é reputada como a mais completa e acurada, pois além de tratar da conservação ambiental, traz também ações preventivas que aspiram reduzir os impactos ambientais.

O licenciamento ambiental é fruto da legislação ambiental brasileira, trazido pela Política Nacional do Meio Ambiente, através da lei 6.938/1981 e tem o papel fundamental em regular as condutas humanas e compatibilizar o exercício das atividades econômicas com a manutenção da qualidade ambiental.

O licenciamento ambiental possui natureza técnica e ao mesmo tempo constitui um tipo de processo administrativo submetido ao regime jurídico de direito público. Apesar de sua relevância, o licenciamento ambiental ao longo de seus mais de 40 anos, sempre foi tema de debates acerca de sua eficácia, tanto nas esferas pública como privada.

Em virtude da burocracia e morosidade, bem como a insegurança jurídica e as altas demandas de licenciamento por parte dos órgãos competentes, tramita há mais de 19 anos no Congresso brasileiro a PL 2.159/2021, Lei Geral do Licenciamento Ambiental, impulsionado, grande parte pelo setor privado. O texto que foi aprovado em 2021 pelo Poder Legislativo conta com a flexibilização do processo ambiental, trazendo inovações e tem como foco a celeridade e a simplificação deste processo.

Entende-se que, no que tange aos processos de licenciamento ambiental as dificuldades são consideravelmente majoradas.

Face às acentuadas dificuldades encontradas no modelo atual do processo de licenciamento ambiental, questionou-se: a flexibilização das normas ambientais gera avanços ou retrocesso?

Este trabalho teve como objetivo discutir o modelo atual do processo de licenciamento ambiental, conjecturando sobre as implicações de suas flexibilizações.

Foram definidos os seguintes objetivos específicos, partindo-se da: apresentação da legislação que regulamenta o processo de licenciamento ambiental no Brasil; descrição das principais dificuldades dos órgãos ambientais nos processos de licenciamento; relação de pontos positivos e negativos proposto na lei PL 2.159/2021 - Lei Geral do Licenciamento Ambiental.

O licenciamento ambiental é um instrumento importante dentro das políticas públicas. Nele são desenvolvidas ações preventivas que visam a proteção do meio ambiente por meio de verificação de conformidades de projetos e atividades potencialmente poluidores, além de fiscalizar a execução das condicionantes estabelecidas pela legislação ambiental contribuindo para a minimização ou eliminação de danos ao meio ambiente. Apesar da relevância do licenciamento ambiental para sociedade civil, observou-se muitos desafios para o desenvolvimento econômico e eficácia deste processo.

O estudo ressaltou a necessidade de um maior conhecimento com relação às dificuldades encontradas nas esferas pública e privada, especificamente nos processos de licenciamento ambiental. Além disso, a pesquisa enfatizou o papel das políticas públicas na busca de aperfeiçoamento deste processo.

A contribuição que o estudo oferece é uma discussão na academia e sociedade civil, subsidiando novas pesquisas nesta temática, além de provocação ao poder público refle-



tindo sobre a operacionalização nos processos de licenciamento ambiental, bem como a necessidade de seu aperfeiçoamento. Assim, justificou-se a realização e relevância da presente pesquisa.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Gil (2008) define pesquisa como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa deve ser desenvolvida mediante um percurso no qual deve ser observada a utilização cuidadosa dos métodos, técnicas e outros procedimentos que compõem a metodologia.

O presente estudo teve por base a pesquisa de cunho bibliográfico (revisão de literatura), no qual realizou-se uma busca ativa nas plataformas Google Acadêmico, revistas e artigos científicos. A pesquisa teve como objetivo a discussão do atual modelo do processo de licenciamento ambiental, refletindo sobre sua flexibilização.

Esta pesquisa foi fundamentada a partir de referências teóricas publicadas, como, artigos publicados em revistas científicas e congressos em língua portuguesa no período de 2013 a 2023. Já os critérios para exclusão, foram artigos científicos publicados em línguas estrangeiras e inferior ao ano 2013. Os descritores para as buscas dos dados foram os seguintes: licenciamento ambiental - modernização - flexibilização.

2.2 Resultados e Discussão

A Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA foi instaurada por intermédio da Lei Federal 6.938/1981, considerada como um marco inaugural da preservação jurídica do meio ambiente no Brasil e o princípio de sua etapa holística, no qual o ecossistema passaria a ser preservado cabalmente (SILVA, 2022).

De acordo com Silva (2022), vale ressaltar que mediante a PNMA foi instituído o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, com proeminência ao licenciamento ambiental, levando em conta como um instrumento imprescindível. Desta forma, a PNMA definiu e promoveu uma gestão ambiental alicerçado, pretendendo uma configuração descentralizada, com a cooperação dos órgãos e entes federativos.

Farias (2011) destaca, que no período de aprovação da PNMA pouquíssimos estados dispunham de órgãos competentes e estruturas de meio ambiente, transferindo ao IBAMA a competência para o licenciamento e fiscalização ambiental.

Conforme apresenta Maria Isabel Leite Silva de Lima e Fernando Rei (2017) “no Brasil, em 1973, houve a criação Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA). Em 1981 foi promulgada a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), introduzida pela Lei nº 6.938/1981[...]” com o destaque para o processo de licenciamento ambiental que é um dos instrumentos trazidos pela PNMA para atividades consideradas degradantes.

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) também criou:

[...] o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), composto por: Conselho do Governo, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República (atual Ministério do Meio Ambiente), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Reno-

váveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – (ICMbio), além dos órgãos setoriais e ambientais estaduais e municipais (art. 6º, lei nº 6.938/1981), (LIMA 2017, p. 385).

Segundo Silva (2022), outro ato relevante da PNMA foi a elaboração do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, tendo a incumbência de definir regras e parâmetros para o licenciamento de atividades potencialmente degradantes. Foi precisamente nessa conjuntura que o CONAMA designou por meio de sua Resolução nº 001, a regulamentação e utilização do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental – “RIMA”.

Miranda, Silva, Fahd Junior, Silva e Sousa (2016) destacam os inúmeros casos onde existe mais de um órgão para executar sua função administrativa, gerando conflitos de competência entre os entes federados. A falta de uma lei específica e clara, promovem interpretações divergentes o que leva a judicialização destes processos

Destarte, a Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997 de acordo com Fiorillo (2022) ela veio para expandir a compreensão do licenciamento ambiental fixando a competência para um único nível. No entanto, ao tentar solucionar o panorama de insegurança jurídica a Resolução Conama nº 237/97 segundo Silva (2022) gerou um outro panorama de incerteza. Visto que, o Art. 223, da Constituição Federal de 1988 definiu que a competência de licenciar, fiscalizar e até sancionar seria de modo cooperativo entre a União, os Estados, Distrito Federal e os Municípios.

Isto posto, Silva (2022) afirma que, com a finalidade de elucidar essa falha e consolidar normas inequívocas para assistir os órgãos ambientais, foi aprovada em 08 de dezembro de 2011 a Lei Complementar nº140 que define de forma indubitável em seu Art. 9º:

De acordo com o Art. 9º da lei Complementar 140/2011 foi definido que caberia aos municípios o licenciamento de atividades e empreendimentos que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, bem como os locados em unidades de conservação instituídas pelo município, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APA's) e delegadas pelo Estado por instrumento legal ou convênio.

À vista disso, a LC nº 140/2011 define que o licenciamento ambiental compete aos municípios por meio de duas maneiras, a primeira é através do município comprovar capacidade técnica perante ao estado e a segunda é por intermédio da do conselho estadual que estabelece e tipifica os níveis de impactos locais (SILVA, 2022).

Desde então a Resolução Conama 237/1997 passou a ser a norma predominante em vigor, repartindo o licenciamento ambiental em três fases, quais sejam: Licença Previa (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Fases estas distintas, delimitadas e conexas entre si.

Consoante o Art. 8º da Resolução Conama 237/1997, definem-se:

I – Licença Prévia – concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

II – Licença de Instalação – autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

III – Licença de Operação – autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Portanto, segundo Silva e Rei (2017), entende-se por regularização ambiental o aglomerado de normas e mecanismos aplicados pelos órgãos ambientais para dispor do exercício das políticas públicas ambientais e para Granziera (2015) as aplicabilidades dos órgãos públicos ambientais podem ser fracionadas em responsabilidades de prestação, cuidadosas ou de polícia administrativa e finalidades de incentivo.

De acordo com Silva e Rei (2017), é essencial analisar os procedimentos operacionais dos órgãos ambientais competentes, no que se refere ao licenciamento ambiental, que nos últimos anos não tem demonstrado avanços administrativos diante das adversidades ambientais.

Atualmente no Brasil o licenciamento é utilizado como uma ferramenta da política ambiental e de acordo com Fiorillo (2015) o licenciamento ambiental tem a finalidade de reduzir os impactos ambientais resultante de atividades humanas, definindo condições e extremos para a operação desses empreendimentos, resultando no poder de polícia da Administração Pública, através dessas ferramentas de gerenciamento de riscos, os efeitos negativos são constatados, atenuados e recuperados depois da avaliação.

Granziera (2015) afirma, que não é objetivo do licenciamento ambiental impedir a instalação de empresas, e sim de procurar métodos que diminuam os riscos dessas instalações, a não ser que os riscos de potenciais impactos ao meio ambiente no futuro sejam inequívocos.

Entende-se que, no que tange aos processos de licenciamento as dificuldades são consideravelmente majoradas. Segundo Ferreira e Rezende (2017) são constantes os entraves burocráticos ocasionados por agentes públicos. Segundo os autores supracitados as causas mais relevantes são: conflito político interno, politização de cargos, morosidade, burocratização, análises técnicas questionáveis.

Seixas e Sacarro Junior (2022) destacam que a ausência de uma lei exclusiva para o licenciamento ambiental gera insegurança jurídica e entraves, uma vez que, os órgãos ambientais adotam como norma decretos e portarias. Ademais os autores supracitados ressaltam que o quadro de funcionários dos órgãos ambientais é exíguo em comparação com a alta demanda de requerimentos de processos ambientais, ocasionando burocracias, bem como um aumento de tramitação nos processos.

Silva e Rei (2017) destaca que é necessário evoluir para um modelo que possa oferecer segurança jurídica para todos os lados, visto que o licenciamento ambiental inevitavelmente sempre irá versar divergências no qual alcançará respostas apropriada a perspectivas dessemelhantes acerca da utilização dos recursos naturais abrangido.

Atualmente está em tramitação no Senado Federal do Brasil o Projeto de Lei nº 2.159 de 2021 denominada de Lei Geral do Licenciamento Ambiental, a autoria desta PL é do Deputado Federal Luciano Zica (PT/SP) que dispõe sobre o licenciamento ambiental e regulamenta o inciso IV do parágrafo 1º do art. 225 da Constituição Federal, que altera as leis nºs 9.605/98 e 9.985/00, além de revogar o dispositivo da Lei nº 7.661/88 e dá outras providências.

A PL 2.159/2021 tem como principal objetivo de regular a Lei Geral do Licenciamento Ambiental, de modo a flexibilizar e simplificar o processo de licenciamento, gerando agi-

lidade, padronização e segurança jurídica. Entretanto Miranda, Silva, Fahd Junior, Silva e Sousa (2016) assinalam que tal flexibilização não ocasiona avanços no processo de licenciamento, longe disso, essas adaptações irão suscitar fissuras na legislação ambiental, implicando em retrocesso.

Um dos pontos positivos destacados por Silva e Rei (2022) é a ação para acelerar as análises dos processos ambientais por meio de alterações para prazos curtos para as análises e pareceres técnicos, além de inovações como a utilização de processos eletrônicos, permitindo que essas informações sejam públicas.

De acordo com Miranda, Silva, Fahd Junior, Silva e Sousa (2016) a suposta demora dos órgãos ambientais para analisar e conceder as licenças requeridas em muitos casos é devido os empreendimentos interessados apresentarem estudos incompletos ou de baixo nível de informações.

Com a intenção de simplificar o licenciamento foi proposto licenças bifásicas podendo ser LP/LI ou LI/LO para ocorrências de atividades que o órgão ambiental avalia ser adaptável para esse procedimento, não deixando de exigir estudos ambientais congruentes (SILVA; REI, 2017).

Miranda, Silva, Fahd Junior, Silva e Sousa (2016) alerta que essa flexibilização pode beneficiar somente aos setores empresariais, industriais e ruralistas, que almejam o progresso financeiro em desfavor da preservação dos recursos naturais e o desenvolvimento sustentável.

No cenário atual é exigido pelos órgãos ambientais a Certidão de Uso e Ocupação de Solo – CUOS para o processo de licenciamento, em conformidade com a CONAMA 237/97. Todavia a PL 2.159/21 revoga esse procedimento, o que é considerado por Silva e Rei (2017) como ponto negativo, a CUOS garante que a atividade é compatível com a avaliação da área a ser instalada.

A proposta apresenta outra alteração bastante polêmica, que é a renovação automática da LO através de um documento autodeclaratório, considerada um ponto negativo por Silva e Rei (2017), uma vez que, caso o texto seja aprovado, é primordial que sejam realizadas visitas *in loco* para avaliar se a declaração do empreendimento está de acordo com a realidade. No entanto, boa parte dos órgãos ambientais carece de recursos financeiros e humanos, obstando a eficácia dessa medida.

Em síntese, na atualidade o período máximo para análises dos processos de licenciamento ambiental pelo órgão competente é de doze meses para EIA e seis meses para os demais, com a nova proposta esse período máximo reduzirá para dez meses para processos que são exigidos EIA e seis meses para os demais. Para as licenças chamadas bifásicas o prazo máximo para concessão da licença é de seis meses (SILVA; REI, 2017).

3. CONCLUSÃO

O Licenciamento ambiental é fruto da legislação brasileira, considerada uma das mais avançadas no mundo, entretanto as normas adotadas pelos órgãos ambientais são baseadas predominantemente em resoluções, portarias e decretos. A inexistência de uma lei específica regulamentadora acerca desta temática instaura insegurança jurídica, sobretudo nos setores privados.

Dado o acima exposto, diante da necessidade premente, tramita no Senado brasileiro um projeto de Lei PL 2.159/2021 denominado de Lei Geral do Licenciamento Ambiental.



Porém, antes mesmo de sua aprovação esta PL é tema de debates acirrados sobre suas implicações, pois seu principal objetivo consiste na modernização e flexibilização do atual modelo do processo de licenciamento ambiental.

Com base na observação dos pontos positivos e negativos, a flexibilização pode trazer avanços no processo de licenciamento ambiental, uma vez que a simplificação do licenciamento de atividades com baixo potencial poluidor somado a padronização dos procedimentos torna este processo mais transparente e célere.

Outrossim, para alguns autores a implementação desta PL consiste em um considerável retrocesso para o meio ambiente, visto que a flexibilização do licenciamento pode gerar insegurança jurídica fragilizando a proteção ambiental.

Em suma o processo de licenciamento ambiental no Brasil existe há mais de quatro décadas. Ao longo desse período o país passou por diversas mudanças, sejam elas no âmbito político, socioambiental e econômico. É primordial, portanto, que este processo se modernize e acompanhe essa dinâmica em busca de seu aperfeiçoamento.

No entanto, é indispensável manter-se atento em relação aos pontos negativos que a proposta apresenta, visto que a dispensa de apresentação da CUOS e a renovação automática da LO pode denotar retrocesso, uma vez que, essas alterações geram efeitos negativos e podem causar danos futuros ao meio ambiente.

Portanto, faz-se necessária a discussão desta temática, contribuindo para a academia e sociedade civil, bem como sugerindo novas pesquisas e reflexões sobre o modelo mais eficiente do processo de licenciamento ambiental.

Referências

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da Republica Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2024]. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 12 de junho de 2024.

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, [2011]. Disponível em: . Acesso em: 12 de junho de 2024.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, [1981]. Disponível em: . Acesso em: 12 de junho de 2024;

BRASIL. Projeto de Lei nº 2159, de 2021 (nº 3.729/2004, na Câmara dos Deputados).Dispõe sobre o licenciamento ambiental; regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da Constituição Federal; altera as Leis nºs 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e 9.985, de 18 de julho de 2000; revoga dispositivo da Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988; e dá outras providências., [1981]. Disponível em: . Acesso em: 10 de junho de 2024;

BRASIL. Resolução Conama 001, de 23 de janeiro de 1986. **O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - IBAMA**, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, e Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>. Acesso em: 10 de junho de 2024;

BRASIL. Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**: seção 247, Brasília, DF, ano 139, n. 8, p. 646, 19 jan. 1997. Disponível em:<https://conama.mma.gov.br/?op>

tion=com_sisconama&task=arquivo.download&id=237 . Acesso em: 10 de junho de 2024;

FARIAS, T. **Licenciamento Ambiental: Aspectos Teóricos e Práticos**. Prefácio de Paulo Affonso Leme Machado. 3 Ed. Belo Horizonte: Fórum, 2011.

FERREIRA, P. M. M.; REZENDE, E. N. **O Licenciamento Ambiental Sob a Ótica do Direito Constitucional Contemporâneo**. Maringá - Revista Jurídica Cesumar, 2017. Disponível em: <http://www.dx.doi.org/10.17765/2176-9184.2017v17n2p465-481.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2023.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. CURSO DE DIREITO AMBIENTAL BRASILEIRO. 22. Ed. São Paulo: SaraivaJur, 2022.

FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. LICENCIAMENTO AMBIENTAL. 22. Ed. São Paulo: SaraivaJur, 2015.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito ambiental**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2015.

LIMA, Maria Isabel Leite Silva de; Rei, Fernando. **40 anos de licenciamento ambiental: um reexame necessário**. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v.8 n.2, p 378-410, maio/ago. 2017. doi: 10.7213/ver.dir.econ.soc.v8i2.16646.

Modificações no Processo de Licenciamento Ambiental: Avanços ou Retrocessos. **VII CONGEA – CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 2016, Campina Grande. Acesso em: 25 maio. 2024.

SEIXAS, Luiz Felipe Monteiro; SACCARRO JUNIOR, Nilo Luiz (2022). **O licenciamento como instrumento de regulação ambiental**: Desafios, propostas e perspectivas, Texto para Discussão, No.2808, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, <https://doi.org/10.38116/td2808>

SILVA, J. A. B; SILVA, M. S. V. **Análise da Evolução do Empreendedorismo no Brasil no Período de 2002 a 2016**. Goiás - Revista Estudos e Pesquisas em Administração, 2019. Disponível em: <http://www.orcid.org/0000-0003-06931378.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2023.

SILVA, Rodrigo Carvalho. Licenciamento Ambiental: seu histórico, aplicações, definições, limitações e eventuais conflitos com a gestão urbanística municipal. 2022. Dissertação (bacharel em Direito) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/20732>. Acesso em: 10 jun. 2022.



16

COMPOSTAGEM DOMÉSTICA: COMO PRÁTICA DE EDUCAÇÃO
AMBIENTAL E GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS
DOMICILIARES

HOME COMPOSTING: AS A PRACTICE FOR ENVIRONMENTAL
EDUCATION AND HOUSEHOLD ORGANIC SOLID WASTE
MANAGEMENT

Leandra Nina Muniz

Resumo

A maioria das cidades no Brasil e no mundo vem enfrentando sérios problemas relacionados a geração de resíduos e a falta do conhecimento sobre alternativas para o destino dos resíduos sólidos urbanos, o crescimento acelerado e desordenado das cidades brasileiras, associado ao consumo, em larga escala, de produtos industrializados e descartáveis, tem causado um aumento excessivo na quantidade de resíduos sólidos domésticos nas áreas urbanas. Que se constitui em um problema econômico, social e ambiental. Esses resíduos em sua maioria são formados por matéria orgânica (MO), oriundo de residências, supermercados, feiras de ruas e restaurantes. Este estudo apresenta a compostagem doméstica como alternativa para o tratamento adequado dos resíduos orgânicos gerados dentro do âmbito domiciliar a fim de enaltecer a importância da reciclagem dos resíduos orgânicos e estimular a educação ambiental no meio urbano.

Palavras-chave: Resíduos Orgânicos, Compostagem, Compostagem doméstica, Resíduos Sólidos.

Abstract

Most cities in Brazil and around the world have been facing serious problems related to waste generation and the lack of knowledge about alternatives for the disposal of urban solid waste, the accelerated and disorderly growth of Brazilian cities, associated with the large-scale consumption of industrialized and disposable products, has caused an excessive increase in the amount of domestic solid waste in urban areas. Which constitutes an economic, social and environmental problem. Most of this waste is made up of organic matter (OM), coming from homes, supermarkets, street markets and restaurants. This study presents domestic composting as an alternative for the adequate treatment of organic waste generated within the household to highlight the importance of recycling organic waste and encourage environmental education in urban areas.

Keywords: Organic Waste, Composting, Home composting, Solid Waste.



1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado e desordenado das cidades brasileiras, associado ao consumo, em larga escala, de produtos industrializados e descartáveis, tem causado um aumento excessivo na quantidade de resíduos sólidos domésticos das áreas urbanas. Que se constitui em um problema econômico, social e ambiental. Esses resíduos em sua maioria são formados por matéria orgânica (MO), oriundo de residências, supermercados, feiras de ruas e restaurantes. A disposição desses resíduos é realizada muitas vezes em lixões, a céu aberto, causando danos ao meio ambiente.

Este artigo trouxe como objeto de estudo uma fração importante presente nos resíduos sólidos domiciliares; a matéria orgânica que se constituem de resíduos orgânicos como sobras e perdas de alimentos e resíduos verdes, a compostagem é uma das melhores opções para gestão e tratamento da fração orgânica compostável produzidas nas residências urbanas.

Grande parte dos problemas ambientais do mundo é, sem dúvida, a grande quantidade de resíduos sólidos gerados pela sociedade, o lixo orgânico tem um grande potencial para causar impacto no meio ambiente, os resíduos orgânicos urbanos são uma importante fonte de gases de efeito estufa para a atmosfera. Diante do contexto apresentado, de que forma o tratamento dos resíduos orgânicos por meio da compostagem doméstica pode influenciar na redução da quantidade de gases de efeito estufa?

Nesse contexto, objetivo geral deste artigo foi ressaltar a problemática dos resíduos sólidos, enfatizando a importância da reciclagem dos resíduos sólidos orgânicos através da compostagem. Para isso, o trabalho seguiu os objetivos específicos, que serão aprofundados no decorrer dos capítulos que é: Apresentar o conceito de resíduos sólidos urbanos e suas classificações, apresentar a Problemática da disposição inadequada dos resíduos sólidos, Resíduos Sólidos Domiciliares e a compostagem.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, o seguinte trabalho utilizou a metodologia de revisão bibliográfica, cujas fontes primárias constituíram – se de fontes confiáveis, no presente artigo foi realizado um estudo de cunho qualitativo e descritivo com elaboração de revisão bibliográfica, os dados foram desenvolvidos a partir de registros disponíveis em: monografias, artigos científicos, livros digitais, encontrados em bases online como: Scielo, Google Acadêmico, Periódicos Capes entre outros publicados no período de 2009 a 2016 as buscas ocorreram em julho e novembro de 2023 a maio 2024. Palavras-chaves utilizadas nas buscas; Compostagem, Resíduos Sólidos Urbanos, Resíduos Sólidos Orgânicos Domiciliares.

2.2 Resultados e Discussão

O resultado dos estudos realizados mostrou como o tratamento dos resíduos orgânicos por meio da compostagem doméstica pode influenciar na redução da quantidade de gases de efeito estufa, o tratamento dos resíduos orgânicos por meio da compostagem doméstica pode influenciar significativamente na redução da quantidade de gases

de efeito estufa.

A compostagem doméstica é uma forma eficaz de transformar resíduos orgânicos, como restos de comida e materiais vegetais, em rico adubo para as plantas. Ao compostar esses resíduos em vez de descartá-los em aterros sanitários, reduzimos a produção de metano, um dos principais gases de efeito estufa. Além disso, a compostagem doméstica ajuda a diminuir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários, contribuindo para a redução da emissão de gases poluentes associados ao transporte e ao tratamento desses resíduos.

A compostagem domiciliar tem um importante papel na mitigação dos (GEE) para atmosfera, pois na compostagem, sistema aeróbico a geração de (GEE) nos sistemas de tratamento de resíduos urbanos pode ser fortemente reduzida através de sistemas aeróbios, entre eles a compostagem, e processos térmicos de aproveitamento de energia no caso dos sistemas anaeróbios, a compostagem aeróbia reduz até 90% dos gases de efeito estufa.

O Brasil é um país fortemente populoso, apresentando, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 84,72% da população brasileira concentrada em áreas urbanas, onde são geradas estimativamente 29 milhões de toneladas anuais de resíduos orgânicos que são depositados erroneamente em lixões, ou dispostos em aterros sanitários, representando risco à saúde da população e ao meio ambiente (IBGE, 2015).

Diante da enorme geração de resíduos orgânicos, um dos grandes desafios para o ser humano atualmente é destinação correta deste resíduo embora a problemática dos resíduos orgânicos apresente caráter global, sua amenização pode ser de maneira individual, com a prática da compostagem (WANGEN; FREITAS, 2010).

Segundo Besen (2011), a composição geral dos resíduos pode ser representada pelas parcelas de matéria orgânica, materiais recicláveis e materiais diversos, sendo a matéria orgânica composta por material biodegradável. Segundo o Decreto-Lei nº152/2002, são considerados biodegradáveis os resíduos que podem ser sujeitos a decomposição anaeróbia ou aeróbia.

Para Reis (2006), os restos de alimentos, juntamente com todo o material sólido de origem orgânica (vegetal ou animal) gerados nos domicílios, constituem os resíduos sólidos orgânicos domiciliares, parcela considerável dos resíduos biodegradáveis. Ainda segundo o autor ressalta que os resíduos originados nas residências familiares típicos, contêm, em média, 67,0% de restos de alimentos, 19,8% de papéis, 6,5% de plásticos, 3,0% de vidros e 3,7% de metais.

Atualmente, os resíduos sólidos orgânicos domiciliares são depositados em aterros sem a possibilidade de um reaproveitamento adequado, contudo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece que somente devem ser enviados para aterros sanitários os resíduos que não tenham mais nenhuma possibilidade de recuperação ou reciclagem, ou seja, os rejeitos (Ibid.).

Segundo a Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), os resíduos sólidos orgânicos domiciliares apresentam várias implicações com relação a exploração dos aterros e lixões, tais como: produção de biogás, que inclui compostos que atuam ao nível do efeito estufa; produção de lixiviados, que alteram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas; e proliferação de vetores, que servem como intermediários na propagação de doenças como: dengue, malária, febre amarela, Zika, Chikungunya (BRASIL, 2010).

Para Inácio, Miller (2009), o principal desafio do gerenciamento de resíduos urbanos é reciclar a maior quantidade possível de resíduos para reduzir de modo significativo a



quantidade a ser disposta nos aterros. Isto aumentaria a vida útil dos aterros e diminuiria seus custos operacionais. Neste sentido, a principal estratégia tem sido a ênfase na reciclagem de embalagens. Apesar desses esforços, na realidade brasileira, uma pequena parte é efetivamente reciclada e os aterros, sanitários ou não, recebe grande quantidade de resíduos recicláveis - incluindo a fração orgânica representada pelos restos de alimentos.

O crescimento e a longevidade populacional, associado à superorganização e ao aumento da aquisição de novas tecnologias, produz imensas quantias de resíduos. Além do crescimento da geração de resíduos, observa-se ao longo dos últimos anos, mudanças significativas em suas composições e características, além do aumento de sua periculosidade (MAZZA *et al.*, 2014).

Estima-se que até 2050, o Brasil terá um aumento de 50% na geração de resíduos sólidos, ultrapassando a 100 milhões de toneladas. Por isso, a destinação correta é fundamental para a sociedade “[...] para o ambientalista Paul Hawken Para interromper esse ciclo danoso do lixo, uma das alternativas é a compostagem, que transforma as sobras orgânicas em adubo. Em 2015, os Estados Unidos compostaram 38% dos alimentos descartados e a Europa, 57%. Ainda de acordo com o autor “Se todos os países de baixa renda atingirem a taxa americana e todos os de alta renda alcançarem a marca da União Europeia, a compostagem poderia evitar emissões de gás metano equivalentes a 2,3 giga toneladas de dióxido de carbono até 2050 [...]” (BELIEVE EARTH, 2017).

Considerando a coleta de RSU no Brasil e a composição gravimétrica já apresentada, em 2018 a fração orgânica correspondeu a cerca de 37 milhões de toneladas (SNIS-RS, 2019, ano-base 2018). Desse montante, apenas 127.498 toneladas foram valorizadas em unidades de compostagem. O restante da matéria orgânica gerada nas cidades brasileiras foi encaminhado para disposição em aterros sanitários ou, de maneira inadequada, para aterros controlados e lixões (SNIS-RS, 2019, ano-base 2018) (PLANARES,2022).

O aterro sanitário ainda figura no país como principal forma de destinação final ambientalmente adequada. Embora seja uma alternativa para eliminar as formas de disposição final inadequadas (lixões e aterros controlados), é essencial implementar políticas de redução, reciclagem e valorização dos orgânicos para ampliar a vida útil dos aterros sanitários, mitigar as emissões de gases de efeito estufa e reduzir os custos com a manutenção de tais unidades (Ibid.).

Na tentativa de equacionar esse problema, vários métodos de tratamento e disposição de resíduos orgânicos foram e vêm sendo pesquisados em todo o mundo nesse sentido, a compostagem orgânica surge como uma técnica ambientalmente correta na busca por amenizar os grandes problemas enfrentados nos lixões e aterros sanitários (VERGNOUX *et al.*, 2009).

O aumento na produção de RSU é fator determinante na adoção do uso da compostagem doméstica, considerando a quantidade de resíduos gerados pela população em constante crescimento. A destinação final dos resíduos gerados, a manipulação destes resíduos e as medidas de tratamento são importantes para mitigar os impactos ambientais causados (OLIVEIRA,2019).

A degradação dos resíduos orgânicos é uma das principais fontes de emissão de metano. Os aterros sanitários são a terceira maior fonte antropogênica mundial de metano (HUMER; LECHNER, 1999; ROSE; MAHLER; IZZO, 2012). Assim, seu tratamento ambientalmente adequado promoverá a redução de emissões de gases de efeito estufa e contribuirá para os esforços nacionais para o combate às mudanças climáticas, bem como para a adaptação aos efeitos adversos da mudança do clima, uma vez que a ocorrência de eventos adversos tende a ser agravada com a presença de lixões, e com os impactos ambientais

deles decorrentes (PLANARES,2022).

Como por exemplo a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas por meio do chorume, bem como a proliferação de doenças e vetores. Assim, se aumenta a resiliência e a segurança em relação a eventuais eventos climáticos extremos. Dessa forma, deve-se estimular a redução da geração, como por exemplo com campanhas para combater o desperdício de alimentos, e optar por rotas tecnológicas para tratamento de resíduos com menor emissão de GEE como alternativa à disposição final, uma vez que os resíduos orgânicos podem ser reciclados e valorizados, sendo as principais alternativas de aproveitamento a compostagem e a digestão anaeróbia para geração de biometano (Ibid.).

De acordo com Zango e Barros, (2019). No Planares, os resíduos orgânicos são denominados “resíduos úmidos”, classificação que remete à forma mais simples de separação dos resíduos sólidos na fonte, ou seja, entre secos e úmidos. O plano apresenta como diretriz específica para a redução da produção de resíduos sólidos urbanos úmidos (RSUU) “induzir a compostagem.

Os processos de compostagem estão consolidados e cada vez mais integrados à agricultura por meio do composto e biofertilizante de RSU, que se mostram importantes aliados à fixação de carbono no solo e combate aos processos erosivos. Projetos de médio e grande portes para recuperação de biogás e aproveitamento de biometano integrados a projetos de mobilidade e transporte de cargas são observados nas cinco regiões do País. Há adesão dos grandes geradores na separação dos resíduos orgânicos na fonte, com vistas ao seu posterior aproveitamento, e ampliação, ainda que incipiente, da segregação na fonte em domicílios (PLANARES,2022).

O processo de compostagem é uma solução simples, de baixo custo e alto potencial resolutivo, pois que visa tratar de forma ambientalmente correta a fração orgânica é a compostagem, um processo de biodecomposição da matéria orgânica dependente de oxigênio e com geração de calor, chegando a temperaturas típicas de 50°C a 65°C, e picos que podem chegar a mais de 70° C. Este processo sob condições controladas transforma os resíduos orgânicos em um material parcialmente estabilizado semelhante ao húmus, que pode ser utilizado para a recuperação de solos degradados, cultivos agrícolas e florestais além de paisagismo, para adubação do solo (INÁCIO; MILLER, 2009 *apud* CHIABI, 2017).

Os resíduos orgânicos, que são os restos de alimentos e folhas secas de jardins e restos de podas, na maior parte das vezes acabam sendo levados para os aterros sanitários ou infelizmente para lixões, o que é um verdadeiro desperdício de nutrientes e matéria orgânica. Porém, esses resíduos orgânicos, separados dos rejeitos (materiais que não podem ser reaproveitados e reciclados, devem ser destinados a aterros sanitários), podem ser reaproveitados num processo chamado compostagem, para fertilizar e manter os solos saudáveis e vivos. A compostagem não necessita de grandes exigências tecnológicas ou de equipamentos de alto custo (SEMIL,2023).

Para Inácio; Miller, (2009), a compostagem de resíduos orgânicos gera um benefício como produto final, o composto orgânico para uso agrícola, constituindo-se num processo que possibilita o cumprimento dos itens considerados fundamentais no conceito de desenvolvimento sustentável para o eficiente tratamento e disposição de resíduos sólidos: (a) Minimização de impactos ambientais; (b), Minimização de rejeitos; (c) Maximização da reciclagem.

A compostagem é uma solução que vai ao encontro da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010), sendo definida por esta como uma forma de destinação final ambientalmente adequada, além de ser uma atribuição do titular dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos a responsabilidade da compostagem, a articulação



com agentes econômicos e sociais e também a definição das formas de utilização do composto produzido. Além disso, a compostagem também contribui significativamente com os objetivos apresentados na política, como a redução na pressão sobre os aterros sanitários, geração de empregos e renda e na valorização econômica dos resíduos (CHIABI, 2017).

Segundo a PNRS, em seu Art. 3º, inciso VII, definiu que destinação final ambientalmente adequada compreende a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, dentre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Vale ressaltar que a opção de disposição final ambientalmente adequada, nos termos da PNRS, cabe apenas aos rejeitos, isto é, para os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, não apresentem outra possibilidade que não a disposição em aterro sanitário. Sendo, portanto, a disposição final ambientalmente adequada a última opção na escala de destinação de resíduos. Um avanço importante foi a diferenciação de resíduos de rejeitos pelo Art. 3 e a definição de uma ordem de prioridades na gestão de resíduos no Art. 9 constituída da não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

A prática de compostagem pode variar desde pequenos sistemas de baixa complexidade na escala domiciliar até a compostagem industrial em larga escala. (PLATT *et al.*, 2014 *apud* CHIABI, 2017). Independentemente da escala, a compostagem surge como alternativa eficaz para reduzir resíduos, gerando um composto rico em nutrientes. A compostagem doméstica destaca-se pela redução dos resíduos em lixões e no uso excessivo de fertilizantes industriais. (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Em relação aos resíduos orgânicos o inciso V do Art. 36 da Constituição Federal afirma que os resíduos orgânicos representam cerca de 50% dos resíduos urbanos gerados em solo brasileiro, sendo que esses podem ser reciclados a partir de processos como a compostagem, em qualquer escala, desde a doméstica até a industrial (DENDASCK *et al.*, 2021).

O crescimento populacional recente levou ao aumento dos resíduos sólidos urbanos, apresentando desafios econômicos, sociais e ambientais. Estes resíduos, provenientes de residências, supermercados e restaurantes, frequentemente são descartados em aterros, prejudicando o ambiente. As vantagens desse modelo são o baixo custo de implantação e a redução do impacto gerado no transporte dos resíduos, além de aproximar o gerador do local onde os seus resíduos são tratados, gerando assim maior conscientização da população (MMA, 2010).

A problemática dos resíduos sólidos urbanos impõe desafios ambientais e de saúde pública devido a descartes inadequados. A compostagem, além de minimizar esses impactos, produz adubo aplicável em diversas esferas. Além de reduzir resíduos, esse processo recupera nutrientes, enriquecendo o solo para agricultura e jardinagem. O húmus resultante aprimora a estrutura física, físico-química e biológica do solo, diminuindo a necessidade de fertilizantes químicos (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Os resíduos orgânicos desempenham um papel importante nos ciclos de nutrientes, e, dessa forma, destiná-los para os aterros sanitários, além de acarretar grandes desperdícios econômicos, está ferindo os princípios e preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei de Nº 12.305/2010). Esta prevê que apenas os rejeitos devem seguir para disposição final. A fim de que a função natural dos resíduos orgânicos seja resgatada, isto é, a de fertilizar os solos, recomenda-se a adesão a um outro tipo de separação para esses

resíduos. Deve-se considerar a realidade concreta dos centros de triagem de associações e cooperativas de catadores. Assim sendo, a separação pode ser feita a partir de três fases:

De acordo com Inácio e Miller (2009), em primeiro lugar, passa-se a valorizar os resíduos orgânicos, o que facilita o processo de compostagem, garantindo-se, ainda, a qualidade do adubo final. Em segundo lugar, reduz-se a contaminação dos resíduos recicláveis secos – papel, plásticos, vidro, metal e semelhantes – sendo que esses, geralmente, são encaminhados para as indústrias de reciclagem.

Assim sendo, quanto menor a quantidade de resíduos orgânicos que chega nas centrais de triagem, mais simples e higiênico será o processo de separação dos resíduos secos, bem como melhores serão as condições de trabalho dos catadores (MMA, 2017). Há, ainda, um terceiro motivo para que a separação correta seja um hábito: a separação em três frações faz com que seja enviado ao aterro apenas aquilo que não pode de nenhuma forma ser aproveitado, isto é, os rejeitos (GLIESSMAN, 2009 apud DENDASCK *et al.*, 2021).

Quando a fração orgânica é separada na origem, nas residências, ela não se mistura com a fração Inerte (vidro, plástico, papel) resultando num composto de bom aspecto e boa qualidade. As altas temperaturas (55°C a 85°C) atingidas durante o processo de transformação dos resíduos na compostagem garantem a ausência de patógenos comuns ao homem no produto final que será utilizado como condicionador do solo (INACIO; MILLER, 2009, p18).

Para Inacio *et al.* (2010), atividades agrícolas, agroindustriais e urbanas geram grandes quantidades de resíduos orgânicos que são uma importante fonte de gases de efeito estufa para a atmosfera. A forma de disposição final ou tratamento desses resíduos é decisiva na quantidade desses gases de efeito estufa que são emitidos. Algumas tecnologias são consideradas mitigadoras, por exemplo compostagem, por reduzirem as emissões de gases de efeito estufa por tonelada de resíduo tratado.

Conforme Pickin *et al.* (2002 apud INÁCIO *et al.* (2010), a compostagem gera baixas quantidades de metano por tonelada de resíduo orgânico em comparação com formas de tratamento anaeróbio ou disposição em aterro. Desta forma, a compostagem de resíduos apresenta grande potencial como estratégia (ação) de mitigação das emissões de metano, mesmo no contexto de amplos sistemas de gestão de resíduos urbanos, agrícolas ou agroindustriais.

A compostagem é uma prática que consiste em aproveitar os micro-organismos presentes na matéria orgânica para transformar os resíduos em fertilizantes. Segundo Monteiro *et al.* (2001 apud OCCO, 2016), a compostagem trata-se de um método economicamente viável como alternativa de valorização de resíduo. Onde a compostagem traz diversos benefícios para o meio ambiente e para a sociedade, como redução do volume do lixo enviado aos aterros sanitários e diminuição dos custos de transporte e disposição final.

Devido ao tratamento do lixo na maioria das cidades brasileiras ainda ser deficiente, muitos locais de destinação de resíduos (lixões e aterros) não possuem tratamento adequado, o que leva a danos ambientais e à saúde, muitas vezes irreparáveis. Como é o caso da contaminação do solo, água superficial e lençol freático causado pelo chorume, líquido produzido pela decomposição de resíduos orgânicos, contaminado com metais pesados e outras substâncias tóxicas, além de excrementos humanos e animais (GOUVEIA, 1999; NADOLNY, 2009 apud OCCO, 2016).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES, determina o aumento crescente da recuperação de resíduos, estabelecendo uma meta para que metade do lixo gerado passe a ser valorizado por meio da reciclagem, compostagem, biodigestão e recuperação

energética, o que representa um grande avanço se comparado ao cenário atual em que apenas 3% dos resíduos sólidos urbanos são recuperados (TERRANOVA; FILHO,2022).

Em alguns municípios brasileiros a compostagem já é Lei, um exemplo disso é a lei da compostagem de Florianópolis Lei 10.501/2019 conhecida como a primeira Lei de Compostagem no Brasil se aplica a pessoas jurídicas como condomínios residenciais ou comerciais, restaurantes, supermercados e entes jurídicos públicos. Ficou definido um cronograma que estabelece metas crescentes para destinação dos resíduos orgânicos à compostagem (LEIS MUNICIPAIS,2019).

Dessa forma, fica evidente que o tratamento dessa fração é indispensável para eficiência da gestão ambiental das municipalidades brasileiras, principalmente pela capacidade de evitar ou diminuir dezenas de milhares de toneladas que possam ser desperdiçadas diariamente em aterros sanitários (GUIDONE,2015).

Chan et al. (2010) apud (Guidone,2015) ressaltam a importância da compostagem domiciliar como ferramenta na gestão do RSU de pequenos municípios, o que pode ser adaptado para realidade brasileira, que tem o maior número de municípios com população inferior a 50 mil habitantes. “[...] Os processos de compostagem têm se estabelecido como formas eficientes de minimizar a problemática ambiental e de reduzir volume de resíduos sólidos orgânicos descartados [...]” (PEREIRA et al., 2013).

Como uma parcela significativa dos RSU é constituída de resíduos orgânicos e gerada em domicílios, a técnica de compostagem domiciliar é uma alternativa de tratamento a ser considerada para a reciclagem da fração que corresponde aos ROD, pois caracteriza-se por um processo natural de decomposição biológica, controlável e operado *in situ*. Isso significa que os restos e sobras de frutas, legumes e hortaliças são os materiais viáveis no processo; que essa tecnologia pode ser aplicada nas mediações dos próprios domicílios (STONE, 1990 apud GUIDONE, 2015).

Em relação a logística que envolve o gerenciamento dos RSU, cabe destacar que a compostagem domiciliar apresenta menor gasto energético e de recursos quando comparado com os demais métodos de aproveitamento, uma vez que, no mesmo local onde é gerado o resíduo, é realizada a reciclagem da matéria prima e também o uso do composto maturado (ANDERSEN et al., 2011 apud GUIDONE, 2015).

No processo de compostagem existem diferentes comunidades de microrganismos que decompõem a matéria orgânica e produzem CO₂, água, calor e húmus, acabando por produzir, finalmente, o composto orgânico estável. Sob condições ideais, a compostagem ocorre através de três fases consecutivas: mesofílica, termofílica e maturação (SILVA et al., 2013).

De acordo com Carvalho (2015 apud ANDRADE, 2015) a fase mesofílica é caracterizada como o início da decomposição da matéria orgânica, liberando calor e vapor d’água, com formação de ácidos e toxinas de curta duração. Essa fase pode durar de 2 a 5 dias e atingir temperaturas de 40°C (KIEHL, 1985). Em seguida, ocorre a fase termofílica, onde a degradação é feita de forma ativa, ou seja, as reações bioquímicas são mais intensas e prevalecem os fungos e bactérias denominadas termofílicas, capazes de sobreviverem em temperaturas entre 65°C e 70°C. Segundo Carvalho (2015), pode durar de 60 a 90 dias, tempo que está diretamente ligado a fatores ambientais, quantidade dos resíduos, população microbiana e balanço de nutrientes.

A última fase é denominada de maturação ou humificação, onde acontece a diminuição da temperatura pela redução da atividade dos microrganismos, a maturação do composto ocorre quando a decomposição microbiológica se completa e a matéria orgânica

é transformada em um material rico em nutrientes, denominado composto orgânico ou composto estabilizado (CARVALHO, 2015 *apud* ANDRADE, 2015).

3. CONCLUSÃO

O presente estudo traz a compostagem domiciliar como ferramenta fundamental na gestão e condicionamento dos resíduos orgânicos dentro do ambiente domiciliar afim de redefinir o manejo dos resíduos orgânicos residências, ao compostar esses resíduos em vez de descartá-los em aterros sanitários, reduzimos a produção de metano, um dos principais gases de efeito estufa. Ao realizar a compostagem se evitam diversos problemas, como o mau cheiro, o acúmulo de lixo nas ruas, como ratos, baratas e moscas. contribuição as mudanças climáticas, já que o processo decomposição, em que ocorre somente a formação de dióxido de carbono ou gás carbônico (Co₂) água e biomassa (húmus) permitem que não ocorra a formação de gás metano (CH₄).

Referências

ANDERSEN, J. K.; BOLDRIN, A.; CHRISTENSEN, T. H.; SCHEUTZ, C. **Mass Balances and Life Cycle Inventory of Home Composting of Organic Waste**. Waste Management, Denmark, v.31, p.1934-1942, 2011.

ANDRADE, FRANCINE.CONCEIÇÃO.; DAL BOSCO.T.C; FRAITAS. B.O; BERTOZZI, JAKISYN.2015. **Compostagem como alternativa de disposição final dos resíduos sólidos orgânicos gerados na Embrapa Soja**. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/666666>. Acesso em julho de 2023.

BELIEVE EARTH, Do Prato para-Horta. **A Compostagem Transforma Resto de Comida em Alimento para as Plantas e Evita que a Decomposição do Lixo Orgânico Prejudique o Meio Ambiente**. Disponível em: < <https://believe.earth/pt-br/do-prato-para-a-horta/>>. Acesso: 06 de novembro de 2023.

BESEN, Gina Rizpah. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2011. Disponível em:https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/190333/mod_resource/content/1/GinaRizpahBesen.pdf. Acesso em: 24 mar. 2024.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago.

BRASIL. MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2017. **Compostagem**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/7594.html>. Acesso em: 06 de março de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (MMA) 2010. **Manual para implantação de compostagem e coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Brasília, DF. <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/item/10333-consorcios.html>. Acesso em 30 de maio de 2024.

CARVALHO, Carlos Rosemberg Borges de. **Compostagem de resíduos verdes e orgânicos alimentares**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:<http://www.coc.ufrj.br/es/documents2/mestrado/2015/2574-carvalho-crb-tm-15-pdf>. Acesso em: 25 maio. 2024.

CHAN, Y. C.; SINHA, R.K.; WANG, W. J. **Emission of greenhouse gases from home aerobic composting, anaerobic digestion, and vermicomposting of household wastes in Brisbane** (Australia). Waste Manag. Res., v. 29, pp. 540. 2010.

CHIABI,LUCAS. **Ciclo Orgânico: Um Empreendimento Social, De Compostagem Comunitária E Gestão De Resíduos**. 2017. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/15899>. Acesso em: 21 de março de 2024.

De. VCP. ZANGO. **Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade**. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019181376>. Acesso em 26 de maio de 2024.

DENDASCK, CV et. al. **Compreendendo A Compostagem Em Suas Dimensões Doméstica, Comunitária E Institucional: Manual De Orientação**. Revista Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 05, Vol.



- 06, pp. 05-77. maio de 2021. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/manual/meio-ambiente/compostagem>. Acesso em: 23 de março de 2024.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia. Processos Ecológicos Em Agricultura Sustentável**. Porto Alegre RS: UFRGS, 2009. 656.
- GOUVEIA, N. **Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. Saúde e Sociedade**, v.8, n.1, p. 49-61, 1999.
- GUIDONE, L. L. C. **Compostagem de Resíduo Orgânico Domiciliar e Casca de Arroz**. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2015. Disponível em: <https://scholar.google.com/citations?user=qNYeXykAAAAJ&hl=pt-BR>. Acesso em: 23 de março de 2024.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Censo brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencianoticias/2012agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes>. Acesso em: 06 de março de 2024.
- INACIO, C. de T.; BETTIO, D. B.; MILLER, P. R. M. **O papel da Compostagem de Resíduos Orgânicos Urbanos na Mitigação de Emissões de Metano**: Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/882162/o-papel-da-compostagem-de-residuos-organicos-na-mitigacao-de-emissoes-de-metano>. Acesso: 24 de setembro de 2023.
- INÁCIO, C. de T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem Ciência e Prática para Gestão de Resíduos Orgânicos**: Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2009, 156 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/663578>. Acesso: em: 22 de setembro de 2023.
- LEIS MUNICIPAIS, **Lei Nº 10.501, de 08 de abril de 2019, lei da Compostagem de Florianópolis**. 2019. Disponível em: <http://leismunicipa.is/ljpxo>. Acesso em: 24 de março de 2024.
- MAZZA, V. M. S, MADRUGA, L. R. R. G, ÁVILA, L. V, PERLIN, A. P, MACHADO, E. C, DUARTE, T. L. **Gestão de resíduos sólidos em propriedades rurais de municípios do interior do estado do rio grande do sul. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.7, n.3, p. 683-706, set./dez. 2014 – ISSN 1981-9951.
- NADOLNY, H. S. **Reprodução e desenvolvimento das minhocas (Eisenia andrei Bouché 1972 e Eudrilus eugeniae (Kinberg 1867)) em resíduo orgânico doméstico**. 2009. 68 f. Dissertação (Mestrado em Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- OCCO, PLD. **Vermicompostagem Como Alternativa Para A Valorização E Reutilização De Resíduos Orgânicos**. Campus Higienópolis Da Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2016. Disponível em: <http://dspace.mackenzie.br/handle/10899/14582>. Acesso em 12 de novembro de 2023.
- OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. de; NETO, M. T. de C. **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico**. Circular Técnica 76, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1ª ed., Embrapa, Cruz das Alamas, BA, dez. 2005.
- OLIVEIRA, L.T. **Compostagem Doméstica uma solução para os Resíduos Sólidos Urbanos**. Repositório Institucional UFF. Niterói: Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/11616>. Acesso em: 05 de março de 2024.
- PEREIRA, R. A.; FARIAS, S. C. A.; FARIAS, E. T.R.; PEDROSA, T.D.; CHAVES, A. **Compostagem como Alternativa para a Problemática dos Resíduos Agroindustriais no Sertão Paraibano**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. V. 8, Nº 1. 2013.
- PICKIN, J. G.; YUEN, S. T. S. HENNINGS, H. **Waste management options to reduce greenhouse gas emissions from paper in Australia**. Atmospheric Environment, v. 36, p.741-752, 2002.
- PLANARES. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. [recurso eletrônico] / coordenação de André Luiz Felisberto França... [et. al.]. – Brasília, DF: MMA, 2022.5. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/plano-nacional-de-residuos-solidos/> Acesso em: 21 de setembro de 2023.
- PLATT, Brenda; MCSWEENEY, James; DAVIS, Jean. 2014b. Growing Local Fertility: **A Guide to Community Composting**. Hardwick, VT: Institute for Local Self-Reliance.
- REIS, M.F.P. et al. **A produção de composto orgânico em uma unidade de triagem e compostagem**. Revista Brasileira de Agroecologia, Rio Grande do Sul, v. 1, n. 1, p. 1057-1060, 2006. Disponível em: <https://revistas.abaagroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/6206>. Acesso em: 24 de mar. 2024.
- SEMIL. Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do estado de SP. **Compostagem**. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/compostagem/>. Acesso em: 10 março

de 2024.

SILVA, P.R.D. et al. **Processo de estabilização de resíduos orgânicos. Vermicompostagem versus compostagem.** Química Nova, São Paulo, v. 36, n. 5, p.640-645, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/8ND-C3SbS8jzYqwSpLBDNzDQ/?lang=pt>. Acesso em: 22 março. 2024.

STONE, P. **Using kitchen compost.** Mother Earth News, n. 124, p10. 1990.

TERRANOVA, Camilo.; FILHO, F. L. B. **Planares Análise e Sugestões de Aperfeiçoamento.** Revista Tecnologia e Sociedade, 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts>. Acesso em: 21 de setembro de 2023.

VERGNOUX, A.; GUILIANO, M.; LEDRÉAN, Y. et al. **Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy.** Science of the Total Environment, v. 409, p. 2390-2403, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969708012795>. Acesso em: 30 março. 2024



ENGENHARIA CONTROLE E AUTOMAÇÃO





17

A INTERNET DAS COISAS PARA A MANUTENÇÃO PREDITIVA
THE INTERNET OF THINGS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE

Raymir Araújo Ferreira

Resumo

Este estudo realizou uma revisão bibliográfica sobre a relevância da Internet das Coisas (IoT) na manutenção preditiva. O objetivo principal foi examinar a importância da IoT na manutenção preditiva, enquanto o objetivo secundário foi conceituar a evolução da IoT e sua relevância no processo de manutenção preditiva. A metodologia empregada foi uma revisão bibliográfica, com referências a artigos científicos e fontes confiáveis, como o Google Acadêmico. A pergunta de pesquisa foi: “Quais são os benefícios da Internet das Coisas para a manutenção preditiva?”. O objetivo da pesquisa foi atingido. O estudo oferece uma análise sobre a importância da IoT na manutenção preditiva, conceituando a evolução da IoT e sua relevância no processo de manutenção preditiva. Adicionalmente, o estudo apresenta resultados e discussões que indicam que a manutenção preventiva e preditiva são essenciais para garantir a eficiência e qualidade da produção em um ambiente de automação e conectividade. O estudo também responde à pergunta de pesquisa, apresentando os benefícios da IoT para a manutenção preditiva.

Palavras-chave: Automação, Manutenção, Internet das Coisas, Manutenção Preditiva, Tecnologias e Sistemas.

Abstract

This study conducted a literature review on the relevance of the Internet of Things (IoT) in predictive maintenance. The main objective was to examine the importance of IoT in predictive maintenance, while the secondary objective was to conceptualize the evolution of IoT and its relevance in the predictive maintenance process. The methodology employed was a literature review, with references to scientific articles and reliable sources, such as Google Scholar. The research question was: “What are the benefits of the Internet of Things for predictive maintenance?”. The research objective was achieved. The study offers an analysis on the importance of IoT in predictive maintenance, conceptualizing the evolution of IoT and its relevance in the predictive maintenance process. Additionally, the study presents results and discussions that indicate that preventive and predictive maintenance are essential to ensure the efficiency and quality of production in an environment of automation and connectivity. The study also answers the research question, presenting the benefits of IoT for predictive maintenance.

Keywords: Automation, Maintenance, Internet of Things, Predictive Maintenance, Technologies and Systems.

1. INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) é usada em sistemas para fornecer transferências de dados e informações em tempo real entre dispositivos conectados, sensores e outros componentes digitais. Ele possibilita reunir dados de fontes para tomar decisões inteligentes e automatizar processos, tornando o ambiente mais eficiente e seguro para empresas, residências, estabelecimentos médicos e até redes de transporte.

Aliar a manutenção preventiva à internet das coisas é uma forma de melhorar as rotinas de monitoramento, os processos internos e a produtividade do negócio, o que pode afetar direta e favoravelmente o comércio no mercado. Lucre com as aplicações e vantagens que a tecnologia pode trazer para o seu negócio. Para obter os melhores resultados, é fundamental contar com profissionais especializados em manutenção de equipamentos e tecnologias.

O presente artigo buscou estudar sobre a adoção de uma solução IoT que pode resultar em melhorias na execução de operações de manutenção preditiva de maneira eficaz, diminuindo os riscos de segurança e elevando os níveis de satisfação dos clientes, graças à expansão da capacidade de gerenciamento dessas soluções.

A Internet das Coisas está se tornando popular nas operações de manutenção preditiva em todo o mundo, pois permite que as organizações obtenham informações sobre o desempenho de suas máquinas em tempo real e coletem dados de parâmetros operacionais e ambientais para análises avançadas.

A manutenção preditiva é definida como um conjunto de técnicas utilizadas para detectar anomalias nos equipamentos decorrentes de falhas ou variações com o objetivo de melhorar as tarefas de manutenção e, conseqüentemente, o desempenho dos equipamentos. Essa manutenção é realizada a partir de dados coletados do equipamento; com esses dados, é possível medir e analisar as variáveis do equipamento que necessitam da inserção de tecnologia para seu funcionamento.

Para inserção da Internet das Coisas na manutenção preditiva é necessário inserir sensores compatíveis, que podem ser conectados a equipamentos como bombas, motores, compressores, turbinas e outros componentes críticos, permitindo que os operadores verifiquem continuamente seu desempenho. Isso pode ajudar a identificar problemas antes que eles se tornem sérios ou resultem em períodos imprevistos de inatividade.

Logo o presente artigo tem como contribuição acadêmica e para a sociedade promover o estudo da manutenção preditiva que pode identificar e diagnosticar com rapidez e precisão problemas de desempenho com a ajuda de soluções de manutenção preventiva baseadas em IoT. É possível planejar com antecedência os reparos ou substituições necessárias monitorando ativamente o estado das máquinas em busca de desperdícios ou anomalias em seu comportamento. Os operadores também podem identificar com mais facilidade tendências emergentes que podem indicar um problema maior, como uma falha iminente do sistema, e resolvê-lo imediatamente com acesso de dados em tempo real de alta qualidade.

Nesse sentido, este trabalho se debruçou por meio da Revisão de Literatura sobre o seguinte questionamento: Quais as vantagens da Internet das coisas para a manutenção preditiva?

Com o auxílio dos seguintes objetivos geral e específico, sendo o geral: Analisar a importância da Internet das Coisas para a manutenção preditiva e por consequência concei-



tuar o histórico da Internet das Coisas e sua importância para o processo de manutenção preditiva.

2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesta pesquisa foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada uma consulta a artigos científicos e site confiável como Google Acadêmico. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados entre os anos de 2011 e 2021. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Automação, Manutenção, Internet das Coisas, Manutenção Preditiva, Tecnologias e Sistemas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi avaliar a importância da manutenção preventiva e preditiva no contexto da Indústria 4.0. Os resultados obtidos indicaram que essas técnicas são fundamentais para garantir a eficiência e a qualidade da produção em um ambiente caracterizado pela automação e conectividade.

Historicamente, a primeira revolução industrial, que ocorreu no final do século XIX, foi marcada pela invenção das máquinas a vapor. Essas máquinas permitiram um aumento significativo na produção e eficiência. Durante esse período, a manutenção era realizada apenas quando ocorriam falhas ou desgastes nos equipamentos. No entanto, com o advento da produção em larga escala e da eletricidade nas fábricas no final do século XX, surgiu a necessidade de prevenir paradas e defeitos nos equipamentos. Isso deu origem à manutenção preventiva (SÁ, 2016).

Na terceira revolução industrial, a informação e a eletrônica começaram a integrar os processos industriais com o objetivo de otimizar a produtividade e a qualidade. Nesse cenário, surgiram os modelos de manutenção preditiva, que utilizam dados e sensores para monitorar o desempenho e a condição dos equipamentos. Agora, na quarta revolução industrial, caracterizada pela fusão de tecnologias, a presença de robôs conectados em sistemas ciberfísicos está provocando uma mudança significativa (SILVA, 2017).

A manutenção preventiva é uma modalidade de manutenção que consiste em realizar intervenções nos equipamentos de forma programada, antes que as falhas ocorram. Essa técnica é baseada na análise de fatores como o tempo de uso do equipamento, o histórico de falhas e as condições de operação dos equipamentos. A implementação eficaz da manutenção preventiva pode resultar em uma redução significativa das paradas não planejadas e dos custos associados à manutenção corretiva (SÁ, 2016).

Nesse sentido, é precisa-se destacar que a Indústria 4.0 é um conceito que surgiu em 2011 na Alemanha, durante a Feira Industrial de Hannover. Ele se refere a uma nova etapa da evolução industrial, baseada na integração e na automação inteligente dos processos produtivos. Nessa perspectiva, os dados são coletados e monitorados em tempo real por meio de sensores, dispositivos e sistemas de informação que se comunicam entre si (VIANNA, 2018). Um dos recursos que facilita essa comunicação é a identificação por radiofrequência (RFID), que permite rastrear e identificar objetos à distância (FERREIRA, 2018).

Para garantir a eficiência e a qualidade da produção nesse cenário, é essencial realizar manutenções periódicas nos equipamentos, evitando falhas e paradas inesperadas. A manutenção preventiva é o tipo mais indicado para esse fim, pois ela se antecipa aos proble-

mas e os corrige antes que eles se manifestem. Assim, a manutenção preventiva contribui para o aumento da produtividade e para a adaptação à Indústria 4.0 (AGUIRRE, 2015).

Uma forma de evitar falhas e paradas nos equipamentos e instalações é realizar a manutenção preventiva, que consiste em verificar periodicamente as condições dos componentes mecânicos, elétricos, pneumáticos e hidráulicos, observando o desempenho das máquinas para prevenir possíveis defeitos e garantir uma rápida solução em caso de problemas (PRESS, 2014).

A manutenção preditiva, por outro lado, é uma modalidade de manutenção que consiste em acompanhar os equipamentos em tempo real, a fim de detectar possíveis problemas antes que eles provoquem falhas. Essa técnica é baseada na análise de parâmetros como vibração, temperatura, pressão e consumo de energia. (AGUIRRE, 2015).

Outra forma de manter a eficiência e a qualidade dos equipamentos e do processo produtivo é realizar a manutenção preditiva, que consiste em monitorar os parâmetros operacionais das máquinas e dos componentes, tais como vibração, temperatura, qualidade do lubrificante e parâmetros elétricos (SANTOS, 2014).

Para estabelecer uma correlação entre o desempenho do equipamento e a utilização eficaz de sua capacidade, bem como sua adequação ao projeto do equipamento, é crucial considerar também os parâmetros do processo e as informações do projeto. A análise dos resultados das medições, o acompanhamento do equipamento ou o monitoramento de seus parâmetros de desempenho fornecem dados valiosos. Com base nesses dados, as técnicas preditivas permitem realizar intervenções que são informadas pelo estado do equipamento (SÁ, 2016).

É importante destacar que a Indústria 4.0 é um ambiente caracterizado pela automação e conectividade, onde os equipamentos e sistemas produtivos estão integrados. Nesse cenário, as falhas de equipamentos podem ter um impacto significativo na produtividade e na qualidade da produção. Portanto, a manutenção preventiva e preditiva torna-se ainda mais crucial neste contexto (SANTOS, 2014).

Uma técnica básica, mas eficaz para avaliar o desempenho de um objeto é a termografia. Esta técnica envolve a captação da radiação infravermelha emitida pelo objeto e a medição de sua temperatura, bem como as variações dessa grandeza ao longo do tempo. A termografia permite obter informações sobre as condições operacionais do objeto sem causar qualquer dano ao mesmo. A temperatura é uma das grandezas mais simples de se medir e interpretar, e sua análise pode revelar problemas na máquina, na peça ou no processo (VIANNA, 2018).

A manutenção preventiva tem como objetivo acompanhar e verificar as variáveis da máquina para detectar possíveis falhas antes que elas se agravem. Desta forma, cada equipe pode inspecionar cuidadosamente cada planta e antecipar soluções, evitando interrupções no processo e paradas desnecessárias na produção. Esta abordagem proativa não só melhora a eficiência da produção, mas também contribui para a longevidade dos equipamentos (SOMBRI, 2021).

As técnicas de manutenção preventiva e preditiva desempenham um papel crucial na garantia da eficiência e qualidade da produção na era da Indústria 4.0. Essas técnicas oferecem uma série de benefícios, incluindo a prevenção de falhas de equipamentos, o que por sua vez reduz a necessidade de manutenções corretivas. Além disso, elas aumentam a disponibilidade dos equipamentos, melhorando assim a produtividade geral. Através da diminuição do desperdício de materiais e recursos, essas técnicas contribuem para uma produção mais sustentável. Elas também melhoram a qualidade dos produtos e serviços e

aumentam a segurança dos trabalhadores (SOMBRIO, 2021).

A Internet das Coisas (IoT) é um conceito abrangente que incorpora uma variedade de tecnologias, permitindo a conexão entre objetos físicos e virtuais. A IoT é composta por elementos fundamentais, incluindo identificação, sensores (ou atuadores), comunicação, computação, serviços e semântica. Cada um desses elementos desempenha um papel específico no funcionamento da IoT. (SOMBRIO, 2021).

A identificação permite o reconhecimento único de cada objeto na rede da IoT. Os sensores e atuadores permitem que os objetos interajam com o ambiente ao seu redor. A comunicação, que engloba tecnologias como RFID, IEEE 802.15.4, Bluetooth e Wi-Fi, é responsável por estabelecer a comunicação entre os dispositivos inteligentes (TESTEZLAF, 2011).

O elemento de computação, que envolve processadores e microcomputadores, é responsável por executar algoritmos locais nos dispositivos inteligentes. Este elemento é crucial para o processamento das informações coletadas pelos dispositivos da IoT (SOMBRIO, 2021).

Os serviços permitem que as informações sejam utilizadas de maneira útil e significativa. Este elemento inclui serviços de identificação, agregação de dados, colaboração e inteligência distribuída e disponibilidade, oferecendo as funcionalidades da IoT (SOMBRIO, 2021).

Por fim, a semântica permite que as informações sejam compreendidas e interpretadas corretamente. Este elemento utiliza métodos como EXI, OWL e RDF para possibilitar a recuperação do conhecimento e o uso eficiente dos recursos da IoT. Ele faz isso através da identificação das coisas e de suas características físicas e virtuais, criando interfaces proativas e inteligentes para os negócios (AGUIRRE, 2015).

Nesse sentido, Internet das Coisas é uma tecnologia complexa que combina elementos para permitir a conexão entre objetos físicos e virtuais. Cada elemento desempenha um papel crucial no funcionamento da IoT, contribuindo para sua eficácia na coleta e processamento de informações. (AGUIRRE, 2015).

A Internet das Coisas (IoT) tem se consolidado como uma tendência de mercado significativa para o setor do agronegócio, especialmente em um contexto em que a demanda por produtividade tem aumentado devido ao crescimento populacional. A IoT tem o potencial de auxiliar em etapas do processo agrícola, desde o preparo do solo até a aplicação precisa e uniforme de fertilizantes. Além disso, a IoT tem a capacidade de se integrar com outras tecnologias emergentes, como big data, análise e automação, criando assim oportunidades de receita e abrindo caminho para inovações no setor (PRESS, 2014).

Nesse sentido, a IoT se apresenta como uma ferramenta valiosa para a manutenção preditiva no campo. Ela facilita o trabalho dos agricultores, orientando-os na criação de procedimentos mecânicos que favorecem a preservação e gestão dos produtos ao longo da cadeia produtiva. Os sistemas de automação que empregam a IoT utilizam sensores e módulos para aumentar a eficácia da produção, minimizar desperdícios e monitorar o maquinário. Isso resulta em uma produção mais eficiente e sustentável, contribuindo para a otimização dos recursos e a melhoria da qualidade dos produtos (SANTOS *et al.*, 2017).

Portanto, a IoT não apenas melhora a eficiência da produção agrícola, mas também abre novas possibilidades para o setor do agronegócio. Ao integrar-se com outras tecnologias e facilitar a manutenção preditiva, a IoT está ajudando a moldar o futuro da agricultura. Concernente, tanto as técnicas de manutenção preventiva e preditiva quanto a IoT são componentes essenciais da Indústria 4.0, contribuindo para uma produção mais eficiente,

sustentável e segura (PRESS, 2014).

De acordo com Santos *et al.* (2017, p. 2), a Internet das Coisas (IoT) é uma extensão da Internet que permite que objetos do cotidiano, equipados com capacidades computacionais e de comunicação, se conectem à Internet. Esta conexão com a rede mundial de computadores possibilita, em primeiro lugar, o controle remoto dos objetos e, em segundo lugar, permite que os próprios objetos atuem como provedores de serviços.

A aplicação dessas técnicas colaborou significativamente para resolver a escassez de equipamentos que estava causando a falta total de água e perdas na produção. A adoção desses métodos tecnológicos possibilitou estimar a quantidade de água necessária para cada indivíduo, bem como a área específica que resultou no desenvolvimento de novas técnicas de manejo para a indústria (SÁ, 2016).

Além disso, a IoT tem o potencial de transformar a maneira como as indústrias operam, permitindo uma maior eficiência e produtividade. Por exemplo, os sensores IoT podem monitorar continuamente as condições operacionais dos equipamentos e alertar os operadores sobre quaisquer anomalias. Isso pode ajudar a prevenir falhas no equipamento e minimizar o tempo de inatividade, resultando em economias significativas de custos. (SÁ, 2016).

Por fim, é importante notar que a IoT não é apenas sobre conectar objetos à Internet. Trata-se também de coletar e analisar dados para obter insights valiosos que podem ser usados para melhorar as operações e tomar decisões mais informadas. Com o avanço contínuo da tecnologia IoT, espera-se que seu impacto na indústria continue a crescer nos próximos anos. (VIANNA, 2018).

Para a implementação de um sistema de manutenção eficaz, é fundamental cumprir certos requisitos essenciais. Um desses requisitos é a necessidade de garantir que o maquinário não interrompa nem falhe durante o processo produtivo. Além disso, a gestão eficiente dos recursos por meio do uso de sensores tecnológicos trará benefícios significativos para a produção (VIANNA, 2018).

A contribuição da Internet das Coisas (IoT) tem sido fundamental para oferecer resultados de maior qualidade, realizando análises detalhadas do protocolo implantado na manutenção preditiva. Para prevenir prejuízos ao processo produtivo, a instalação do sistema é realizada por meio de ações cuidadosamente planejadas, como a escolha do melhor sistema de manutenção, a determinação do melhor horário para a instalação e o planejamento detalhado do sistema (SOMBRIO, 2021).

A IoT é uma tecnologia revolucionária que tem o potencial de transformar a manutenção industrial. Ela permite que os dados coletados por sensores sejam compartilhados em tempo real, possibilitando o acompanhamento e a análise dos equipamentos de forma remota. Isso permite uma resposta rápida e eficaz às mudanças nas condições operacionais dos equipamentos (SOMBRIO, 2021).

A pesquisa revelou que a IoT pode contribuir significativamente para melhorar a eficiência da manutenção preventiva e preditiva. Por exemplo, ela pode ser aplicada para acompanhar o funcionamento dos equipamentos em tempo real, detectando potenciais problemas antes que eles gerem falhas. Isso simplifica tarefas de manutenção, como a troca de peças e o ajuste de equipamentos. Além disso, os dados obtidos podem ser usados para otimizar o planejamento e a realização das atividades de manutenção. As informações disponibilizadas também podem auxiliar nas decisões de manutenção (SANTOS *et al.*, 2017).

A manutenção preventiva e preditiva são práticas fundamentais para a Indústria 4.0.



A IoT pode ser utilizada para aumentar a eficiência dessas práticas, tornando a manutenção industrial mais efetiva e econômica. Com base nos resultados do estudo, são sugeridas as seguintes recomendações: as indústrias devem investir na implementação de técnicas de manutenção preventiva e preditiva; as indústrias devem aproveitar o potencial da IoT para melhorar a eficiência da manutenção; os profissionais de manutenção devem ser treinados para usar as tecnologias da Indústria 4.0 (SANTOS et al., 2017).

4. CONCLUSÃO

Para concluir, o estudo “Internet das Coisas para a Manutenção Preditiva” forneceu uma análise sobre a importância da IoT na manutenção preditiva. O objetivo foi conceituar a evolução da IoT e sua relevância no processo de manutenção preditiva. Através da revisão bibliográfica, foi possível identificar que a manutenção preventiva e preditiva são fundamentais para garantir a eficiência e qualidade da produção em um ambiente de automação e conectividade. Além disso, o estudo respondeu à pergunta de pesquisa, apresentando os benefícios da IoT para a manutenção preditiva.

Sugeriu-se que pesquisas futuras incluam a análise bibliográfica de casos reais de implementação da IoT na manutenção preditiva, com o objetivo de avaliar sua eficácia e identificar possíveis desafios e limitações. Este trabalho, no entanto, não teve o objetivo de realizar um estudo de caso, mas sim uma revisão bibliográfica.

Em resumo, o estudo forneceu informações significativas sobre como a IoT pode melhorar a eficiência e segurança dos negócios, além de fornecer referências bibliográficas relevantes sobre o assunto. Através da análise realizada, concluiu-se que a IoT pode ser uma ferramenta poderosa para a manutenção preditiva, permitindo que as empresas identifiquem problemas antes de ocorrerem e evitem interrupções não planejadas, reduzindo custos e aumentando a eficiência da produção.

Considerando essas informações, é importante refletir sobre o tema após ler, analisar, comparar e sintetizar diferentes autores a respeito dele. A conclusão representou a resposta do questionamento ao objetivo da investigação, ligando o desfecho com a questão que motivou a pesquisa.

Referências

- AGUIRRE, Luis Antonio. **Fundamentos de Instrumentação**. 1. ed. Pearson: 2015.
- FERREIRA, J.V.S. **Inspeção e Monitoramento de Obras de Arte Especiais com vista a Manutenção Preditiva**. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2018.
- PRESS, G. **Internet of Things By The Numbers: Market Estimates And Forecasts**. New York: Forbes Publications, 2014.
- SÁ, Rui. **Introdução às Redes de Telecomunicações**. 3. ed. Lisboa: Fca, 2016.
- SANTOS, B. et al. **Internet das Coisas: da teoria à prática**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 2017.
- SANTOS, Lorena Beatriz. **Sistema Automatizado Para Controle De Umidade E Temperatura Em Cultura De Morangos Aplicados Aos Pequenos Produtores**. 2014. 110 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2014.
- SOMBRI, Yuri Machado. **Um estudo comparativo entre placas e ambientes de desenvolvimento em um contexto mecatrônico**. 2021. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações.** Faculdade de Engenharia Agrícola Unicamp-FE-AGRI, 2011.

VIANNA, Gabriel Pereira. **Domótica: Automação Residencial Com Baixo Custo Utilizando O Arduino.** 2018. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Unifacvest, Lajes, 2018.





18

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NO SETOR HOSPITALAR
INDUSTRIAL AUTOMATION IN THE HOSPITAL SECTOR

Claudionylson de Jesus dos Santos Pereira

Resumo

A aplicação da automação industrial no âmbito hospitalar vem ganhando destaque nos últimos anos, devido aos benefícios que pode oferecer, tais como aumento da eficiência, redução de custos, melhora da segurança do paciente e dos profissionais de saúde, e aumento da qualidade do atendimento. Este artigo realizou uma revisão bibliográfica sobre o tema, abordando os principais aspectos da automação hospitalar, como os tipos de sistemas automatizados, as áreas de aplicação, os benefícios e os desafios da implantação. Em conclusão, a automação hospitalar é uma ferramenta promissora para a melhoria da qualidade e da eficiência dos serviços de saúde. No entanto, é importante considerar os custos e desafios envolvidos na implantação de sistemas automatizados.

Palavras-chave: automação industrial, setor hospitalar, revisão bibliográfica.

Abstract

The application of industrial automation in the hospital setting has been gaining prominence in recent years, due to the benefits it can offer, such as increased efficiency, cost reduction, improved patient and health professional safety, and increased quality of care. This article conducted a literature review on the topic, addressing the main aspects of hospital automation, such as the types of automated systems, the areas of application, the benefits and the challenges of implementation. In conclusion, hospital automation is a promising tool for improving the quality and efficiency of health services. However, it is important to consider the costs and challenges involved in deploying automated systems.

Keywords: industrial automation, hospital sector, literature review.



1. INTRODUÇÃO

Diante de desafios impostos nos afazeres diários à profissionais, o trabalhador que deseja se manter no mercado de trabalho necessita desenvolver características profissionais essenciais, como capacidade de aprendizado contínuo, criatividade e liderança. Na automação industrial, a comunicação entre dispositivos heterogêneos é um desafio constante. Redes eficientes de automação devem atender a uma série de requisitos, incluindo integridade, autorização, autenticação e confidencialidade. Sistemas de rede com pouca segurança podem comprometer o acompanhamento remoto e o controle em tempo real das ferramentas de automação.

O maior desafio da atualidade é integrar tecnologias de comunicação novas com a tecnologia da informação. Isso vale tanto para o ambiente industrial quanto para a automação residencial. A automação industrial no setor hospitalar é uma área em constante crescimento, com o potencial de melhorar a eficiência, a segurança e a qualidade dos cuidados de saúde. A segurança é primordial nessas circunstâncias. A confidencialidade e a integridade dos dados trafegados são essenciais para manter um sistema de automação, industrial ou residencial, em funcionamento.

Nesse sentido, a escolha desta temática se justifica pela importância de se buscar estudar sobre a automação que já estão sendo aplicados na área médica, ou seja, serão utilizados em processos de automação hospitalar. É neste contexto que surgem as necessidades urgentes na área médica como forma de automatizar os procedimentos atendidos no ambiente hospitalar. Como contribuição social e acadêmica a presente pesquisa busca apresentar o conceito da automação hospitalar, ramo da automação que se baseia fortemente nos conceitos da automação industrial, é estimular a automatização de processos originados no ambiente hospitalar.

Este trabalho contribuirá para o conhecimento sobre a automação industrial no setor hospitalar, e poderá ser utilizado para orientar o desenvolvimento de políticas e estratégias para a sua implementação assim como responder o seguinte questionamento: Quais os principais impactos da automação no setor hospitalar?

Concernente, este trabalho irá pontuar de forma abrangente com a metodologia de pesquisa bibliográfica tendo como objetivo geral realizar uma revisão de literatura sobre a automação industrial no setor hospitalar, com foco na importância nas suas aplicações, benefícios e desafios. Tendo como objetivo específico Abordar o histórico da automação hospitalar, assim como os métodos de aplicação e seus benefícios para o desenvolvimento do setor. A revisão bibliográfica permitirá identificar as principais tendências na área, bem como os seus impactos positivos e negativos.

2. METODOLOGIA

O tipo de pesquisa que foi realizado se refere a uma Revisão de Literatura, onde foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados (livros, sites de banco de dados etc.). O período dos artigos pesquisados e utilizados foram os publicados de 2012 a 2020. Usou-se o Google Acadêmico como base de pesquisa para os dados bibliográficos aqui exemplificados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A automação industrial no setor hospitalar é uma tendência que visa otimizar processos e garantir a qualidade dos serviços prestados aos pacientes. Nesse sentido, áreas têm se beneficiado com a aplicação de tecnologias de automação. São eles: Automação laboratorial, que consiste na utilização de robôs para realizar atividades como análise de amostras e preparo de medicamentos. (TEIXEIRA *et al.*, 2013)

Esse processo consiste na aplicação de técnicas de automação para otimizar os processos que ocorrem no ambiente hospitalar. Concernente, conceitos de automação precisam ser adaptados à automação hospitalar, pois os hospitais possuem características e restrições específicas do ambiente médico. A coleta de dados, por exemplo, deve ser feita de forma privada, de forma a respeitar a ética médica e proteger a integridade do paciente. (VALENTIM *et al.*, 2012)

Pirâmide da Automação Industrial

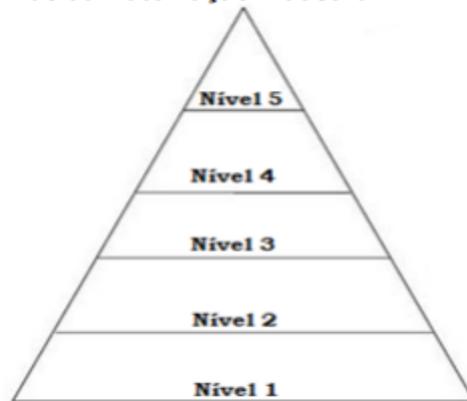


Figura 1: Pirâmide de automação industrial

Figura 1. Níveis de automação nas indústrias

Fonte: VALENTIM *et al.* (2012, p.33)

A figura 1 apresenta os níveis da automação nas indústrias. O Nível 5 é o Planejamento Estratégico, que controla as vendas e custos, e administra os recursos da empresa. Neste nível, encontram-se os softwares para gestão de vendas e financeira. O Nível 4 é o Controle fabril total, responsável pela produção e programação. Este nível realiza o controle e a logística de suprimentos. O Nível 3 é o Controle de grupos, que permite o gerenciamento e a otimização do processo. Normalmente, este nível possui um banco de dados com informações relativas ao processo. O Nível 2 é o Controle individual, onde se encontram os equipamentos (como PLCs e SDCDs) que executam o controle automático das atividades da planta. Por fim, o Nível 1 é o nível de Aquisição de dados e controle manual, que inclui máquinas, dispositivos e componentes da planta (VALENTIM *et al.*, 2012)

Uma forma de entender a automação hospitalar é dividir em duas vertentes: rede de informação e rede de controle. A rede de informação engloba os sistemas de informação que apoiam as atividades hospitalares. A rede de controle abrange os sistemas que auxiliam no acompanhamento dos pacientes. A Figura 2 mostra a automação hospitalar nessas vertentes, indicando os elementos envolvidos em cada uma e de forma hierárquica. (TORRES, 2018).

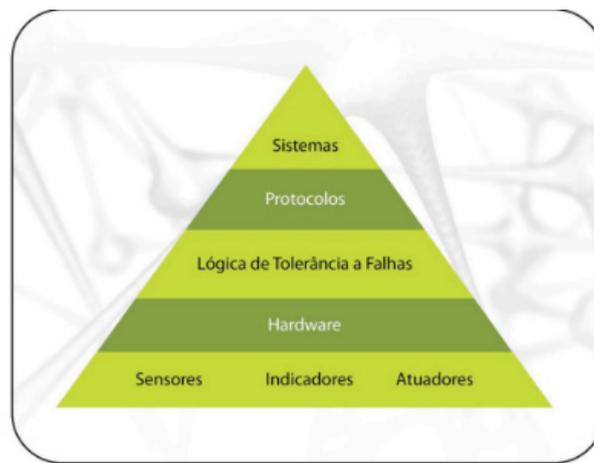


Figura 2. Hierarquia dos elementos utilizados na automação hospitalar

Fonte: VALENTIM *et al.* (2012, p.34)

Na Figura 2, pode-se observar uma pirâmide que representa os diferentes níveis de automação hospitalar. No nível mais alto, encontra-se os sistemas que apoiam a gestão dos processos hospitalares; no nível intermediário, têm-se os protocolos de comunicação, que permitem a integração entre os equipamentos médicos (hardware) e os sistemas de supervisão (TORRES, 2018).

Um aspecto relevante sobre os elementos da pirâmide é a lógica de tolerância à falha, pois, na automação hospitalar, é essencial que os sistemas possam entrar em um estado seguro em caso de falha, ou serem trocados em tempo real (*on the fly*), já que devem assegurar a integridade dos processos relacionados aos pacientes. Os sensores, indicadores e atuadores são equipamentos médicos implementados em hardwares, como por exemplo, os monitores de frequência cardíaca e sensores de glicose (TORRES, 2018).

Concernente a isso, esse processo é uma solução que permite a fabricação de dispositivos que resistem a variações de temperatura, pressões mecânicas e substâncias tóxicas. A automação hospitalar é uma especialidade de automação que busca automatizar processos do ambiente hospitalar. A automação se desenvolveu graças ao progresso da microeletrônica, que permitiu um controle mais eficaz dos processos (HALL *et al.*, 2017).

A filosofia de tolerância a falhas é uma consideração significativa em relação aos elementos mostrados na pirâmide porque, na automação hospitalar, é fundamental que os sistemas com falha possam retornar a um estado seguro ou serem substituídos imediatamente (*on the fly*) para manter a integridade dos processos relacionados ao paciente. Os termos “sensores”, “indicadores” e “atuadores” referem-se a dispositivos médicos implementados em hardware, como monitores de frequência cardíaca e sensores de glicose (HALL *et al.*, 2017).

A automação hospitalar tende a utilizar a tecnologia, pois esse padrão é praticamente onipresente nos ambientes hospitalares, ao contrário da automação industrial, que segmenta as redes de controle e sistema utilizando diferentes tecnologias para cada tipo de rede. Essa característica é muito vantajosa, pois facilita a integração e aumenta o grau de interoperabilidade entre as atividades da rede. Esses objetivos foram alcançados devido ao baixo custo e alta taxa de penetração das redes Ethernet no mercado (TORRES, 2018).

A necessidade de um controle efetivo dos processos de gestão hospitalar surgiu da necessidade de gerenciar o fluxo de produção, armazenamento, entrada e saída de medicamentos, bem como a prescrição médica, dentro dos hospitais. Nesse sentido, o uso de conceitos automatizados pode ser utilizado em áreas da saúde, como, por exemplo, no

controle de cadastro de pacientes (MELO, 2015).

Como resultado, se um hospital decidir usar o “cartão inteligente” do paciente para identificação, suas informações podem ser armazenadas em um banco de dados de informações junto com detalhes sobre sua localização em um determinado departamento, horários de visita, medicamentos em uso etc. (AMBROSIO; KANETO, 2014). Portanto, a partir da admissão do paciente no hospital, todas as ações começam a ser registradas, permitindo que a equipe de gerenciamento entenda melhor os processos e tome decisões informadas, o que provavelmente melhorará o padrão de atendimento prestado aos pacientes e criará um trabalho mais produtivo ambiente (NUNES; ALVES; PINTOS, 2012).

Um sistema de automação hospitalar apresenta benefícios, dos quais estão listados a seguir: Segurança do paciente, pois reduz drasticamente a chance de os profissionais de saúde administrar medicamentos de forma incorreta. Segurança no trabalho para a equipe médica devido ao melhor acompanhamento da prontidão do paciente. Reembolso rápido aos hospitais conveniados ou, no caso do Brasil, ao Sistema Único de Saúde (SUS). O custo do paciente é calculado de forma mais eficaz com o fechamento de contas mais extensas. controle preciso da condição (TORRES, 2018).

A automação industrial desempenha um papel importante no setor hospitalar, por isso a eficiência operacional é citada em primeira ordem: a automação industrial visa auxiliar e automatizar o trabalho rotineiro além da Redução de custos: A automação industrial pode ajudar a reduzir custos significativamente. (HALL *et al.*, 2017).

A automação industrial no setor hospitalar contribui para melhorar a qualidade geral do atendimento ao paciente. Ajuda a reduzir o risco de erros médicos, melhora a precisão do diagnóstico e facilita a comunicação entre profissionais de saúde. Novas tecnologias, como robôs cirúrgicos, sistemas de telemedicina e dispositivos médicos inteligentes, foram implementadas com sucesso em hospitais automatizados. (NUNES; ALVES; PINTOS, 2012).

Uma forma de entender a “automação hospitalar” é como a aplicação de tecnologias que facilitam e otimizam as operações hospitalares. Além de equipamentos e medicamentos de ponta, ela envolve sistemas que apoiam o trabalho da equipe médica, dos pacientes, das enfermeiras e dos gestores administrativos. (NUNES; ALVES; PINTOS, 2012).

Existem diferentes formas de implementar a automação hospitalar na prática, mas todas elas exigem um planejamento estratégico da TI. Uma boa solução é aquela que atende a uma necessidade ou gera um benefício alinhado a um objetivo, seja a agilidade dos processos, a melhoria da produtividade ou a integração de dados que podem impactar na qualidade do atendimento ao paciente. (NUNES *et al.*, 2012)

Os sistemas integrados nas instituições permitem que médicos e enfermeiros acessem informações vitais sobre os pacientes com mais precisão e profundidade. Assim, erros médicos podem ser prevenidos e os casos podem ser diagnosticados mais rapidamente, pois o histórico do paciente ficará registrado e disponível para consulta em toda a rede. Dessa forma, esses profissionais podem salvar mais vidas. (NUNES *et al.*, 2012)

Uma das ideias centrais por trás da automação é a de que os processos podem ser realizados de forma mais eficiente, rápida e precisa por meio de dispositivos programáveis, como os CLPs (Controladores Lógicos Programáveis). Essa ideia foi antecipada por Nitzan e Rosen (1976), que propuseram conceitos como a coleta de dados para o controle de processos, a análise e o processamento de sinais, a redução de custos e a otimização de processos. Esses conceitos se tornaram realidade e se expandiram para áreas da automação, como a automação industrial, que utiliza sistemas distribuídos para executar os procedi-



mentos (NUNES *et al.*, 2012)

A automação também tem sido aplicada na área médica, com o objetivo de melhorar os processos hospitalares. Nesse contexto, surgem as urgências médicas como uma forma de automatizar as ações realizadas no ambiente hospitalar. Por exemplo, existem sistemas de monitoramento de pacientes, bem como um sistema de automação hospitalar baseado em RFID (Radio-Frequency Identification) com cartões inteligentes (TORRES, 2018).

Segundo a Confederação Nacional da indústria (2017 *apud* SILVA, 2018) a automação industrial no setor hospitalar é uma tendência que visa otimizar os processos e garantir a qualidade dos serviços prestados aos pacientes. Nesse sentido, áreas têm se beneficiado da aplicação de tecnologias de automação, tais como: Automação de laboratórios: que consiste na utilização de robôs para realizar atividades como análise de amostras, preparação de medicamentos e manipulação de materiais biológicos. Essa prática aumenta a precisão e a rapidez dos processos, diminui a ocorrência de erros humanos e melhora a produtividade. Monitoramento de pacientes: envolve o uso de sensores e dispositivos eletrônicos que captam e transmitem dados vitais dos pacientes para o sistema de gestão hospitalar. Essa prática permite um acompanhamento mais efetivo e em tempo real do estado de saúde dos pacientes, facilitando uma intervenção mais ágil em caso de emergências.

Gestão de estoques: refere-se ao emprego de sistemas automatizados de controle de estoque, que permitem um monitoramento em tempo real dos produtos disponíveis, evitando a falta de estoque e o desperdício de recursos (CNI, 2017 *apud* SILVA, 2018).

Dessa forma, pode-se afirmar que a automação industrial no setor hospitalar é uma estratégia que contribui para a melhoria da eficiência e da qualidade do atendimento aos pacientes, além de gerar economia e sustentabilidade para as instituições de saúde (CNI, 2017 *apud* SILVA, 2018).

Destaca-se que a automação hospitalar consiste em aplicar técnicas de automação para otimizar os processos que ocorrem no ambiente hospitalar, buscando eficiência e produtividade, com base em muitos conceitos da automação industrial (CNI, 2017 *apud* SILVA, 2018).

No entanto, os conceitos de automação industrial precisam ser adaptados à automação hospitalar, pois os hospitais possuem características e restrições específicas ao ambiente médico. Por exemplo, a coleta de dados deve ser feita com privacidade, para respeitar a ética médica e proteger a integridade do paciente. (VALENTIM *et al.*, 2012)

Uma das principais razões para o desenvolvimento da automação é o progresso da microeletrônica, que tem possibilitado um aprimoramento significativo no gerenciamento de processos, favorecendo sua adaptação, tornando-os mais eficazes, do ponto de vista do incremento da produtividade e da relação custo-benefício. (VALENTIM *et al.*, 2012)

Em uma entrevista ao site Segs.com, Mairon Anthero, um dos organizadores do Grupo Segs destacou:

Há normas rigorosas de higiene e padrões severos neste mercado, como a norma ISO 14644-1 e a diretriz VDI 2083, que definem aspectos práticos e particularidades desta indústria. Por isso, é fundamental que as empresas busquem aprimorar seus processos com equipamentos que visam automatizar o cotidiano. Além de produzir com mais segurança, as empresas produzem em maior escala e obtêm mais lucratividade. (SEGS, 2023).

A Indústria de Saúde precisa garantir a qualidade e a segurança dos seus produtos, que são utilizados em situações críticas e exigentes. Por isso, a automação industrial é uma

solução que permite fabricar dispositivos que resistem a variações de temperatura, pressões mecânicas e substâncias tóxicas (VALENTIM *et al.*, 2012)

Destaca-se que a automação é um campo que integra disciplinas, tais como: programação de computadores (software), sistemas eletrônicos (hardware), movimentação (mecânica) e fluidos medicinais. Essa característica implica que a automação abrange domínios de conhecimento. A automação tem se desenvolvido graças ao progresso da microeletrônica, que tem possibilitado um controle mais eficaz dos processos, permitindo sua otimização, tornando-os mais eficientes, tanto em termos de produtividade quanto de custo-benefício (VALENTIM *et al.*, 2012)

A automação hospitalar é uma especialidade da automação que busca automatizar os processos provenientes do ambiente hospitalar, visando eficiência e produtividade, utilizando muitos conceitos da automação industrial (Brooks e Brooks, 1998). No entanto, desses conceitos devem ser adaptados à automação hospitalar, pois os hospitais têm particularidades e limitações próprias do ambiente médico. Por exemplo, a coleta de dados deve ser feita com privacidade, para respeitar a ética médica e proteger a integridade do paciente (VALENTIM *et al.*, 2012)

Um caso concreto é o das máquinas-ferramentas que produzem implantes e instrumentos cirúrgicos, que devem operar com precisão e confiabilidade mesmo em condições extremas, sem margem para erros. Na próxima seção trata-se sobre os benefícios da automação industrial no setor hospitalar (VALENTIM *et al.*, 2012)

A automação industrial desempenha um papel importante no setor hospitalar, oferecendo vantagens importantes. Cita-se em primeira ordem a eficiência operacional: que visa a automação industrial no auxílio e automatização o trabalho rotineiro no hospital, reduzindo a necessidade de intervenção humana. Isto não apenas simplifica as operações internas, mas também reduz o erro humano. Por exemplo, sistemas automatizados de rastreamento de pacientes podem ajudar a melhorar a alocação e coordenação de recursos e garantir que cada paciente receba os cuidados certos no momento certo. (SCUR; MIRANDA, 2016).

A automação é um campo que envolve áreas do conhecimento, como programação, eletrônica, mecânica e fluidos sintéticos. Essa diversidade torna a pesquisa em automação muito abrangente e rica. Com o avanço da microeletrônica, os processos automatizados se tornaram mais controlados, otimizados e eficientes, gerando mais produtividade e melhor custo-benefício. Esse cenário favoreceu o crescimento da automação em setores (SCUR; MIRANDA, 2016).

Um desses setores é o hospitalar, que busca aplicar os conceitos e técnicas da automação para melhorar os processos relacionados à saúde. A automação hospitalar se inspira na automação industrial, mas precisa se adaptar às especificidades e exigências do ambiente médico (GAMBI; FERREIRA; GALVÃO, 2013). Por exemplo, a coleta de dados deve ser feita de forma segura e privada, para preservar a qualidade do atendimento e a integridade do paciente (SCUR; MIRANDA, 2016).

Os hospitais também utilizam sistemas de informação que automatizam atividades do ambiente médico. Esses sistemas são voltados principalmente para a gestão, buscando reduzir custos e otimizar processos administrativos. Alguns exemplos de sistemas usados pelos hospitais são: prontuário eletrônico, agendamento de consultas, controle de farmácia, internação, laboratórios, entre outros (AMBROSIO; KANETO, 2014).

Por isso a redução de custos que surgiu a partir da automação industrial no setor hospitalar pode ajudar a reduzir significativamente os custos. Otimiza recursos para uso mais



eficiente de equipamentos e materiais médicos. Além disso, a automação pode reduzir a necessidade de mão de obra, resultando em custos operacionais mais baixos e numa melhor distribuição do pessoal médico (AMBROSIO; KANETO, 2014).

A automação industrial pode ajudar a melhorar a segurança do paciente. Com sistemas automatizados, o processo de administração de medicamentos pode ser monitorado e controlado com mais precisão, reduzindo o risco de erros de dosagem. Além disso, a automação pode ajudar a garantir que os procedimentos sejam seguidos corretamente e que todas as medidas de segurança sejam implementadas adequadamente (AMBROSIO; KANETO, 2014)

A automação industrial no setor hospitalar contribui para melhorar a qualidade geral do atendimento ao paciente. Ajuda a reduzir o risco de erros médicos, melhora a precisão do diagnóstico e facilita a comunicação entre profissionais de saúde (SCUR; MIRANDA, 2016).

Nesse sentido, os sistemas automatizados de registros médicos garantem que as informações do paciente sejam consistentes e facilmente acessíveis a todos os profissionais envolvidos em seus cuidados (SCUR; MIRANDA, 2016).

A automação industrial também impulsionou a inovação tecnológica na área hospitalar. Novas tecnologias, como robôs cirúrgicos, sistemas de telemedicina e dispositivos médicos inteligentes, foram desenvolvidas e implementadas com sucesso em hospitais automatizados. Essas inovações têm o potencial de melhorar ainda mais o atendimento ao paciente, permitindo diagnósticos mais precisos e menos invasivos (SCUR; MIRANDA, 2016).

Contudo, importa salientar que a automação industrial no setor hospitalar também apresenta desafios. A implementação bem-sucedida requer investimento financeiro e recursos adequados, bem como formação e capacitação dos profissionais de saúde (VALENTIM *et al.*, 2012)

Questões éticas como a proteção dos dados dos pacientes e a segurança cibernética também devem ser abordadas. Em resumo, a automação industrial no setor hospitalar oferece múltiplos benefícios, incluindo eficiências operacionais, reduções de custos, maior segurança do paciente, melhoria da qualidade dos cuidados e avanços tecnológicos. Esses benefícios podem ajudar a mudar a forma como os cuidados de saúde são prestados, levando a melhores cuidados e melhores resultados de saúde para os pacientes. Na próxima seção trata-se sobre desafios da automação industrial no setor hospitalar (VALENTIM *et al.*, 2012)

A automação é um fenômeno que se relaciona com a modernização e a transformação da sociedade, sendo um fator crucial para o desempenho do setor produtivo. Ela se desenvolveu a partir da necessidade das empresas de adotar técnicas que aumentassem sua competitividade, gerando benefícios tanto para a indústria quanto para o consumidor, que passou a ter acesso a produtos de maior qualidade, menor custo, durabilidade, entre outros atributos (TEIXEIRA *et al.*, 2013)

A automação também responde às demandas crescentes do mercado, que exige padrões de qualidade na obtenção dos produtos. No entanto, a automação também traz consigo desafios de ordem social, tecnológica, econômica e organizacional. Os problemas decorrentes do avanço tecnológico afetam aspectos da vida humana, como o meio ambiente, o trabalho, as finanças, entre outros (TEIXEIRA *et al.*, 2013)

Nesse sentido, há um grande interesse pela participação na “era digital”. As pessoas buscam aparelhos multifuncionais, que ofereçam praticidade (TEIXEIRA *et al.*, 2013). Nesse

sentido, o diretor da SCHUNK Brasil, uma empresa que oferece soluções de automação para a indústria da Saúde, entre outras, afirma que esse é um dos setores (setor hospitalar) mais rigorosos e que requer equipamentos precisos e altamente versáteis, capazes de atender às diferentes demandas e especificações dos produtos médicos e farmacêuticos (TEIXEIRA *et al.*, 2013)

Mairon Anthero, diretor geral da SCHUNK Intec BR., filial brasileira da empresa alemã SCHUNK, líder mundial em sistemas de garras e tecnologias de fixação, afirma que o setor de saúde continua investindo em processos automatizados, buscando mais eficiência e qualidade (SEGS, 2023).

4. CONCLUSÃO

A automação industrial é um processo que visa aumentar a eficiência, a qualidade e a segurança da produção industrial por meio da utilização de máquinas, sistemas e softwares que realizam tarefas sem a intervenção humana. Neste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os conceitos, as aplicações, os benefícios e os desafios da automação industrial no setor industrial.

A qualificação profissional é um fator essencial para o setor industrial automatizado, que muitas vezes enfrenta a escassez de profissionais gerenciais aptos a operar os sistemas automatizados. Esses profissionais têm um alto custo para as empresas, que precisam investir em pesquisas interdisciplinares para superar os desafios da automação industrial.

Além disso, há os impactos sociais e ambientais da automação, que envolvem questões como a substituição de trabalhadores humanos, a falta de capacitação, os métodos de tratamento adequados e as possíveis agressões ao meio ambiente. Nesse contexto, é preciso haver um órgão que possa equilibrar os interesses, garantindo a preservação ambiental sem prejudicar o desenvolvimento industrial.

A revisão mostrou por meios dos objetivos e problema que a automação industrial é uma tendência crescente e irreversível, que traz vantagens competitivas para as empresas e para a sociedade, mas que também exige investimentos, capacitação e adaptação dos trabalhadores e das organizações. A automação industrial é, portanto, um tema relevante e que demanda mais estudos e pesquisas para o seu desenvolvimento e aprimoramento.

Referências

AMBROSIO, P. E.; KANETO, C. M. **Biologia Computacional e Engenharia Biomédica**. In: TECNOLOGIAS, Técnicas e Tendências em Engenharia Biomédica. Bauru, SP: [s.n.], 2014. p. 114–129.

GAMBI, Estela Maria Ferreira; FERREIRA, Janise Braga Barros; GALVÃO, Maria Cristine Barbosa Galvão. **A transição do prontuário eletrônico do paciente em suporte papel para o prontuário eletrônico do paciente e seu impacto para os profissionais de um arquivo de instituição de saúde**. RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde. Rio de Janeiro, v.7, n.2, Jun., 2013. Disponível em: <http://www.reciis.icict.fiocruz.br/>. Acesso em: 10 mai. 2023.

HALL, Rosemar J. et al. **Avaliação da Implantação do Enterprise Resource Planning (ERP) na Perspectiva dos Usuários de um Hospital Universitário Federal Brasileiro**. Revista Linceu Online, v. 7, n. 2, p. 6-30, 2017.

MELO, E M de. **Sistemas ERP: uma nova abordagem nos processos operacionais e na gestão informacional, estudo de caso em um hospital universitário de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2015. 49 p. Monografia (Gestão Estratégica da Informação) - Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais.

NUNES, Ariadne C. L. F.; ALVES, Carina F.; PINTO, Rosa C.. **Modelagem de Processos no Apoio à Aderência de Implantação de ERP Hospitalar**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO (SBSI), 8. ,



2012, São Paulo. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2012, p. 691-702.

SCUR, Gabriela; MIRANDA, Marcel. **Importância do Módulo de Planejamento da Suíte de Manufatura nas Implementações do Sistema ERP**. Produto & Produção, v. 17, n. 2, 2016.

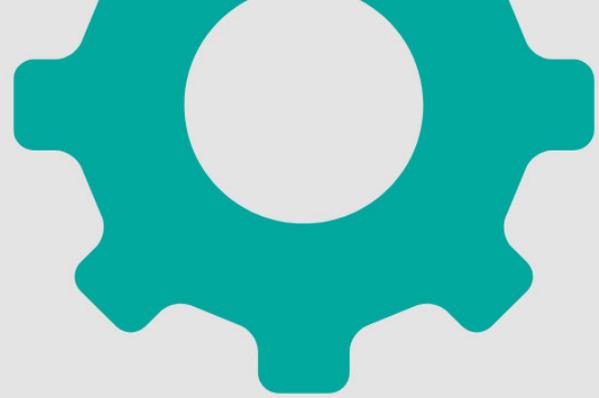
SILVA, E. M. **Curso de Automação Industrial**. Piracicaba: FUMEP, 2018

TEIXEIRA, Ana Flávia Serpa et al. **Automação industrial: seus desafios e perspectivas**. “Revista Inovação, Projetos e Tecnologias”, Itajubá, v. 1, n. 1, p. 1-5, (2013-01). Disponível em: <http://revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/viewFile/404/278>. Acesso em: 2023-05-22.

TORRES, G. G. **Tecnologia Assistiva para Detecção de Quedas: Desenvolvimento de Sensor Vestível Integrado ao Sistema Inteligente**. 2018. f. 71. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica) – Programa de Pós-Graduação.

VALENTIM, Ricardo Alexsandro de Medeiros et al. **Automação hospitalar: o estado da arte**. “Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde”, São Luís, v. 2, n. 1, p. 27-38, (2012-01)

19



O IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS INDÚSTRIAS
THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON INDUSTRIES

Luís Henrique de Aquino Marques



Resumo

O presente trabalho apresenta uma revisão de literatura sobre o impacto da inteligência artificial nos processos industriais. Seu objetivo geral foi compreender a importância da IA para melhorar os processos industriais, estudar o histórico da IA e suas formas, analisar os tipos de aplicação da IA na indústria 4.0 e abordar as vantagens e desvantagens da IA para os processos industriais. Como metodologia utilizou-se a pesquisa bibliográfica, selecionando estudos confiáveis acerca da IA, sua evolução e sua importância para as indústrias. Os resultados da pesquisa indicam que a IA é uma tecnologia que está transformando a maneira como as indústrias operam podendo ser aplicada em áreas que vão desde a automação de processos até a personalização da produção em massa. Além disso, a implementação da IA na indústria 4.0 pode trazer benefícios, como aumento da eficiência, redução de custos e melhoria da qualidade dos produtos.

Palavras-chave: Inteligência artificial, Vantagens, Desvantagens, Indústria 4.0.

Abstract

This work presents a literature review on the impact of artificial intelligence on industrial processes. Its general objective was to understand the importance of AI to improve industrial processes, study the history of AI and its forms, analyze the types of application of AI in industry 4.0 and address the advantages and disadvantages of AI for industrial processes. As a methodology, bibliographical research was used, selecting reliable studies about AI, its evolution and its importance for industries. The research results indicate that AI is a technology that is transforming the way industries operate and can be applied in areas ranging from process automation to the customization of mass production. Furthermore, the implementation of AI in Industry 4.0 can bring benefits such as increased efficiency, reduced costs and improved product quality.

Keywords: Artificial intelligence, Advantages, Disadvantages, Industry 4.0.

1. INTRODUÇÃO

O artigo será publicado como capítulo de livro, em formato e-book, no site da Editora Pascal, eventualmente poderão ser disponibilizados em sites de editoras parceiras. Este documento está escrito de acordo com o modelo indicado para os artigos, assim, serve de referência, ao mesmo tempo em que comenta os diversos aspectos da formatação.

A inteligência artificial (IA) é uma área de pesquisa da ciência da computação que tem o intuito de desenvolver máquinas capazes de raciocinar, aprender e agir de forma inteligente. Nos últimos anos, a IA tem avançado de maneira significativa, tornando-se uma tecnologia importante no decurso do tempo, principalmente, em setores como o industrial.

Diante disso, a indústria 4.0 apresenta-se como uma nova era de manufatura caracterizada pela interconectividade, automação e inteligência artificial. Nesse contexto, a IA tem o potencial de revolucionar os processos industriais, tornando-os mais eficientes, produtivos e personalizados.

Na prática, a IA pode ser utilizada em uma ampla gama de aplicações industriais, incluindo automação de processos, melhoria da produtividade, personalização de produtos, redução de custos, entre outras vantagens que otimizam processos que antes eram realizados principalmente por meio do esforço físico e mental humano.

Nessa perspectiva, a IA nos processos industriais configura-se como uma tendência que traz muitas vantagens para o setor empresarial e para a sociedade, todavia exige investimentos em infraestrutura, capacitação e ética. Com isso, torna-se necessário estar atento às oportunidades e aos desafios que essa tecnologia apresenta para o avanço sustentável da indústria.

Dessa forma, este estudo visa responder a seguinte questão: Quais os principais impactos da inteligência artificial nos processos industriais? Assim sendo, a investigação aqui empreendida é bibliográfica e tem como objetivo geral, compreender a importância da inteligência artificial para melhorar os processos industriais. Além disso, possui os objetivos de estudar o histórico da IA e suas formas, analisar os tipos de aplicação da inteligência artificial na indústria 4.0 e abordar as vantagens e desvantagens da inteligência artificial para os processos industriais.

2. METODOLOGIA

O tipo de pesquisa adotada nesta averiguação é de cunho bibliográfico. No processo de coleta de dados, encontra-se o uso de publicações como livros e artigos; priorizando uma leitura seletiva e analítica dos fatos, seguida de anotações e observações para melhor aproveitamento do estudo investigativo.

Para selecionar os estudos incluídos nesta revisão, utilizou-se as seguintes bases de dados eletrônicas: Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Scholar. Foram usadas as palavras-chave “Inteligência artificial”, “vantagens”, “desvantagens” e “indústria 4.0”. Selecionou-se pesquisas publicadas entre 2019 e 2023, em português, inglês ou espanhol, que discorrem sobre a inteligência artificial, sua evolução e sua importância para o âmbito das indústrias. Os textos encontrados tiveram como critério de seleção ser de fontes confiáveis, que atenderam e se relacionaram com o tema e os objetivos propostos



desta investigação.

A síntese dos resultados foi apresentada em forma de revisão narrativa. Logo, trata-se da discussão do tema sob ponto de vista teórico ou contextual, por meio da análise da literatura publicada em livros, artigos de revistas científicas na interpretação e análise crítica do autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inteligência artificial (IA) pode ser conceituada de duas formas: como os processos mentais e como a suposta forma ideal de inteligência ou raciocínio. O propósito deste campo científico é desenvolver modelos computacionais capazes de exibir comportamentos considerados inteligentes, os quais são desenvolvidos por peritos das áreas de informática, neurociências e ciências comportamentais (D'Addario, 2022).

Assim sendo, a IA pode ser definida de variados modos, sendo os processos mentais o ponto central, referindo-se ao comportamento e àquilo que se pode considerar como um mecanismo perfeito de inteligência e raciocínio. A IA tem uma história longa e complexa, que pode ser dividida em quatro períodos principais que serão abordados a seguir (D'Addario, 2022).

De acordo com D'Addario (2022), o ser humano permanece na tentativa frequente de explicar o pensamento do homem e de que forma ele é capaz de analisar e manusear o mundo. A inteligência artificial busca criar, e não apenas compreender, uma entidade inteligente. A IA é uma das disciplinas mais recentes, iniciando seu estudo pouco depois da Segunda Guerra Mundial e estabelecendo sua denominação em 1956.

Desse modo, a origem da inteligência artificial aconteceu no ano de 1956, em Dartmouth, Hanover, nos Estados Unidos, durante uma reunião com a participação dos principais pesquisadores do campo. Foi nessa ocasião que a proposta, na qual surgiu pela primeira vez o termo “inteligência artificial”, foi redigida. Ainda há muitas lacunas a preencher em seus campos de pesquisa, muito trabalho a ser feito, o que poderia angariar inúmeros gênios para trabalhar em tempo integral. (D'Addario, 2022).

Nos anos de 1950 a 1970, considerado o primeiro período da IA, tem-se uma época marcada pelo entusiasmo e otimismo. Em 1956, John McCarthy, Marvin Minsky e outros cientistas realizaram a Conferência de Dartmouth, na qual foi formalizado o termo “inteligência artificial”. Nesse período, foram desenvolvidos os primeiros sistemas de IA, como o Logic Theorist, que era capaz de provar teoremas matemáticos, e o General Problem Solver, que era capaz de resolver problemas de forma geral (Taulli, 2020).

Após essa primeira fase, quando se adentra à década de 70 até a década seguinte, segundo período da IA, depara-se com um cenário marcado pelo desânimo e o ceticismo. No início dos anos 1970, foi evidente que os sistemas de IA desenvolvidos no período anterior não eram capazes de atingir os objetivos esperados. Isso levou a uma crise de confiança na IA e a uma redução dos investimentos nessa área (Taulli, 2020).

De acordo com Taulli (2020) esse período de ceticismo em relação à inteligência artificial, que durou até os anos 80, ficou conhecido como o Inverno da IA (AI Winter). O termo foi inspirado no “inverno nuclear”, um evento de extinção em que o sol é bloqueado e as temperaturas caem em todo o mundo.

Entretanto, o terceiro período da IA é marcado pelo renascimento. Nos anos 1980, houve um renascimento da IA, com o desenvolvimento de novas técnicas e algoritmos.

Nesse período, foram desenvolvidos os sistemas de IA especialistas, que são capazes de simular o raciocínio de experts em qualquer área de conhecimento em que seja possível definir um conjunto de regras e conceitos (Sichman, 2021).

Ademais, o quarto período da IA é marcado pelo avanço e a expansão. Nos últimos anos, a IA tem avançado significativamente, com o desenvolvimento de novas tecnologias, como o aprendizado de máquina e o seguimento de linguagem natural. Essas tecnologias têm permitido o desenvolvimento de sistemas de IA mais sofisticados, capazes de realizar tarefas que antes eram consideradas impossíveis para as máquinas (Sichman, 2021).

É importante mencionar que ao longo do tempo, a IA tem se manifestado de diferentes formas. Algumas das formas mais comuns de IA incluem a inteligência artificial simbólica, a inteligência artificial subsimbólica e a inteligência artificial forte. Ambas serão definidas a seguir (D'Addario, 2022).

A IA simbólica é uma forma de inteligência artificial baseada na representação do conhecimento em forma simbólica. É válido salientar que os sistemas de IA simbólica são capazes de raciocinar e apresentar resolução de problemas utilizando lógica e raciocínio (D'Addario, 2022).

Por sua vez, a Inteligência artificial subsimbólica é uma forma de IA que está baseada na representação do conhecimento em forma subsimbólica. Os sistemas de inteligência artificial subsimbólicos são capazes de raciocinar e resolver problemas usando técnicas como aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural (D'Addario, 2022).

Já a Inteligência artificial forte é uma forma de IA que possui a capacidade de raciocinar, aprender e agir de forma indistinguível da inteligência humana. A IA forte ainda não foi desenvolvida, mas é uma meta a ser perseguida por pesquisadores da inteligência artificial (D'Addario, 2022).

Em suma, a inteligência artificial é uma tecnologia promissora com o potencial de revolucionar o mundo. Por isso, à medida que a IA continua a se desenvolver e evoluir com novas pesquisas e descobertas científicas, é provável que ela tenha um impacto cada vez maior na vida das pessoas (D'Addario, 2022).

Adentrando o contexto industrial, a aplicação da inteligência artificial (IA) na indústria 4.0 é uma das principais tendências da transformação digital que vem ocorrendo nos últimos anos. A IA permite que as máquinas aprendam com os dados, otimizem processos, aumentem a produtividade, reduzam custos e melhorem a qualidade dos produtos e serviços. Alguns exemplos de aplicações da IA na indústria 4.0 estão na manutenção preditiva, controle de qualidade, otimização de estoque, automação de processos, personalização de produtos (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020).

Na manutenção preditiva, por exemplo, a IA pode analisar os dados coletados por sensores e identificar padrões de desgaste, falhas ou anomalias nos equipamentos, antecipando a necessidade de manutenção e evitando paradas não planejadas (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020).

Já no que diz respeito ao controle de qualidade, a inteligência artificial pode utilizar técnicas de visão computacional e reconhecimento de padrões para inspecionar os produtos em tempo real, detectando defeitos, irregularidades ou desvios dos padrões estabelecidos (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020),

No que se refere à otimização de estoque, a IA é capaz de prever a demanda dos clientes, além de ajustar os níveis de estoque, gerenciar o fluxo de materiais e coordenar a logística de entrega, reduzindo desperdícios e aumentando a satisfação dos clientes (Telles;

Barone; Silva, 2020).

Na automação de processos e personalização de produtos, a IA pode, respectivamente, automatizar tarefas repetitivas, complexas ou perigosas, liberando os trabalhadores para atividades mais estratégicas, criativas ou humanas; e utilizar os dados dos clientes para criar produtos personalizados, adaptados às suas necessidades ou expectativas, aumentando o valor agregado e a fidelização dos clientes (Telles; Barone; Silva, 2020).

É importante mencionar que a IA industrial possui elementos a serem verificados. Os elementos da Inteligência Artificial Industrial incluem: Tecnologia Analítica; Tecnologia de Big Data; Tecnologia de Computação na nuvem; Domínio do Conhecimento e Evidência (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020).

A tecnologia analítica é um elemento essencial da IA, que, por si só, não contribui se os demais elementos não estiverem presentes. Big Data e Tecnologia de Computação na nuvem são essenciais para fornecer dados ao sistema de IA. Já o Domínio de Conhecimento e a Evidência são elementos que permitem compreender o problema, fornecer dados relevantes ao sistema de IA, prepará-lo para coletar corretamente os dados, conhecer as conexões existentes no sistema e os parâmetros de produção exigidos, validando os dados gerados pelo sistema de IA (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020).

Ressalta-se, ainda, que a IA e o aprendizado de máquina são técnicas avançadas que podem trazer benefícios para o setor industrial, mas ainda há poucas evidências que mostrem que elas funcionam e geram um retorno sobre o investimento satisfatório para os acionistas das empresas. Ademais, os resultados dos algoritmos de aprendizado de máquina dependem da experiência dos desenvolvedores (Telles; Barone; Silva, 2020).

Portanto, o uso da IA no setor industrial ainda enfrenta desafios, limitações e lacunas para desenvolver novas pesquisas que tornem esse tema uma área com foco na criação, validação e aplicação de aprendizado de máquina para melhorar a eficiência produtiva. O avanço das pesquisas oferece soluções para problemas industriais e conecta pesquisas acadêmicas e indústrias que utilizam IA (Telles; Barone; Silva, 2020).



Figura 1. Comparativo entre a IA industrial e outras formas de aprendizado.

Fonte: Telles; Barone; Silva (2020, p.03)

Dessa forma, o crescimento da eficiência baseada em especialistas tem o menor impacto nas indústrias, uma vez que, após superar a curva de aprendizado num momento determinado, ocorrerá a rotatividade do funcionário e, conseqüentemente, parte do conhecimento adquirido previamente será perdido, como mostrado acima, na Figura 1 (Tel-

les; Barone; Silva, 2020).

Em relação aos sistemas lógicos, considera-se que o crescimento ocorre apenas quando novas regras e parâmetros de ajuste são inseridos nos sistemas que suportam o aumento da eficiência. Por outro lado, os sistemas com IA, que têm a capacidade de resolver problemas, apresentam crescimento ao identificar oportunidades de otimização em relação ao cenário vigente (Telles; Barone; Silva, 2020).

Em síntese, na indústria, pode-se inferir que a interação entre humanos e máquinas permite o trabalho em equipe, com o emprego de tecnologias cognitivas baseadas em aprendizado de máquina. Dessa forma, robôs inteligentes utilizam modelos de aprendizado de máquina avançados para aprender com humanos e adquirir habilidades complementares em diferentes cenários operacionais (Telles; Barone; Silva, 2020).

Diante disso, utilizar a inteligência artificial no meio industrial traz muitas vantagens, mas também apresenta desafios a serem superados. Quanto às vantagens da IA para os processos industriais, pode-se elencar: aumento da produtividade, redução de custos, melhor qualidade e personalização de produtos e serviços (Amaral; Gasparotto, 2021).

Em relação ao aumento da produtividade, a IA pode ajudar significativamente. Por exemplo, a IA pode auxiliar na otimização de recursos, na previsão de demandas, na detecção de falhas, na automação de tarefas e na melhoria da qualidade dos produtos. Além disso, ela pode contribuir para a redução de erros, desperdícios e de emissões, além de aumentar a segurança e a satisfação dos trabalhadores (Schwab; Davis, 2019).

No que diz respeito à redução de custos, a IA pode ajudar a reduzir os custos industriais, eliminando desperdícios e melhorando a eficiência. Assim eleva a qualidade dos produtos e serviços, aumentando a satisfação dos clientes e a competitividade no mercado, e conseqüentemente, levando ao aumento da eficiência e da lucratividade das indústrias (Amaral; Gasparotto, 2021).

Por fim, na melhoria e personalização de produtos e serviços, já supracitado ao analisar as aplicações na indústria 4.0, a IA pode auxiliar no desenvolvimento de novos produtos e serviços personalizados, utilizando técnicas de design generativo, simulação e prototipagem rápida. Ademais, pode ajudar a criar experiências de usuário mais interativas, intuitivas e satisfatórias, utilizando técnicas de reconhecimento de voz, imagem e gestos, chatbots e realidade aumentada (Schwab; Davis, 2019).

Nesse ínterim, é possível perceber que a aplicação de inteligência artificial (IA) no âmbito industrial, apesar de favorecer a otimização de muitos processos, desencadeia também obstáculos a serem transpassados, como a questão da segurança de dados, capacitação de profissionais, integração de sistemas, regulação e governança, aceitação e confiança (Amaral; Gasparotto, 2021).

Na segurança de dados, por exemplo, a IA depende de grandes volumes de dados para o seu pleno funcionamento, o que, por conseguinte, exige cuidados com a proteção, a privacidade e a ética na utilização desses dados. Por isso, é necessário cautela para evitar vazamentos, fraudes ou violação de direitos (Schwab; Davis, 2019).

No que se refere à capacitação de profissionais, a IA requer pessoal qualificado para desenvolver, implementar e gerenciar as soluções. Para isso, é necessário que haja mais investimentos em educação, além disso, os trabalhadores precisam de treinamento e constante atualização (Amaral; Gasparotto, 2021).

Em relação à integração de sistemas, a IA precisa manter comunicação com outros sistemas, assim como com as máquinas e outros dispositivos, o que implica em padroni-

zação, interoperabilidade e compatibilidade entre as diferentes plataformas e ferramentas tecnológicas (Schwab; Davis, 2019).

No que diz respeito à regulação e governança, a inteligência artificial deve seguir normas, leis e regulamentos. Esse procedimento é o que vai garantir o seu uso adequado, responsável e sustentável, fator que envolve questões jurídicas, sociais e ambientais (Amaral; Gasparotto, 2021).

Já no que se refere à aceitação e a confiança na inteligência artificial no setor industrial é importante dizer que eles são fatores essenciais para o sucesso da transformação digital. Dessa maneira, a IA precisa ser aceita e confiada pelos usuários, clientes e sociedade em geral, o que implica em transparência, explicabilidade e participação dos envolvidos nas decisões e nos resultados da IA (Schwab; Davis, 2019).

A aceitação e a confiança na IA também requerem uma capacitação contínua dos trabalhadores do setor industrial, para que eles possam se adaptar às mudanças tecnológicas e desenvolver novas competências. A IA não deve ser vista como uma ameaça, mas como uma oportunidade de criar valor e gerar benefícios para o setor industrial e para a sociedade (Schwab; Davis, 2019).

Em vista do que foi exposto nesta investigação, foi possível analisar o impacto da inteligência artificial (IA) nos processos industriais, considerando as vantagens e desvantagens dessa tecnologia. Como discutido, a IA é uma área da ciência da computação que visa criar sistemas capazes de realizar tarefas que normalmente exigem inteligência humana, como reconhecimento de padrões, aprendizado, raciocínio e tomada de decisão (Schwab; Davis, 2019).

Por isso, a aplicação da IA nos processos industriais pode trazer benefícios como aumento da produtividade, qualidade, segurança e eficiência, além de redução de custos, erros e desperdícios. No entanto, ela também apresenta desafios e riscos, como a necessidade de investimento em infraestrutura, capacitação e atualização, a questão ética e legal do uso e controle dos dados (Schwab; Davis, 2019).

Além disso, precisa-se considerar a responsabilidade pelos resultados e impactos gerados pela IA e a possível substituição ou desqualificação da mão de obra humana. Portanto, é preciso avaliar cuidadosamente as implicações da IA nos processos industriais, buscando aproveitar as oportunidades e minimizar as ameaças dessa tecnologia (Schwab; Davis, 2019).

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir, com base na investigação apresentada que a inteligência artificial é uma tecnologia que está transformando o modo como as indústrias operam, visto que a IA pode ser aplicada em áreas que vão desde a automação de processos até a personalização da produção em massa. Ademais, a implementação da IA na indústria 4.0 é capaz de gerar benefícios concretos, como aumento da eficiência, redução de custos e melhoria da qualidade dos produtos.

No decorrer da pesquisa, analisou-se o histórico da IA e suas formas, além de apontar os tipos de aplicação da inteligência artificial na indústria 4.0, indicando as vantagens e desvantagens dessa inteligência para os processos realizados na indústria. Dessa maneira, os objetivos foram alcançados e a pergunta norteadora da pesquisa foi respondida, constatando-se que a inteligência artificial impacta expressivamente os processos industriais, angariando benefícios e gerando desafios a serem transpostos.

Diante disso, é imprescindível que as empresas avaliem cautelosamente os benefícios e riscos da implementação da IA em suas operações. É necessário, ainda, investir em capacitação de profissionais e em infraestrutura adequada para garantir o sucesso da implementação. Nesse sentido, para estudos futuros, sugere-se investigações acerca dos impactos sociais e econômicos da IA nas indústrias, buscando entender como ela é capaz de afetar o emprego, a profissionalização e a inovação no setor industrial.

Referências

- AMARAL, H. N.; GASPAROTTO, A. M. S. Inteligência artificial: uso da robótica na indústria 4.0, **Interface tecnológica**, v. 18, n.1, p. 474 – 486, 2021.
- D’ADDARIO, M. **Inteligência Artificial: Tratados, aplicações, usos e futuro**. São Paulo: Babelcube Inc., 2022.
- SCHWAB, K.; DAVIS, N. **Aplicando a Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2019.
- SICHMAN, J. S. **Inteligência Artificial e sociedade: avanços e riscos**. Estudos Avançados, v. 35, n. 101, p. 37–50, 2021.
- SKALFIST, P.; MIKELSTEN, D.; TEIGENS, V. **Inteligência Artificial: a quarta revolução industrial**. Cambridge Stanford Books, 2020.
- TAULLI, T. **Introdução à Inteligência Artificial: Uma abordagem não técnica**. 1ª edição. São Paulo: Novatec, 2020.
- TELLES, E. S.; BARONE, D. A. C.; DA SILVA, A. M. Inteligência Artificial no Contexto da Indústria 4.0. In: **WORKSHOP SOBRE AS IMPLICAÇÕES DA COMPUTAÇÃO NA SOCIEDADE (WICS)**, 1., 2020, Cuiabá. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 130-136.





20

O CONTROLE E A AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0
CONTROL AND AUTOMATION IN INDUSTRY 4.0

Francisco de Alves Lima Júnior

Resumo

Este estudo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o controle e a automação na Indústria 4.0. A Indústria 4.0 é uma nova era industrial impulsionada pela revolução tecnológica, caracterizada pelo uso de tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas, big data e inteligência artificial, para criar fábricas inteligentes e flexíveis. O problema norteador da pesquisa é: “Quais as vantagens do controle e da automação na Indústria 4.0?” Seu objetivo geral consiste em abordar a importância do controle e automação na Indústria 4.0. Para alcançar esse objetivo, foram realizadas análises de documentos já publicados sobre o tema analisado em bancos de dados e sites especializados, como Google Scholar e SciELO. Os resultados indicam que o controle e a automação são essenciais para o sucesso da Indústria 4.0, o que demanda investimentos significativos em tecnologia, infraestrutura e capacitação de pessoal. As empresas que investirem nessas tecnologias estarão mais preparadas para enfrentar os desafios do mercado e aumentar a competitividade.

Palavras-chave: Automação, Controle, Vantagens, Indústria 4.0.

Abstract

This study presents a literature review on control and automation in Industry 4.0. Industry 4.0 is a new industrial era driven by the technological revolution, characterized by the use of emerging technologies, such as the Internet of Things, big data and artificial intelligence, to create smart and flexible factories. The guiding research problem is: “What are the advantages of control and automation in Industry 4.0?” Its general objective is to address the importance of control and automation in Industry 4.0. To achieve this objective, analyzes were carried out on documents already published on the topic analyzed in databases and specialized websites, such as Google Scholar and SciELO. The results indicate that control and automation are essential for the success of Industry 4.0, which requires significant investments in technology, infrastructure and personnel training. Companies that invest in these technologies will be better prepared to face market challenges and increase competitiveness.

Keywords: Automation, Control, Advantages, Industry 4.0.



1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 apresenta-se como uma nova era industrial que está sendo impulsionada pela revolução tecnológica. Essa revolução se caracteriza pelo uso de tecnologias emergentes, como a internet das coisas (IoT), big data e inteligência artificial (IA), para criar fábricas inteligentes e flexíveis.

Diante disso, compreende-se que o controle e a automação são essenciais para a Indústria 4.0. Essas tecnologias permitem a integração de máquinas, sensores e sistemas de informação, o que possibilita o monitoramento e controle em tempo real dos processos produtivos.

Portanto, a presente pesquisa aborda sobre o controle e automação na Indústria 4.0, onde estes buscam criar valor e envolver todas as etapas do ciclo de vida do produto. Não só na concepção e desenvolvimento da ideia, mas também na utilização, manutenção e até reciclagem do produto acabado. Tudo isso envolve redução de custos.

Nessa perspectiva, a investigação aqui empreendida justifica-se no sentido de agregar contribuições acadêmicas e sociais, buscando compreender os benefícios e as vantagens competitivas trazidas por ações como automatizar uma indústria ou linha de produção, integrar sistemas de controle de fábrica às operações corporativas e implementar tecnologias da Indústria 4.0.

Dessa forma, a temática provém do seguinte problema: Quais as vantagens do controle e da automação na Indústria 4.0? Assim sendo, a pesquisa realizada é de cunho bibliográfico e tem como objetivo geral, abordar a importância do controle e automação na Indústria 4.0. Além disso, possui como objetivo específico analisar o papel do controle e da automação na Indústria 4.0, visando mostrar o histórico e desenvolvimento industrial identificando as principais tecnologias utilizadas nesse setor.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi a revisão bibliográfica. Essa metodologia consiste na pesquisa e análise de documentos já publicados sobre o tema analisado nesta investigação. Para isso, foi realizada uma busca bibliográfica em bancos de dados e sites especializados, como Google Scholar, Web of Science e SciELO. Foram usadas as palavras-chave “Automação”, “controle”, “vantagens” e “indústria 4.0”. Selecionou-se pesquisas publicadas entre 2019 e 2023, em português, inglês ou espanhol, que discorrem sobre os principais conceitos, tecnologias e aplicações de controle e automação na indústria 4.0. Os textos encontrados tiveram como critério de seleção ser de fontes confiáveis, que atenderam e se relacionaram com o tema e os objetivos propostos desta investigação.

A síntese dos resultados foi apresentada em forma de revisão narrativa. Logo, trata-se da discussão do tema sob ponto de vista teórico ou contextual, por meio da análise da literatura publicada em livros, artigos de revistas científicas na interpretação e análise crítica do autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de tudo é importante dizer que as transformações tecnológicas vigentes, que

prometem avanços ainda mais significativos nas próximas décadas, têm o potencial de provocar uma mudança de paradigma na sociedade. Essas transformações estão impactando a produção de novos produtos e serviços, as formas de organização do processo produtivo, e, conseqüentemente, a criação e destruição de empregos e as formas de organização do trabalho. Os impactos dessas transformações são sentidos em todos os setores da economia, da indústria aos serviços e ao setor primário (Gimenez; Santos, 2019).

Assim sendo, é possível perceber que a quarta revolução industrial ou indústria 4.0 está em permanência desde o final do século XX até o presente momento, em escala global. Tal revolução é marcada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas, que permitem a integração, a interação e a inteligência entre máquinas, pessoas e processos. Além disso, nessa fase, destacam-se as indústrias de nanotecnologia, de robótica e de inteligência artificial (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020).

A integração presente na indústria 4.0 tem possibilitado a criação de fábricas inteligentes e flexíveis, que podem se adaptar rapidamente às mudanças do mercado. Assim sendo, ao observar o seu contexto no decurso do tempo, pode-se dividi-la em três fases principais, as quais se enquadram nos anos de 1960 a 2010, 2010 a 2020, 2020 até o presente período (Gimenez; Santos, 2019).

Assim sendo, foi na primeira fase (1960 - 2010), que houve o desenvolvimento de tecnologias de automação, como robótica, controle numérico computadorizado (CNC) e sistemas de manufatura flexível (FMS). Essas tecnologias permitiram a automatização de tarefas repetitivas e complexas, o que aumentou a produtividade e a eficiência dos processos produtivos (Marciano *et al.*, 2019).

Na segunda fase, por sua vez, (2010 - 2020), foi o período em que ocorreu o desenvolvimento de tecnologias digitais, como a internet das coisas (IoT), big data e inteligência artificial (IA). Essas tecnologias estão possibilitando a integração de máquinas, sensores e sistemas de informação, o que está permitindo o monitoramento e controle em tempo real dos processos produtivos (Gimenez; Santos, 2019).

Já na terceira fase, que iniciou nos anos 2000, a Indústria 4.0 está se tornando uma realidade mundial. As indústrias estão investindo em tecnologias digitais para se tornarem mais eficientes e terem mais flexibilidade. Dessa maneira as mudanças inerentes a esse processo, que vai desde o aumento da produtividade até a criação de fábricas mais inteligentes, podem ser observadas com legitimidade. (Marciano *et al.*, 2019)

Portanto a Indústria 4.0 está gerando uma série de mudanças na indústria, incluindo, por exemplo o aumento da produtividade, em que as fábricas são capazes de produzir mais produtos com menos recursos; e ainda, a redução de custos, em que a automação e a integração de tecnologias digitais estão permitindo a diminuição de custos de produção. (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020)

Além disso, pode-se perceber uma melhoria significativa na qualidade, em que as indústrias inteligentes têm a capacidade de produzir produtos mais personalizados e melhores; bem como, tornam-se mais flexíveis, o que favorece rapidez para sua adaptação em relação às mudanças de mercado. (Marciano *et al.*, 2019)

Conforme Gimenez, Santos (2019), a Indústria 4.0 está transformando profundamente a forma como as empresas criam valor, organizam seus negócios e trabalham. A integração física e cibernética está mudando as relações entre pessoas, máquinas, processos produtivos e sistemas de informação.

Nesse sentido, é importante destacar a importância da internet das coisas (IoT) no processo de automação industrial, visto que a IoT é uma tecnologia que permite conectar

objetos físicos à Internet. Na automação industrial, a IoT é usada para conectar máquinas, equipamentos e outros ativos físicos. Essa conexão permite que os dados desses ativos sejam coletados, analisados e usados para melhorar a eficiência e a produtividade das operações (Souza; Bonette, 2019).

Por isso, vê-se que a IoT tem um impacto significativo na automação industrial. Em primeiro lugar, ela permite que os dados sejam coletados de uma variedade de fontes, incluindo sensores, máquinas e dispositivos móveis. Essa coleta de dados em tempo real fornece uma visão abrangente das operações, o que pode ajudar as empresas a identificar oportunidades de melhoria (Souza; Bonette, 2019).

Em segundo lugar, a IoT permite que os dados sejam analisados usando técnicas de inteligência artificial e big data. Essa análise pode ajudar as empresas a identificar padrões e tendências que podem não ser visíveis a olho nu. Isso pode levar a melhorias significativas na eficiência, produtividade e qualidade (Marciano *et al.*, 2019).

Em terceiro lugar, a IoT permite que as máquinas e equipamentos sejam controlados remotamente. Isso pode ajudar as empresas a reduzir o tempo de inatividade e melhorar a segurança dos trabalhadores. Dessa forma, há aplicações específicas da IoT na automação industrial, que serão discutidas a seguir (Marciano *et al.*, 2019).

A primeira aplicação é o monitoramento de ativos, em que a IoT pode ser utilizada para monitorar a condição de máquinas, equipamentos e outros ativos físicos. Isso pode auxiliar as empresas a identificar problemas antes que eles ocorram, o que pode levar a uma redução nos custos de manutenção e reparo (Souza; Bonette, 2019).

Além de ser aplicada para o processo supracitado, na automação de processos, a IoT pode ser usada para automatizar processos industriais. Isso pode ajudar as empresas a aumentar a produtividade e reduzir os custos de mão de obra, o que se configura como uma vantagem significativa (Souza; Bonette, 2019).

Por outro lado, na personalização de produtos, a IoT pode favorecer a coleta de dados sobre os clientes e utilizar esses dados para realizar a personalização dos produtos e dos serviços. Tal mecanismo tem a capacidade de propiciar às empresas o aumento da satisfação do cliente e a alavancagem das vendas (Gimenez; Santos, 2019).

A IoT é uma tecnologia disruptiva que está transformando a automação industrial. À medida que a tecnologia continua a se desenvolver, é provável que tenha um impacto ainda maior na indústria pelos próximos anos, considerando que ao se integrar com outras tecnologias, como big data, análise e automação, pode gerar novas receitas e oportunidades (Gimenez; Santos, 2019).

Outros exemplos de aplicações da IoT na indústria são: monitoramento em tempo real de máquinas e equipamentos, rastreamento de produtos e matérias-primas, controle de estoque e inventário, prevenção de falhas e manutenção preditiva, análise de dados e tomada de decisão baseada em indicadores (Souza; Bonette, 2019).

É importante ressaltar ainda, como Maciano *et al.* (2019) mencionam, que a internet das coisas é uma das principais tecnologias da Indústria 4.0. Ela consiste na conexão em rede de todos os dispositivos e meios relacionados ao ambiente produtivo, por meio de dispositivos eletrônicos embarcados que permitem a coleta e troca de dados.

A IoT é essencial para a Indústria 4.0 porque sua existência nos equipamentos, máquinas, sensores e atuadores forma os sistemas ciber-físicos. Esses sistemas permitem que os dispositivos de uma planta industrial se comuniquem e interajam um com os outros como controladores descentralizados. (Marciano *et al.*, 2019)

Além das vantagens para a indústria, em 2020, cerca de 9 bilhões de dispositivos IoT estavam conectados à internet, trazendo maior praticidade para a vida das pessoas. Com a ajuda de tecnologias de Inteligência Artificial e assistentes virtuais, como a Cortana, da Microsoft, e a Alexa, da Amazon, é possível realizar ações que antes eram mais difíceis ou demoradas (Souza; Bonette, 2019).

Por exemplo, um dispositivo pode ser usado para monitorar a localização de uma pessoa pelo GPS. Quando o dispositivo detecta que a pessoa está a caminho de casa, ele pode enviar um comando para ligar o ar-condicionado, para que a casa esteja fresca quando a pessoa chegar (Souza; Bonette, 2019).

Diante disso, adentrando os sistemas ciber-físicos, pode-se encontrar também o recurso da big data que é uma tecnologia que permite a coleta, armazenamento, processamento e análise de grandes quantidades de dados. Na automação e controle industrial, a big data pode ser usada para melhorar a eficiência, a produtividade e a segurança das operações (Scognamiglio; Santos, 2021).

Salienta-se que um dos principais benefícios da big data na automação industrial é a capacidade de coletar dados de diferentes fontes. Isso inclui dados de sensores, máquinas, equipamentos e sistemas de controle. A coleta de dados de diferentes fontes permite que as empresas tenham uma visão mais completa do processo produtivo (Scognamiglio; Santos, 2021).

Os dados coletados pela big data podem ser usados para identificar padrões e tendências. Isso pode ajudar as empresas a tomar melhores decisões sobre o planejamento e a execução das operações. Por exemplo, a big data pode ser usada para identificar gargalos na produção, prever falhas de equipamentos e melhorar a eficiência dos recursos (Silva Neto; Bonacelli; Pacheco, 2020).

A big data também pode ser usada para melhorar a segurança das operações industriais. Por exemplo, a big data pode ser usada para monitorar o desempenho dos equipamentos, detectar perigos potenciais e prevenir acidentes. Alguns exemplos de como a big data pode ser usada na automação e controle industrial são a melhoria na eficiência da produção, redução de custos, otimização dos produtos e melhoria da segurança (Silva Neto; Bonacelli; Pacheco, 2020).

De acordo com Scognamiglio; Santos (2021) aplicabilidade do Big Data está associada a cinco dimensões, conhecidas como os cinco Vs, que devem ser equilibradas para que as plataformas e sistemas possam gerar os resultados esperados. Os Vs dizem respeito, respectivamente, ao volume, variedade, velocidade, veracidade e valor.

O volume refere-se à quantidade de dados a serem analisados; a variedade diz respeito aos diferentes tipos de dados que podem ser coletados, como dados estruturados, não estruturados e semiestruturados. Já a velocidade refere-se à rapidez com que os dados são gerados e precisam ser processados; a veracidade relaciona-se à confiabilidade dos dados, e o valor, ao benefício que os dados podem gerar para a empresa (Scognamiglio; Santos, 2021).

Assim sendo, a Big Data é uma tecnologia que permite lidar com grandes volumes de dados, que crescem significativamente mais rápido em diferentes áreas e setores, exigindo uma análise rápida e eficiente para extrair valor ou soluções. Esse valor ou soluções podem se manifestar de maneiras distintas, desde o reconhecimento de tendências no comportamento dos consumidores até o avanço da pesquisa médica (Silva Neto; Bonacelli; Pacheco, 2020).

Dessa maneira, importa dizer ainda, que na indústria o controle de automação é divi-

dido em níveis, por isso o que é chamado de pirâmide da automação industrial, configura-se como uma representação visual que organiza os diferentes níveis de controle de automação industrial, desde os equipamentos e dispositivos em campo até o gerenciamento corporativo da empresa (Marciano *et al.*, 2019).

Logo, no nível 1, tem-se a aquisição de dados e controle manual, ele é majoritariamente composto por dispositivos de campo, como atuadores, sensores, transmissores e outros componentes presentes na planta. Esses dispositivos coletam dados do processo e enviam-nos para o nível superior (Marciano *et al.*, 2019).

Já o nível 2, o de controle individual, compreende equipamentos que realizam o controle automatizado das atividades da planta. Aqui se encontram Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCDs) e relés. Esses equipamentos recebem os dados do nível 1 e os usam para controlar o processo industrial (Marciano *et al.*, 2019).

No nível 3, por sua vez, controle de célula, supervisão e otimização do processo, destina-se à supervisão dos processos executados por uma determinada célula de trabalho em uma planta. Ele recebe os dados do nível 2 e os usa para monitorar o processo e identificar possíveis problemas (Marciano *et al.*, 2019).

Por outro lado, é no nível 4 que ocorre o controle fabril total, produção e programação, responsável pela parte de programação, bem como do planejamento da produção. Ele recebe os dados dos níveis 2 e 3 e os usa para otimizar a produção e melhorar a eficiência da planta (Marciano *et al.*, 2019).

Por fim, no nível 5, há o planejamento estratégico e gerenciamento corporativo. Esse último nível da pirâmide se encarrega da administração dos recursos da empresa. Ele recebe os dados dos níveis 2 a 4 e os usa para ajudar na tomada de decisões que afetam a empresa como um todo (Marciano *et al.*, 2019).

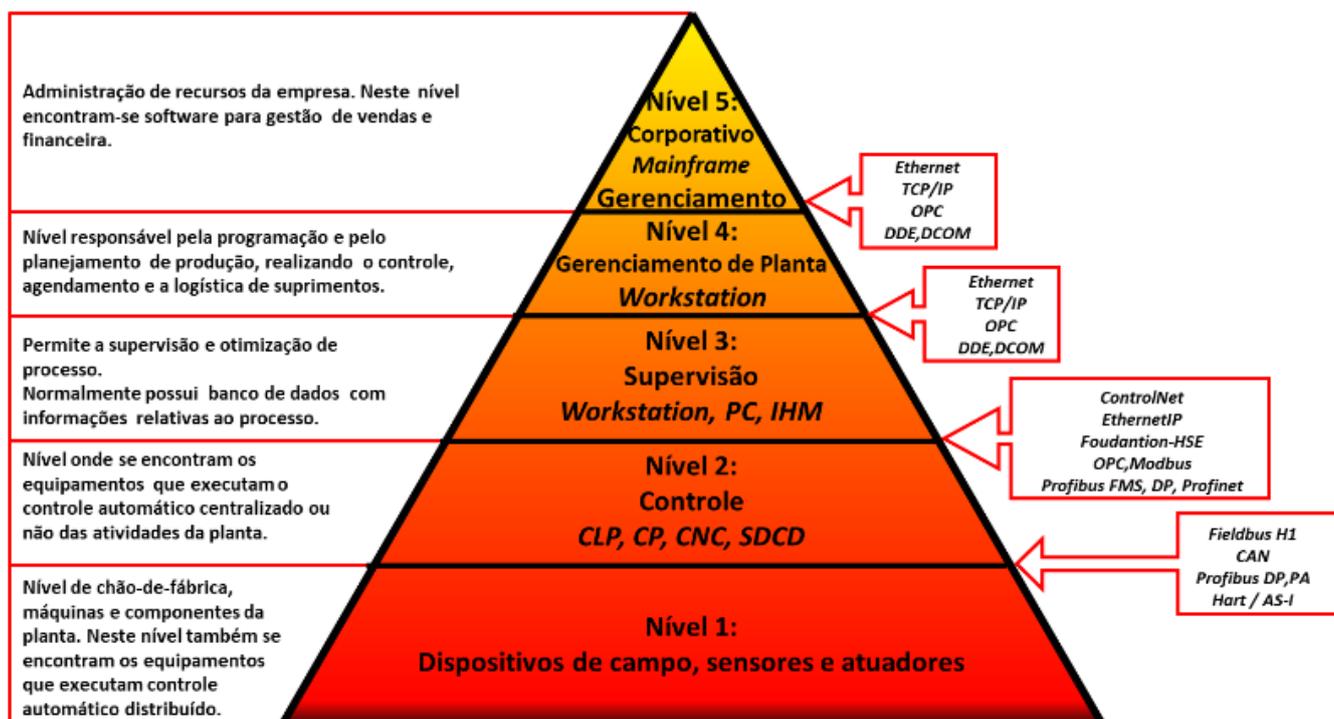


Figura 1. Pirâmide de automação industrial

Fonte: Santos (2012)

Nota-se na Figura 1, a pirâmide da automação industrial, uma representação visual que organiza os diferentes níveis de controle existentes através da divisão em cinco níveis hierárquicos. Os níveis mais baixos estão diretamente relacionados com os equipamentos utilizados em campo; os quais são responsáveis pela coleta de dados e pelo controle manual ou automatizado das atividades da planta (Silva Neto; Bonacelli; Pacheco, 2020).

Já no que diz respeito aos níveis superiores, percebe-se que eles tratam do gerenciamento dos processos, da planta e da empresa. Eles são responsáveis pela supervisão e otimização dos processos, pelo planejamento da produção e pela administração dos recursos da empresa (Silva Neto; Bonacelli; Pacheco, 2020).

Assim sendo, adentrando aos recursos da Inteligência artificial (IA) no setor industrial é possível notar que a IA permite que as máquinas aprendam com os dados, otimizem processos, aumentem a produtividade, diminuam custos e melhorem a qualidade dos produtos e serviços. Alguns exemplos de aplicações da IA na indústria 4.0 estão na manutenção preditiva, controle de qualidade, otimização de estoque, automação de processos, personalização de produtos (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020).

Diante disso, na automação industrial, a IA estar interligada a tudo o que foi supracitado. Ela pode ser usada para automatizar tarefas que até o momento são realizadas por humanos, como a inspeção de produtos, o controle de qualidade e a manutenção de equipamentos. Ela também pode ser usada para melhorar a tomada de decisões, por exemplo, ao analisar dados para identificar tendências e oportunidades de melhoria (Skalfist; Mikelsten; Teigens, 2020).

Além disso, a IA pode auxiliar na inspeção de produtos, tarefa na qual a sua função é inspecionar produtos em busca de defeitos ou irregularidades. Isso pode ajudar a melhorar a qualidade dos produtos e reduzir o desperdício. Ela pode também ser utilizada para monitorar o desempenho dos equipamentos e identificar problemas potenciais. Isso pode ajudar a evitar falhas e paradas de produção (Telles; Barone; Silva, 2020).

A IA também ajuda no controle de qualidade, em que o seu papel é monitorar a qualidade dos processos de produção. Isso pode permitir a identificação e correção de problemas antes que eles causem danos aos produtos. E ainda, no planejamento de produção, a IA pode ser usada para analisar dados de demanda, estoque e capacidade para otimizar o planejamento de produção, melhorando a eficiência. (Telles; Barone; Silva, 2020)

A IA ainda está em desenvolvimento, mas tem o potencial de transformar a automação industrial. À medida que a tecnologia continua a evoluir, é provável que surjam ainda mais aplicações da IA na indústria. É possível elencar relevantes benefícios específicos da IA para a automação industrial, dentre os quais estão o aumento da eficiência, melhoria da qualidade, redução de custos e melhoria da segurança (D'Addario, 2022).

Nesse sentido, a tecnologia analítica é um elemento essencial da IA, mas não é suficiente para garantir seu sucesso. Big Data e a computação em nuvem são essenciais para fornecer dados ao sistema de IA, mas não são capazes de interpretá-los ou de gerar insights úteis. O domínio de conhecimento e a evidência são elementos complementares que permitem que a IA seja usada de forma eficaz (D'Addario, 2022).

Desse modo, o domínio de conhecimento é necessário para compreender o problema que a IA está tentando resolver. Isso inclui conhecer as conexões existentes no sistema e os parâmetros de produção exigidos. A evidência é necessária para validar os resultados da IA, fornecer dados relevantes ao sistema e preparar o sistema para coletar corretamente os dados (D'Addario, 2022).

Em síntese, apesar de seu potencial, a IA e o aprendizado de máquina ainda enfren-

tam desafios no setor industrial. Há poucas evidências que mostrem que essas técnicas geram um retorno sobre o investimento satisfatório para os acionistas das empresas. Além disso, os resultados dos algoritmos de aprendizado de máquina dependem da experiência dos desenvolvedores (Telles; Barone; Silva, 2020).

Para superar esses desafios, é necessário investir em pesquisa e desenvolvimento. Novas pesquisas devem focar na criação, validação e aplicação de aprendizado de máquina para melhorar a eficiência produtiva. O avanço das pesquisas oferece soluções para problemas industriais e funciona como uma ponte que conecta pesquisas acadêmicas e indústrias que utilizam IA (Telles; Barone; Silva, 2020).

4. CONCLUSÃO

Tendo como base a investigação realizada, pode-se concluir que a Indústria 4.0 é uma realidade muito presente nas fábricas de todo o mundo. A partir do problema da pesquisa, o objetivo geral foi alcançado por meio de uma revisão bibliográfica que analisou o papel do controle e da automação na Indústria 4.0, apresentando o histórico e o desenvolvimento industrial, bem como as principais tecnologias utilizadas nesse setor.

Diante disso, as tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas e a Inteligência Artificial e a Realidade Aumentada, estão transformando a maneira como as empresas produzem e entregam seus produtos, criando oportunidades de negócios e otimizando a experiência do cliente. Assim sendo, o controle e a automação possibilitam a criação de sistemas inteligentes, conectados e independentes, que se adaptam às mudanças e às demandas do mercado.

No entanto, é importante lembrar que a implementação da Indústria 4.0 necessita de investimentos significativos em tecnologia, infraestrutura e capacitação de pessoal. Portanto, as empresas que conseguirem superar esses desafios e adotar uma abordagem estratégica e integrada para a transformação digital estarão em uma posição privilegiada para competir e ascender em um mundo mais conectado e automatizado.

Para trabalhos futuros, sugere-se aprofundar os estudos sobre os desafios e as oportunidades que o controle e a automação trazem para a Indústria 4.0, especialmente no que se refere aos aspectos éticos, legais, socioambientais. Também se recomenda explorar as aplicações práticas do controle e da automação em diferentes setores industriais, bem como as suas implicações para a educação, a formação e o trabalho dos profissionais envolvidos nessa área.

Referências

- D'ADDARIO, M. **Inteligência Artificial: tratados, aplicações, usos e futuro**. São Paulo: Babelcube Inc., 2022.
- GIMENEZ, D. M.; SANTOS, A. L. dos. Indústria 4.0, manufatura avançada e seus impactos sobre o trabalho. **IE**. Campinas, n. 371, p. 01 – 28, nov. 2019.
- MARCIANO, E. M. et al. Indústria 4.0 – Integração de Sistema. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 1, p. 75 - 92, jun. 2019.
- SANTOS, G. **A pirâmide de automação industrial**. **Blog Automação industrial**, 2012. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/a-piramide-da-automacao-industrial/>. Acesso em 15 de outubro de 2023.
- SCOGNAMIGLIO, L. M.; SANTOS, L.; As vantagens da aplicabilidade dos sistemas ciber físicos na indústria 4.0: uma análise holística das diversas tecnologias existentes no ramo. **Revista Fatec de Tecnologia e Ciências**, v. 6, n.1, p. 04 – 16, 2021.

SILVA NETO, V. J. da; BONACELLI, M. B. M.; PACHECO, C. A. O sistema tecnológico digital: inteligência artificial, computação em nuvem e big data. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. 01 – 31, 2020.

SKALFIST, P.; MIKELSTEN, D.; TEIGENS, V. Inteligência Artificial: a quarta revolução industrial. Cambridge Stanford Books, 2020.

SOUZA, J. V. Z.; BONETTE, L. R. Impactos da indústria 4.0 e sua autonomia operacional em processos de automação, através da internet das coisas. **Revista Gestão Industrial**, v. 15, n. 4, p. 42-55, 2019.

TELLES, E. S.; BARONE, D. A. C.; SILVA, A. M. da. Inteligência Artificial no Contexto da Indústria 4.0. In: WORKSHOP SOBRE AS IMPLICAÇÕES DA COMPUTAÇÃO NA SOCIEDADE (WICS), 1., 2020, Cuiabá. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 130-136.





21

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E COMPETITIVA: O USO DE
TECNOLOGIAS AVANÇADAS EM CONTEXTOS EMPRESARIAIS
ARTIFICIAL AND COMPETITIVE INTELLIGENCE: THE USE OF
ADVANCED TECHNOLOGIES IN BUSINESS CONTEXTS

Werley Ximenes da Silva

Resumo

Este trabalho aborda a interseção entre Inteligência Artificial (IA) e Inteligência Competitiva (IC) no setor educacional, uma área de estudo emergente que está se destacando devido à rápida evolução tecnológica. A escolha deste tema deve-se à sua relevância na melhoria dos métodos pedagógicos e na formação de profissionais adaptados à era digital. A pesquisa foi desenvolvida através de uma revisão sistemática, utilizando metodologias como a bibliometria e o Diagrama de Prisma para uma análise crítica da literatura existente. Esta abordagem permitiu identificar padrões, lacunas e tendências nos estudos sobre as aplicações da IA e IC na educação, focando em aspectos como personalização do ensino, análise preditiva e otimização pedagógica. As conclusões do estudo destacam a necessidade de mais pesquisas sobre a implementação prática e a eficácia dessas tecnologias no contexto educacional. Ficou evidente que a convergência da IA e IC tem o potencial de criar ambientes de aprendizado mais eficientes e personalizados, adaptados às necessidades individuais dos alunos e auxiliando na tomada de decisões. O estudo ressalta a importância de investigar mais profundamente o impacto real da IA e IC na qualidade da educação e a necessidade de capacitar educadores para utilizar essas tecnologias de maneira eficaz e ética. Este trabalho oferece uma base sólida para futuras investigações e práticas educacionais, contribuindo para a adaptação do setor educacional às demandas da era tecnológica.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Inteligência Competitiva, Educação Tecnológica, Personalização do Ensino, Análise Preditiva.

Abstract

This work addresses the intersection between Artificial Intelligence (AI) and Competitive Intelligence (CI) in the educational sector, an emerging area of study that is gaining prominence due to rapid technological evolution. The choice of this topic is due to its relevance in improving pedagogical methods and training professionals adapted to the digital era. The research was developed through a systematic review, using methodologies such as bibliometrics and the Prism Diagram for a critical analysis of existing literature. This approach made it possible to identify patterns, gaps and trends in studies on the applications of AI and CI in education, focusing on aspects such as personalization of teaching, predictive analysis and pedagogical optimization. The study's findings highlight the need for more research into the practical implementation and effectiveness of these technologies in the educational context. It became evident that the convergence of AI and CI has the potential to create more efficient and personalized learning environments, adapted to the individual needs of students and assisting in decision making. The study highlights the importance of further investigating the real impact of AI and CI on the quality of education and the need to train educators to use these technologies effectively and ethically. This work offers a solid basis for future research and educational practices, contributing to the adaptation of the educational sector to the demands of the technological era.

Keywords: Artificial Intelligence, Competitive Intelligence, Technological Education, Personalization of Education, Predictive Analysis.



1. INTRODUÇÃO

A intersecção entre a Inteligência Artificial (IA) e a Inteligência Competitiva (IC) tem demonstrado uma importância crescente e um impacto significativo em diversos setores, particularmente no campo da educação. O avanço contínuo da tecnologia tem fomentado a integração de recursos tecnológicos e sistemas inteligentes no contexto educacional. Essa integração visa aprimorar as práticas pedagógicas e, por extensão, a formação de futuros profissionais da educação.

A Inteligência Artificial, um ramo da ciência da computação, envolve o desenvolvimento de sistemas capazes de emular habilidades humanas, como aprendizado, raciocínio, reconhecimento de padrões e tomada de decisões. Essa área combina algoritmos complexos, análise de dados e aprendizado de máquina para oferecer soluções inovadoras a diversos desafios, incluindo a melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

Em paralelo, a Inteligência Competitiva compreende um conjunto de técnicas e ferramentas destinadas à coleta, análise e interpretação de informações estratégicas sobre ambientes competitivos. O objetivo é fornecer insights valiosos para decisões estratégicas e o desenvolvimento de vantagens competitivas.

Dentro deste contexto, a pesquisa sobre o uso da IA e da IC no setor educacional torna-se essencial para potencializar a formação de educadores e outros profissionais da área. Através da análise de dados educacionais, diagnósticos precisos e a personalização do ensino, busca-se criar um ambiente de aprendizado mais eficiente e ajustado às necessidades individuais dos alunos. Este estudo visa responder ao seguinte questionamento: como a inteligência artificial pode contribuir para tornar as empresas mais competitivas?

Este estudo visa responder à questão de como a inteligência artificial pode ajudar a tornar as empresas mais competitivas. Almeja-se promover um debate contínuo entre práticas pedagógicas inovadoras e as múltiplas tecnologias disponíveis. Como objetivos específicos, destaca-se a construção de uma educação mais inclusiva, dinâmica e focada na excelência acadêmica. A convergência entre IA e IC abre um vasto campo de possibilidades para aprimorar o processo educativo, preparando profissionais da educação para enfrentar os desafios de um mundo em constante mudança tecnológica.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia desempenha um papel fundamental na condução de qualquer pesquisa científica, e no contexto da presente investigação, voltada para a realização de uma revisão bibliométrica por meio da análise bibliométrica, sua importância é ainda mais evidente. A revisão bibliométrica é uma abordagem sistemática que visa analisar e quantificar as características das publicações científicas relacionadas a um tema específico, oferecendo insights valiosos sobre tendências, padrões e interconexões dentro do corpo de literatura existente (Vieira *et al.*, 2018).

Nesta seção, será detalhado a abordagem metodológica adotada, que engloba desde a definição dos critérios de seleção e busca das fontes de informação até a análise dos dados coletados por meio de indicadores bibliométricos consagrados (Chen, 2006; Glänzel; Moed, 2002).

A combinação cuidadosa de métodos quantitativos e qualitativos permitirá uma compreensão abrangente e aprofundada do cenário de pesquisa no campo em questão, contribuindo assim para uma apreciação sólida das evoluções e lacunas no conhecimento científico acumulado.

Esse método de pesquisa permite identificar, avaliar e sintetizar de forma objetiva e imparcial as evidências disponíveis sobre um determinado tema ou questão de pesquisa. Esse processo segue um conjunto de etapas bem definidas para garantir a transparência, a reprodutibilidade e a minimização de vieses.

O processo de realização inclui as seguintes etapas: (1) Formulação da pergunta de pesquisa; (2) Elaboração do protocolo (informações sobre os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, estratégias de busca, métodos de seleção dos estudos e análise dos dados); (3) Busca sistemática da literatura; (4) Seleção dos estudos; (5) Extração de dados; (6) Avaliação da qualidade dos estudos; (7) Análise dos dados; (8) Interpretação dos resultados; (9); Relato da revisão sistemática; (10) Discussão e conclusões.

A pergunta de pesquisa foi: “Qual é a relação entre Inteligência Artificial e Inteligência Competitiva no contexto de estudo e pesquisa sobre a utilização de meios e recursos tecnológicos para a formação de futuros profissionais da educação, promovendo práticas pedagógicas inovadoras em diálogo com as múltiplas tecnologias?”

Para a realização da busca bibliográfica, utilizaram-se as reconhecidas bases de dados do Scopus, Gale Academic Onefile, Scielo e Spell, empregando uma abordagem metódica que envolveu o uso estratégico de recursos booleanos para cruzar criteriosamente os descritores.

Os critérios de inclusão para os artigos foram baseados no período de publicação (2018 a 2022), tipo de documento (artigo), idioma (inglês e português), palavras-chave (inteligência artificial e inteligência competitiva), fase de publicação (final), tipo de origem (diário), tipo de publicação (sistemas complexos e inteligentes) e acesso (livre).

Os critérios de exclusão foram aplicados aos artigos que não abordaram a relação entre IA e IC no contexto educacional, aqueles em que o texto completo não esteja disponível nas bases de dados selecionadas, relatórios técnicos, livros, dissertações e teses e aqueles que não apresentem contribuições significativas para a área de pesquisa.

“Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA) é um conjunto de diretrizes que visa melhorar a transparência e a qualidade na apresentação de revisões sistemáticas e meta-análises na literatura científica (Liberati et al., 2009).

Desenvolvido para auxiliar pesquisadores na condução e divulgação desses estudos, o PRISMA fornece um roteiro detalhado para a elaboração de relatórios claros e abrangentes (Moher et al., 2009). Ao seguir as diretrizes do PRISMA, os autores podem garantir que suas revisões sistemáticas e meta-análises sejam conduzidas de forma metodologicamente rigorosa e apresentadas de maneira completa, facilitando a avaliação crítica por parte de colegas e leitores interessados (Page et al., 2021).

2.2 Resultados e Discussão

A teoria da Inteligência Artificial, derivada da ciência da computação, explora a criação de sistemas capazes de imitar habilidades cognitivas humanas, como aprendizado, raciocínio, resolução de problemas e tomada de decisões. Essa abordagem é suportada por técnicas de aprendizado de máquina, que permitem aos sistemas adaptar-se e melhorar



a performance a partir da experiência e da análise de dados. A IA é um campo dinâmico que oferece inúmeras aplicações e desafios na educação. Conforme definido por Russell e Norvig (2021), a Inteligência Artificial (IA) engloba a criação de agentes capazes de raciocinar, aprender e tomar decisões, visando a replicar a inteligência humana em máquinas.

Isso é realizado por meio de técnicas como aprendizado de máquina, redes neurais e processamento de linguagem natural. Assim, a inteligência artificial, antes apenas pensada e imaginada pelo mundo do cinema ou da ficção científica, está entre nós e agora é uma realidade. No campo educacional pode ter muitas possibilidades, mas também acarreta riscos e limites, que é preciso conhecer e estudar, para propor ações concretas que contribuam para o pleno desenvolvimento das pessoas e sua aprendizagem. (RUSSELL; NORVIG, 2021).

Embora a Inteligência Artificial na educação possa cumprir um número diversificado de funções, não são observadas diferenças claras na percepção dos inquiridos entre estas funções potenciais. As questões que parecem ter maior potencial de crescimento entre agora e um futuro próximo são as utilizações da IA para a aprendizagem fora da escola e para alunos com necessidades especiais. (RUSSELL; NORVIG, 2021).

Entende-se que isso é indicativo de um campo que – mesmo quando focados em grupos especializados no tema – ainda está em construção e em estágio de incerteza sobre seu potencial impacto no futuro próximo. (RUSSELL; NORVIG, 2021).

A teoria da Inteligência Competitiva compreende um conjunto de metodologias e práticas voltadas para a coleta, análise e interpretação de informações estratégicas sobre o ambiente competitivo de organizações ou setores. A IC visa orientar a tomada de decisões baseada em dados, identificar oportunidades e ameaças, e promover vantagens competitivas. A interação entre IA e IC abre caminhos para a geração de insights valiosos no contexto educacional. Conforme definido por Fleisher e Bensoussan (2015), a Inteligência Competitiva (IC) é um processo sistemático de coleta e análise de informações sobre concorrentes e o ambiente competitivo para subsidiar decisões estratégicas.

Apesar deste reconhecimento, faltam evidências conclusivas destes benefícios. Apesar de existir literatura sobre como medir o Inteligência Competitiva há uma falta de literatura baseada em investigação empírica e práticas generalizadas para medir e avaliar o desempenho do IC nas organizações. (FLEISHER; BENSOUSSAN, 2015).

Diferentes organizações internacionais concentraram-se recentemente na promoção da inteligência artificial (IA) para o desenvolvimento dos países latino-americanos e, em particular, para gerar melhores ferramentas de gestão pública (OLIVEIRA, 2018).

A pesquisa em IA concentrou-se principalmente nos seguintes componentes da inteligência: aprendizagem, raciocínio, resolução de problemas, percepção e uso da linguagem (SEGURA, 2018). Existem dois tipos de IA, a orientada por dados através de aprendizado de máquina e a baseada em uma representação explícita do conhecimento de domínio processado por uma máquina.

Esse modelo é descrito por Brusilovsky e Millán (2007) como uma forma de adaptação contínua do ambiente de aprendizado às características e ao progresso individual do aluno. Assim, pode-se constatar que o sucesso da Inteligência Artificial deve-se principalmente aos avanços na IA baseada em dados.

Esses desenvolvimentos são promissores. A IA pode ajudar a personalizar o aprendizado, facilitando a criação de trajetórias individuais com feedback imediato e adaptações constantes ao ritmo de cada aluno. Também pode ser uma forma de aprimorar o ensino, gerando informações automáticas para os professores, reduzindo o tempo de correção e

gerenciando dados refinados sobre a aprendizagem de grandes grupos de alunos (OLIVEIRA, 2018).

Bocardi; Rodrigues; e Silvente (2022) afirmam que conseqüentemente, para toda empresa, a exigência máxima é manter-se pontualmente informado sobre o que acontece ao seu redor. Além disso, grande parte desta informação está disponível em tempo real na Internet, mas a sua recolha e exploração são dificultadas pela dispersão e heterogeneidade das fontes.

A aplicação da Inteligência Computativa na educação facilita a coleta e análise de informações relevantes para aprimorar a tomada de decisões pedagógicas. Modelos de IC podem ser empregados para monitorar tendências educacionais, analisar dados de desempenho dos alunos e identificar práticas pedagógicas bem-sucedidas.

A IC oferece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias educacionais informadas por evidências. Segundo Spender (1996), a Inteligência Competitiva (IC) pode ser vista como um processo que envolve a coleta, análise e disseminação de informações relevantes sobre concorrentes, mercados e tendências. A IC visa melhorar a capacidade de uma organização de tomar decisões informadas e manter-se competitiva em seu ambiente. A Inteligência Competitiva (IC) surgiu como uma disciplina independente nas ciências da gestão, mas está intimamente relacionado com o Marketing.

A inteligência competitiva, portanto, é um processo. Não é espionagem porque não envolve práticas ilegais ou antiéticas de coleta de informações e foi classificada como uma área dentro da Gestão do Conhecimento. Hoffman; e Freyn (2019) sustentam que existem muitos nomes para se referir a este campo, que dependem do momento e da abordagem utilizada.

Desenvolvido para auxiliar pesquisadores na condução e divulgação desses estudos, o PRISMA fornece um roteiro detalhado para a elaboração de relatórios claros e abrangentes (Moher *et al.*, 2009). Ao seguir as diretrizes do PRISMA, os autores podem garantir que suas revisões sistemáticas e meta-análises sejam conduzidas de forma metodologicamente rigorosa e apresentadas de maneira completa, facilitando a avaliação crítica por parte de colegas e leitores interessados (Page *et al.*, 2021).

A análise dos artigos selecionados revela uma visão abrangente e relevante sobre a interseção entre IA e IC, e como essas tecnologias avançadas estão moldando o cenário empresarial. Hoffman e Freyn (2019) realizaram uma discussão sobre o papel da IA no futuro da IC. Eles apontam como a IA desempenha um papel crucial no fornecimento de insights estratégicos para a tomada de decisões em ambientes altamente competitivos, tornando-se um componente essencial para o sucesso das empresas. Em seguida, o estudo de Zhang *et al.* (2021) exploram a aplicação da IA em sistemas de recomendação.

Bocardi *et al.* (2022) apresentam um mapeamento dos níveis de maturidade organizacional em relação ao uso de IC nas maiores empresas brasileiras. Ao identificar os estágios de maturidade, o estudo fornece insights valiosos para que as empresas aperfeiçoem suas práticas e utilizem informações estratégicas de forma mais eficaz, visando obter uma vantagem competitiva mais sólida no mercado.

Olhando para a ampliação da adoção da IA nas empresas, Oliveira (2018) destaca os desafios e oportunidades envolvidos nesse processo. Além da implementação de tecnologias avançadas, a autora enfatiza a importância de uma cultura organizacional que incentive a inovação e o aprendizado contínuo, bem como a capacitação dos colaboradores para lidar com a IA, aspectos essenciais para o sucesso da transição tecnológica.

Segura (2018) examina estudos de caso sobre a aplicação da Inteligência Artificial em

diferentes setores de negócios. Ao destacar como a IA está transformando processos, otimizando operações e proporcionando insights estratégicos antes não percebidos, o autor ressalta o amplo potencial dessa tecnologia para agregar valor às empresas e torná-las mais competitivas em um mercado dinâmico e competitivo.

3. CONCLUSÃO

Em suma, fica evidente que os estudos sobre Inteligência Artificial e a Inteligência Competitiva são de extrema relevância para a compreensão do cenário empresarial contemporâneo. A convergência dessas tecnologias avançadas está transformando a forma como as empresas operam, proporcionando vantagens competitivas e impulsionando a eficiência e a inovação.

A Inteligência Artificial oferece a capacidade de coletar, analisar e sintetizar grandes volumes de dados, fornecendo insights estratégicos valiosos para a tomada de decisões informadas em um ambiente altamente competitivo. Além disso, a personalização de recomendações impulsionada pela IA melhora significativamente a experiência do cliente e fortalece o posicionamento das empresas no mercado.

Ao mapear os níveis de maturidade organizacional em uso de IC, os estudos contribuem para que as empresas aprimorem suas práticas e obtenham uma vantagem competitiva sólida. Contudo, a ampliação da adoção da IA demanda não apenas a implementação de tecnologias avançadas, mas também uma cultura organizacional propícia à inovação e ao aprendizado contínuo.

A capacitação dos colaboradores é outro fator essencial para o sucesso nessa transição tecnológica. No contexto empresarial, os estudos de caso destacam como a IA está transformando operações, otimizando processos e identificando oportunidades estratégicas, fortalecendo o potencial competitivo das organizações.

Portanto, o conhecimento dessas abordagens é fundamental para preparar futuros profissionais da educação para enfrentar os desafios de um mundo tecnológico e competitivo. A compreensão da importância estratégica da IA e da IC possibilita o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras que capacitam os estudantes a serem profissionais preparados para contribuir com o avanço tecnológico e competitivo das empresas e da sociedade como um todo. A adoção consciente e inteligente dessas tecnologias permitirá o crescimento sustentável das organizações em um cenário empresarial em constante evolução.

Referências

- BOCARDI, Clebia Ciupak; RODRIGUES, Leonel Cezar; SILVENTE, Giseli Alves. Mapeamento dos Níveis de Maturidade Organizacional em Uso de Inteligência Competitiva: Uma Pesquisa Nas 500 Maiores Empresas Sedeadas No Brasil. **Revista Inteligência Competitiva**, v. 12, n. 1, p. e0415-e0415, 2022.
- BRUSILOVSKY, P., & PEYLO, C. Adaptive and intelligent technologies for Web-based education. In **International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems** (pp. 36-47). 2003.
- BRUSILOVSKY, P., & MILLÁN, E. **User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems**. *The Adaptive Web*, 3-53. 2007.
- CHEN, C. **CiteSpace II**: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(3), 359-377. 2006.
- DONATO, Helena; DONATO, Mariana. Etapas na condução de uma revisão sistemática. **Acta Médica Portu-**

guesa , v. 32, n. 3, pág. 227-235, 2019.

FLEISHER, C. S., & BENSOUSSAN, B. E. **Business and competitive analysis: effective application of new and classic methods.** FT Press. 2015.

GLÄNZEL, W., & MOED, H. F. **Journal impact measures in bibliometric research.** *Scientometrics*, 53(2), 171-193. 2002.

HOFFMAN, Fred P.; FREYN, Shelly L. The future of competitive intelligence in an AI- enabled world. **International Journal of Value Chain Management**, v. 10, n. 4, p. 275-289, 2019.

LIBERATI A, ALTMAN DG, TETZLAFF J, MULROW C, GØTZSCHE PC, IOANNIDIS

JP, ET AL. **The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta- analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration.** *Ann Intern Med.* 2009;151:W65-94.

MOHER D, SHAMSEER L, CLARKE M, GHERSI D, LIBERATI A, PETTICREW M, ET AL. **Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement.** *Syst Rev.* 2015;4:1

OLIVEIRA, Viviane. Inteligência artificial: como ampliar sua adoção. **Revista Inteligência Competitiva**, v. 8, n. 3, p. 111-116, 2018.

RUSSELL, S. J., & NORVIG, P. **Inteligência Artificial: Uma Abordagem Moderna.** Pearson Brasil. 2021.

SPENDER, J. C. **Making knowledge the basis of a dynamic theory of the firm.** *Strategic Management Journal*, 17(S2), 45-62. 1996.

SEGURA, Mauro. Inteligência artificial aplicada a negócios. **Revista Inteligência Competitiva**, v. 8, n. 3, p. 101-110, 2018.

VIEIRA, E. S., GOMES, J. A., & AMARAL, D. C. **Bibliometric analysis of main topics on intellectual capital: A citation network analysis (1990–2017).** *Journal of Intellectual Capital*, 19(1), 77-100, 2018.

ZHANG, Qian; LU, Jie; YAOCHU, Jin. Inteligência artificial em sistemas de recomendação. **Springer**, v. 7, n.1, 2021.





22

AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE PROCESSOS ATRAVÉS DA
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
THE INTERNET OF THINGS FOR PREDICTIVE MAINTENANCE

Diogo Travassos Martins

Resumo

Este trabalho teve como objetivo geral abordar a importância da automação industrial no processo produtivo, demonstrando seus benefícios e vantagens em relação aos processos manuais. A metodologia utilizada foi a revisão de literatura com método de pesquisa bibliográfica qualitativa e descritiva, por meio de consultas a livros, artigos e sites confiáveis publicados nos últimos 10 anos. Os resultados e discussões apresentados destacaram a flexibilidade dos sistemas produtivos, que melhoraram a qualidade do produto, trazendo mais uniformidade e conformidade com as especificações, além de reduzir o tempo de produção e a intervenção humana, minimizando o número de funcionários e erros operacionais potenciais causados pela padronização e, em última análise, aumentando a satisfação do cliente. Em resumo, a automação industrial contribuiu para aumentar o processo produtivo e melhorar o desempenho das indústrias no mercado, gerando um diferencial competitivo.

Palavras-chave: Automação Industrial. Tecnologia. Automação. Indústria. Engenharia.

Abstract

This work aimed to address the importance of industrial automation in the production process, demonstrating its benefits and advantages over manual processes. The methodology used was a literature review with a qualitative and descriptive bibliographic research method, through consultations to books, articles, and reliable websites published in the last 10 years. The results and discussions presented highlighted the flexibility of production systems, which improved product quality, bringing more uniformity and compliance with specifications, in addition to reducing production time and human intervention, minimizing the number of employees and potential operational errors caused by standardization and, ultimately, increasing customer satisfaction. In summary, industrial automation contributed to increasing the production process and improving the performance of industries in the market, generating a competitive differential.

Keywords: Industrial Automation. Technology. Automation. Industry. Engineering.



1. INTRODUÇÃO

O ser humano sempre teve um desejo insaciável de avançar, o que o levou a uma busca incessante por conveniências que tornassem a vida mais fácil e segura. Como prova dessa busca incessante, deve-se notar que, se o avanço econômico fosse único justificativo para o desenvolvimento, logo seria-se como os nômades.

O desenvolvimento e o crescimento de novas tecnologias levaram à divisão de novas formas de automação em níveis de operação, sendo cada nível responsável por uma função específica dentro de um sistema de automação mais sofisticado. A partir daí, foi criada uma pirâmide hierárquica de automação.

A escolha desta temática busca estudar sobre a automação como forma de melhorar o sistema industrial. A automação industrial também levou ao aumento do uso das mãos femininas para o trabalho. Os robôs estão realizando operações perigosas que exigem esforço físico do homem, abrindo espaço para que as mulheres se integrem a esse ambiente com melhores condições de trabalho. Ela também promoveu a oportunidade oferecida a pessoas com deficiências físicas. O uso desta obra em um ambiente de escritório tradicional seria impossível.

O artigo possui a seguinte problemática: como a automação industrial contribuiu para aumentar o processo produtivo e melhorar o desempenho das indústrias no mercado?

A presente pesquisa buscou como objetivo geral abordar sobre a importância da automação no processo produtivo, demonstrando um diferencial competitivo, pois permite o aumento da produtividade e flexibilidade dos sistemas produtivos, que melhoram a qualidade do produto trazendo mais uniformidade e conformidade com as especificações, além de reduzir o tempo de produção e a intervenção humana, minimiza o número de funcionários e erros operacionais potenciais causados pela padronização e, em última análise, aumenta a satisfação do cliente, a pesquisa se debruçou por meio do uso do objetivo específico de definir as vantagens e desvantagens da automação industrial, junto com ganhos efetivos de tempo e qualidade de processo.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa trata-se de revisão de literatura com método de pesquisa bibliográfica qualitativa e descritiva, por meio de consultas a livros, artigos, sites confiáveis publicados nos últimos 10 anos. Os critérios de exclusão se basearam no descarte de artigos sem teor científico. Foram utilizadas as palavras-chave: Automação Industrial, Tecnologia, Automação, Indústria e Engenharia.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Revolução Industrial, que teve seu início na Inglaterra, buscou mecanizar a produção, antes centrada nas técnicas de manufatura. No entanto, é crucial distinguir entre mecanização e automação. Na mecanização, as máquinas são colocadas para auxiliar o ser humano e são operadas por sua ação de controle. Nesse caso, a “inteligência” do sistema está voltada para o ser humano. Quanto à automação, as máquinas têm a capacidade de governar suas operações, além de fornecer trabalho físico ao ser humano. A “inteligência”

é focada na máquina em particular. O papel de um ser humano é monitorar a operação de sistemas automatizados (Viana; Moura, 2016).

Nesse sentido, a mecanização é a substituição do trabalho humano ou animal por máquinas. Quando uma máquina ou sistema opera automaticamente ou sob controle remoto com o mínimo de interferência de um operador humano, diz-se que é automatizado. Automação é a gestão de processos automáticos. O termo “autônomo” refere-se a ter um mecanismo que opera automaticamente e toma a ação necessária em um momento específico ou em resposta a condições específicas. O dicionário define automação como o sistema pelo qual os mecanismos governam sua própria operação quase inteiramente sem intervenção humana (Almeida, 2014).

Ademais, a automação industrial pode reduzir custos a longo prazo, pois facilita e agiliza processos. Ao automatizar um processo, como a produção de peças, é possível diminuir o número de operações necessárias, o que elimina os custos associados a essas operações, como mão de obra e equipamentos. Por exemplo, se um processo manual de produção de peças requer 10 operações, o uso da automação pode reduzir esse número para 5 operações. Isso significa que a empresa economizaria 50% dos custos associados a esse processo. Além de reduzir custos, a automação industrial também pode melhorar a qualidade dos produtos e serviços, aumentar a produtividade e aumentar a segurança do trabalho (Casillo, 2018).

Nesse contexto, a automação está intimamente relacionada com a instrumentação. As muitas ferramentas são usadas para realizar a automação. A primeira frase a ser usada historicamente foi “controle automático de processo”. Instrumentos com as funções de medir, transmitir, comparar e intervir no processo foram utilizados para obter o produto desejado com mínima ou nenhuma assistência humana. O nome “automação” apareceu pela primeira vez neste novo nível de instrumentação, que inclui recursos de monitoramento, alarme e espionagem. As funções primárias neste nível são detecção, comparação, alerta e ação lógica (Santos, 2014).

De acordo com Barrientos (2004), a automação industrial é um importante fator para a melhoria da qualidade dos processos. Isso ocorre porque a automação permite que as operações sejam realizadas de forma automática e sem a possibilidade de erros causados por interferência humana. A automação elimina a possibilidade de erros humanos, como falhas de atenção ou fadiga, que podem levar a defeitos nos produtos ou serviços. Além disso, a automação pode ser usada para monitorar e controlar os processos, o que ajuda a garantir que eles estejam dentro dos padrões de qualidade. Por exemplo, um sistema automatizado de inspeção de produtos pode ajudar a identificar e eliminar defeitos antes que eles cheguem aos clientes. Isso pode melhorar a satisfação do cliente e reduzir o custo de recalls e consertos.

Em virtude disso, o sistema de controle aplicado para processos contínuos com preferência por medição, controle e PID (proporcional, integral e derivativo) é o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), projetado para plantas de grande porte, ou o controlador single loop, para aplicações diretas com poucas falhas. O sistema de controle Controlador Lógico Programável (CLP) é utilizado quando o controle automático se destina a realizar o monitoramento do processo, incluindo tarefas de alarme e interceptação. Essa automação é usada em processos discretos e em lote, onde o controle sequencial e muitas operações lógicas de amarrar e desatar estão presentes. Assim, “controle automático” e “automação” podem se referir à mesma coisa ou podem ter significados diferentes, dependendo se “automação” se refere a operações e “controle automático” se refere a processos contínuos (Quesada, 2017).



Desse modo, muitos sistemas automatizados são agora possíveis devido aos recentes e significativos avanços na eletrônica. Os sistemas de controle que antes eram impraticáveis devido ao custo agora estão desatualizados como resultado do rápido avanço da tecnologia. A chave para uma automação bem-sucedida é o uso de microprocessadores eletrônicos, que podem fornecer sistemas eletrônicos programáveis (Barbosa *et al.*, 2011).

De acordo com Casillo (2018), no século XX, a maioria dos acidentes de trabalho nas indústrias envolvia a mutilação de pernas e braços. No entanto, após a popularização da automação e a criação de normas de segurança, esses números diminuíram significativamente. A automação industrial tem sido um importante fator para a melhoria da segurança do trabalho nas indústrias. Isso ocorre porque a automação elimina ou reduz a exposição dos trabalhadores a riscos de acidentes, como cortes, ferimentos e até mesmo morte. Ao automatizar processos, a automação elimina a necessidade de trabalhadores realizarem tarefas perigosas, como manusear máquinas ou materiais pesados. Além disso, a automação pode ser usada para instalar equipamentos de segurança, como cortinas a laser, botões de segurança e estruturas de proteção.

Assim, como os programas de computador são armazenados em chips de memória, alterar uma linha de programa nesses chips leva apenas minutos. Mesmo se você tivesse que reescrever o software, o tempo e o custo seriam muito menores do que trocar a ferramenta. Isso permite flexibilidade na estrutura de produção. Uma pequena mudança na programação do automatismo tem o poder de alterar completamente a sua saída. Ele executa os comandos (Lamb, 2015).

Falando da evolução da industrialização, é preciso esquecer os potenciais efeitos sociais que ela pode ter na sociedade. E quando se fala em efeitos da automação, logo vem à mente o desemprego. A possibilidade de perder o emprego aterroriza a força de trabalho. Sem dúvida, controles automáticos são instalados no lugar de trabalhadores humanos frequentemente, um robô substitui dezenas ou mesmo centenas de trabalhadores ao longo de uma linha de produção (Martins, 2012).

Muitos dos próprios operadores da empresa deixam a linha de montagem tradicional para aprender eletrônica, programação de computadores e análise de projetos de novas máquinas. Eles então passam a controlar, manter, consertar, supervisionar ou programar as máquinas enquanto monitoram de perto o trabalho da linha de montagem em caminhos automatizados e intervêm sempre que necessário (Neumann, 2015).

Apesar da velocidade com que as tecnologias utilizadas para automação estão se desenvolvendo, a automação industrial é um processo avançado e trabalhoso. O custo da atualização tecnológica muitas vezes inviabiliza a busca, pois agrega aos processos industriais o que há de novo no mercado. Todo o custo de uma mudança tecnológica vai além da compra de equipamentos e inclui outros custos, às vezes muito mais elevados, como treinamento de funcionários, bem como perdas e danos causados pela interrupção da produção (Almeida, 2014).

A automação industrial pode gerar vantagens competitivas para as empresas, pois pode melhorar a produção, reduzir custos e proporcionar uma vantagem tecnológica sobre os concorrentes. A melhoria na produção ocorre porque a automação permite que as tarefas sejam realizadas de forma mais rápida, precisa e eficiente. Isso pode levar a um aumento na produtividade e na qualidade dos produtos. A vantagem tecnológica ocorre porque a automação pode permitir que as empresas utilizem tecnologia avançada que seus concorrentes não possuem. Isso pode dar às empresas uma vantagem competitiva na produção de produtos e serviços. (Casillo, 2018)

O entendimento do mercado brasileiro é fundamental para que seja possível analisar

a importância da automação na melhoria dos processos produtivos. Desde o início deste século, o Brasil está engajado em um vigoroso processo de reformas econômicas e institucionais que visam reiniciar o desenvolvimento de novas tecnologias e crescentes especializações que caracterizam o novo padrão de crescimento da economia global. O objetivo é buscar continuamente a eficiência e a competitividade da atividade econômica brasileira (Viana; Moura, 2016).

Por isso, as reformas destinadas a eliminar as distorções dos sistemas tributário e financeiro, liberalizar o comércio exterior, os fluxos e aplicações de capital estrangeiro, estabilizar preços, privatizar empresas e desregular mercados de bens e serviços são de importância crucial para a competitividade da indústria brasileira. Essas reformas visam criar um ambiente econômico mais favorável e eficiente, permitindo que as empresas brasileiras se tornem mais competitivas no cenário global. Elas buscam eliminar barreiras comerciais, facilitar o fluxo de capital estrangeiro, estabilizar preços e promover a privatização e a desregulamentação dos mercados. Essas medidas são fundamentais para melhorar a eficiência e a produtividade das empresas brasileiras, tornando-as mais competitivas em um mercado global integrado.

A expectativa e a esperança é de que esse reinício do processo de desenvolvimento possibilite ao Brasil integrar-se às nações mais produtivas do mundo e incluir sua indústria, atenuando seus graves problemas econômicos e sociais. Este é um objetivo ambicioso, mas alcançável, que requer uma abordagem estratégica e focada. A integração do Brasil às nações mais produtivas do mundo não só fortalecerá sua economia, mas também ajudará a resolver seus problemas econômicos e sociais. Para isso, será necessário o desenvolvimento e a utilização de tecnologias avançadas na área de automação industrial. Isso exigirá a formação de profissionais altamente qualificados que possam liderar e implementar essas tecnologias. A formação desses profissionais será fundamental para garantir que o Brasil possa aproveitar ao máximo as oportunidades oferecidas pela automação industrial (Almeida, 2014).

Existem dois Ramos na automação industrial, e eles são categorizados com base em como as variáveis controladas são manipuladas. Se a maioria das variáveis for discreta, o controle é do tipo discreto; se a maioria das variáveis for contínua, o controle é do tipo contínuo. O uso de dispositivos eletromecânicos do tipo relé marcou o início do controle discreto voltado para processos digitais. Esses dispositivos eram quase a única escolha até o início da década de 1960 (Lamb, 2015).

De acordo com Barrientos (2004), a automação remota pode ser usada para monitorar e controlar sistemas que devem ser monitorados constantemente, como sistemas de produção ou de controle ambiental. Além disso, a automação remota pode ser usada para controlar equipamentos de difícil acesso ou onde não pode haver a presença de pessoas por questões de higiene ou de segurança. Por exemplo, a automação remota pode ser usada para monitorar e

controlar um sistema de produção de alimentos, o que pode ajudar a garantir a qualidade dos alimentos e a segurança dos trabalhadores. Além disso, a automação remota pode ser usada para controlar um robô industrial que está trabalhando em uma área perigosa, o que pode ajudar a proteger o trabalhador de acidentes.

Os controladores lógicos programáveis (CLPs) surgiram inicialmente como uma solução específica da indústria para ambientes industriais, operando variáveis digitais e realizando controle discreto. Esse surgimento foi possível graças ao desenvolvimento de dispositivos baseados em microprocessadores. Por outro lado, o desenvolvimento de amplificadores operacionais impulsionou o desenvolvimento do controle analítico. A evolu-

ção desse tipo de controle ocorreu concomitantemente com o desenvolvimento da microeletrônica, resultando no surgimento de ferramentas mais poderosas e uma variedade de novas técnicas de ação de controle (Viana; Moura, 2016).

A automação industrial pode trazer uma série de benefícios para as empresas, como redução de custos, aumento da produtividade e melhoria da qualidade. No entanto, é importante considerar o custo da automação antes de tomar uma decisão. De acordo com Kardec (2005), a automação industrial não é uma operação de melhoria que geralmente tem custo baixo para a empresa. O custo da automação pode variar de acordo com o tipo de sistema, a complexidade do processo e a escala da empresa.

É importante que as empresas tenham um valor máximo de investimento pré-estabelecido para a automação. Isso ajudará a garantir que o orçamento não seja exagerado e que a empresa não tenha prejuízos. Além do custo inicial da automação, é importante considerar também os custos de manutenção e operação. Os sistemas automatizados geralmente requerem mais manutenção do que os sistemas manuais.

A automação industrial é uma ferramenta poderosa que pode ajudar as empresas a melhorarem seus processos. No entanto, é importante avaliar cuidadosamente os custos e benefícios da automação antes de tomar uma decisão (Kardec, 2005).

De acordo com Barrientos (2004), a atualização de equipamentos por meio da automação pode trazer benefícios ilimitados para as empresas. Isso ocorre porque a automação pode melhorar o desempenho global dos equipamentos, o que pode gerar possibilidades ilimitadas de melhoria no desempenho final do produto ou serviço. Por exemplo, a automação pode ajudar a melhorar a precisão, a velocidade e a eficiência dos equipamentos. Isso pode levar a um aumento na produtividade, na qualidade e na competitividade da empresa. Além disso, a automação pode ajudar a melhorar a segurança dos trabalhadores, pois elimina ou reduz a exposição a riscos. Portanto, o investimento em automação industrial é uma estratégia importante para as empresas que buscam melhorar seu desempenho e competitividade (Barrientos, 2004).

4. CONCLUSÃO

Em conclusão, este trabalho cumpriu seu objetivo geral de abordar a importância da automação industrial no processo produtivo, demonstrando seus benefícios e vantagens em relação aos processos manuais. Através da metodologia de revisão de literatura, foi possível apresentar uma visão geral sobre o tema, destacando a flexibilidade dos sistemas produtivos, a melhoria na qualidade do produto, a redução do tempo de produção e a minimização de erros operacionais potenciais.

Embora a automação industrial apresente vantagens, é importante ressaltar que existem limitações e desafios a serem enfrentados, como a necessidade de investimentos em tecnologia e treinamento de pessoal. Além disso, este trabalho conseguiu responder a seguinte problemática: como a automação industrial contribuiu para aumentar o processo produtivo e melhorar o desempenho das indústrias no mercado? Nesse sentido é importante considerar que a automação não é uma solução universal para todos os problemas da indústria, e que cada caso deve ser avaliado individualmente.

Recomenda-se que futuros estudos sejam realizados para aprofundar a compreensão sobre a automação industrial, explorando suas aplicações em diferentes setores e contextos. Também é importante considerar a relação entre a automação e o mercado de trabalho, avaliando os impactos da automação na empregabilidade e na qualidade de vida dos

trabalhadores.

Em resumo, a automação industrial é uma ferramenta valiosa para aumentar a eficiência dos processos produtivos, mas é importante considerar suas limitações e desafios. Este trabalho contribui para a compreensão sobre o tema, fornecendo uma visão geral sobre a importância da automação industrial no mercado.

Referências

- ALMEIDA, H. **Análise de regressão linear múltipla com estudo relacionado a horas de máquinas paradas na linha de produção de uma indústria de calçados**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014. 31 f. BARBOSA, N. L.; CASTRO, S. I. M.;
- BARBOSA, N. L.; CASTRO, S. I. M.; ELIAS, S. J. B.; TUBINO, D. F. **Análise dos processos de manutenção preventiva de elevadores: uma abordagem Lean**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Belo Horizonte, 2011.
- BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais**. 2004. 189 f. Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- CASILLO, D. **Automação e controle - IHM**. 2018. Disponível em: <<https://ufersa.edu.br/wp-signup.php?new=www2>>. Acesso em: 10 set. 2023.
- CASILLO, Daniela. **Automação e controle: linguagem ladder**. 2010. Artigo sobre Linguagem em Ladder. 2010.
- KARDEC, Alan & NARSCIF, Júlio. **Manutenção função estratégica: equipamentos industriais**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2013.
- LAMB, Frank. **Automação Industrial na prática: Controle e Processos Industriais**. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda., 2015.
- MARTINS, Geomar. **Princípios de Automação Industrial**. 2012. Apostila de Automação. UFSM, 2012.
- NEUMANN, Clóvis; SCALICE, Régis Kovacs. **Projeto de fábrica e layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- QUESADA, Ricardo Carvalho. **Controle e automação de processos industriais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.a., 2017.
- SANTOS, Guilherme, **A pirâmide da Automação Industrial**. 2014. Disponível em: <<http://www.automacaoindustrial.info/a-piramide-da-automacao-industrial/>> Acesso em: 10 mai. 2023.
- VIANA, Alison Campos; MOURA, Guilherme de Oliveira. **Automação Predial Residencial: Melhorias em Sub-sistemas de Automação Predial**. 2016. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial) – Faculdade de Tecnologia de Itaquera Professor Miguel Reale, São Paulo, 2016.





23

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: O USO NO MERCADO
BRASILEIRO E SEUS IMPACTOS NA SOCIEDADE E NO MEIO
AMBIENTE

PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY: USAGE IN THE BRAZILIAN
MARKET AND ITS IMPACTS ON SOCIETY AND THE
ENVIRONMENT

Rosimeiry Jansen Silva Torres
Marcus Righetti

Resumo

A composição da matriz energética brasileira abrange fontes tanto renováveis quanto não renováveis, sendo responsável por mais de 80% da geração de energia elétrica. No contexto da instalação de sistemas fotovoltaicos, existem duas abordagens principais. A modalidade mais prevalente consiste na conexão da placa fotovoltaica a um conjunto de baterias, alimentando assim um sistema independente da rede de distribuição elétrica. A abordagem metodológica empregada neste trabalho foi exclusivamente qualitativa, fundamentada em uma revisão bibliográfica. Os resultados e discussões destacam os problemas socioambientais das hidrelétricas e a busca crescente por energias renováveis devido a questões ambientais e tarifárias. Embora as hidrelétricas representem a maior parcela na matriz elétrica brasileira, fontes como solar e eólica ainda têm participação modesta. A energia solar fotovoltaica, por exemplo, apresenta crescimento notável, contribuindo para a redução dos impactos ambientais. O estudo também aborda o potencial do Estado do Maranhão para geração de energia renovável, especialmente solar, destacando seu mapa de irradiação solar. A análise revela que, embora a participação da energia solar na matriz energética seja modesta (1,7%), houve um aumento significativo comparado a anos anteriores. Além disso, são discutidos aspectos como a definição das classes de consumo, a regulamentação governamental para geração distribuída, e a posição do Brasil como líder em matriz energética renovável no mundo industrializado. A evolução da capacidade instalada mostra uma tendência para uma matriz mais limpa, com as energias eólica e solar desempenhando um papel crescente. O trabalho conclui ressaltando a importância da diversificação da matriz energética brasileira, destacando o papel crucial das energias renováveis na mitigação dos impactos socioambientais e na construção de uma matriz mais sustentável e eficiente.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica, Energia Sustentável, Geração distribuída

Abstract

The composition of the Brazilian energy matrix encompasses both renewable and non-renewable sources, accounting for over 80% of electricity generation. In the context of photovoltaic system installation, there are two main approaches. The most prevalent involves connecting the photovoltaic panel to a set of batteries, thus powering an independent system from the electrical distribution network. The methodological approach employed in this study was exclusively qualitative, based on a literature review. Results and discussions highlight the socio-environmental issues of hydroelectric power plants and the growing pursuit of renewable energies due to environmental and tariff concerns. Despite hydroelectric power representing the largest share in the Brazilian electricity matrix, sources like solar and wind still have a modest participation. Photovoltaic solar energy, for instance, exhibits remarkable growth, contributing to the reduction of environmental impacts. The study also addresses the renewable energy potential of the State of Maranhão, particularly solar energy, emphasizing its solar irradiation map. The analysis reveals that, although solar energy's share in the energy matrix is modest (1.7%), there has been a significant increase compared to previous years. Additionally, aspects such as the definition of consumption classes, government regulation for distributed generation, and Brazil's position as a leader in renewable energy matrices in the industrialized world are discussed. The evolution of installed capacity shows a trend toward a cleaner matrix, with wind and solar energies playing an increasing role. The study concludes by emphasizing the importance of diversifying the Brazilian energy matrix, highlighting the crucial role of renewable energies in mitigating socio-environmental impacts and building a more sustainable and efficient matrix.

Keywords: Photovoltaic Energy, Sustainable Energy, Distributed Generation



1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a geração de eletricidade no país baseou-se na dependência predominante de duas matrizes: a hidrelétrica e termelétrica. Por muito tempo, as duas abordagens energéticas resistiram incólumes às inovações e ao crescimento de outras práticas de produção que ocorriam em outras partes do mundo, somente se atentando para exploração de recursos da exposição solar e incidência de ventos que colocam o Brasil numa condição favorável. No entanto, apesar desses incentivos, ainda é incipiente a produção de energia eólica no Brasil e sua participação na composição da matriz energética é muito modesta em relação ao potencial que essa modalidade pode desempenhar.

A energia elétrica comumente utilizada no Brasil é a proveniente de hidrelétricas, porém esse tipo de geração de energia elétrica gera problemas socioambientais. O alagamento gerado pelo armazenamento de água para geração de energia elétrica ocupa uma vasta área, o que provoca profundas mudanças no ecossistema.

Dentre as fontes energéticas em expansão mercadológica no Brasil, destaca-se a energia solar fotovoltaica. Seu crescimento para o público final, isto é, geração para consumo próprio das residências e pontos comerciais, cresce continuamente no país. Quando observado a grandes níveis de produção, das unidades fiscalizadas e regulamentadas pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, o Brasil já se mostra como usuário em expansão e com condições para tal.

A energia solar fotovoltaica é a conversão direta da energia solar em eletricidade mediante células fotovoltaicas é uma tecnologia de geração de energia elétrica altamente modular e com quase total ausência de emissões de poluentes e ruídos durante seu funcionamento tem baixa ou nenhuma manutenção.

Dessa forma a energia fotovoltaica possui vantagens, é uma fonte de energia limpa, ou seja, que não gera poluição, o sistema fotovoltaico pode operar durante muitos anos necessitando raramente de manutenção, o que reflete positivamente na economia, tendo em vista que o investimento é feito inicialmente, porém o sistema tem longo prazo.

O problema central que norteia esta pesquisa é a necessidade de repensar a matriz energética, considerando os impactos adversos causados pelo armazenamento de água para geração elétrica, que resulta em alterações profundas nos ecossistemas, como desmatamento, assoreamento de rios e extinção de espécies aquáticas. Como problema de pesquisa, fica o questionamento de como superar os problemas socioambientais gerados pela geração de energia elétrica a partir de hidrelétricas no Brasil e promover uma transição para fontes mais limpas e sustentáveis?

O objetivo geral desta pesquisa é explorar as oportunidades e desafios vinculados à diversificação da matriz energética brasileira, com ênfase na integração de fontes renováveis, notadamente energia solar e eólica. O propósito central é mitigar os impactos ambientais e sociais decorrentes da geração convencional de energia.

Para atingir esse objetivo, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

1. Realizar uma análise crítica dos problemas socioambientais associados à geração de energia por hidrelétricas, destacando os impactos no ecossistema, como desmatamento, assoreamento e perda de biodiversidade.
2. Avaliar a importância da diversificação da matriz energética como uma estratégia fundamental para reduzir a dependência de fontes tradicionais, com foco especial

nas hidrelétricas, e promover a sustentabilidade no contexto energético.

3. Investigar o potencial e os desafios inerentes às fontes renováveis, como energia solar e eólica, na sua contribuição para a matriz energética brasileira, considerando aspectos tecnológicos, econômicos e ambientais.
4. Analisar a evolução da participação das fontes renováveis na matriz energética do Brasil, utilizando dados recentes sobre a geração de energia solar fotovoltaica e eólica, a fim de compreender as tendências e os impactos dessas fontes na matriz energética nacional.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O trabalho trata-se de uma Revisão Bibliográfica qualitativa descritiva, onde serão utilizados artigos científicos e dissertações publicadas nas áreas de Engenharia de Automação e Controle e áreas complementares, o período utilizado para pesquisa do presente estudo se faz referente aos últimos 30 anos. Serão utilizados os bancos de dados Google Acadêmico, Repositório Digital, Biblioteca Digital e Scielo para composição de base teórica para o presente trabalho. As palavras chaves que serão utilizadas na busca serão “Energia”, “Eficiência”, “Fotovoltaicas” e “Sistemas”.

2.2 Resultados e Discussão

A energia elétrica comumente utilizada no Brasil é a proveniente de hidrelétricas, porém esse tipo de geração de energia elétrica gera problemas socioambientais. O alagamento gerado pelo armazenamento de água para geração de energia elétrica ocupa uma vasta área, o que provoca profundas mudanças no ecossistema. Esse processo pode gerar destruição da vegetação natural, o assoreamento do leito dos rios, o desmoronamento de barreiras, a extinção de certas espécies de peixes (BIAGIO, 2016).

A utilização de energia elétrica é um fator primordial para a vida e para o crescimento econômico de um país. Nos últimos anos, o Brasil tem enfrentado problemas ambientais que, juntamente com os constantes reajustes tarifários de energia elétrica, vêm tornando crescente a busca por energias oriundas de recursos renováveis e limpas (LOPPNOW, 2018).

O país possui uma matriz elétrica diversificada e com predominância de fontes renováveis. Cerca de 64% da geração de energia brasileira advém das hidroelétricas. Por outro lado, outras fontes desse tipo que apresentam um elevado potencial, a exemplo das energias solar e eólica, ainda se configuram como de baixa participação na matriz elétrica nacional (BRAGA, 2018).

A energia disponível a partir desta junção varia conforme as estações e as horas do dia. A avaliação do potencial de vento de uma região é fundamental e primeiro passo de análise para a utilização do recurso eólico. Apesar do Brasil ter a maioria da sua geração de energia baseada em energia renovável, as mudanças incorporadas pelo novo modelo, não havia tornado a indústria nacional mais competitiva (KARDEC, 2017). Grande parte do investimento brasileiro vinha sendo focado na geração de energia hidrelétrica, sendo esse tipo de geração responsável por aproximadamente 70% da energia fornecida.

A instalação de painéis solares fotovoltaicos traz benefícios, tanto financeiros quanto ambientais, diminuindo o consumo de energia elétrica oriunda das hidrelétricas, caracterizadas por possuírem elevado custo financeiro. Nesse contexto, a geração de energia



elétrica a partir da radiação solar tem seus benefícios, como a não emissão de dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono, que promovem efeitos nocivos à saúde humana, além de não contribuir com o aquecimento global (LORA, 2016).

A matriz energética consiste, numa definição simplificada, de uma descrição de toda a produção e consumo de energia de um país, discriminada por fonte de produção e setores de consumo. A matriz pode ser tão detalhada quanto se deseje. A adoção de energias alternativas na matriz energética tem buscado desde a década de 1970, quando as crises do petróleo levaram países a procurar a segurança no fornecimento de energia e a redução da dependência da importação de combustíveis (RAMPINELLI, 2016).

Recentemente, as preocupações ambientais tornaram-se o maior motor para a busca de alternativas limpas de produção de energia. Entre essas alternativas, a energia eólica é uma que despertou atenção durante as últimas décadas. A preocupação com mudanças climáticas e os esforços para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa, a partir da assinatura do Protocolo de Quioto, em 1997, levaram à busca por alternativas que pudessem suprir as necessidades econômicas e, ao mesmo tempo, gerar menos impactos ambientais (COSTA, 2021).

A matriz energética brasileira, é composta por fontes não renováveis e renováveis, esta é responsável por mais de 80 % da geração da energia elétrica. A Figura 1 retrata as informações pertencentes à matriz elétrica brasileira, atualizada pela ANEEL em outubro de 2020, que demonstra uma visão perceptível sobre atuação das fontes renováveis na geração de energia. Conforme mostrado na Figura 1, a matriz energética é diversificada, ainda predomina a fonte a partir de hidroelétricas com 60,1%, seguidas da eólica, biomassa e gás natural.

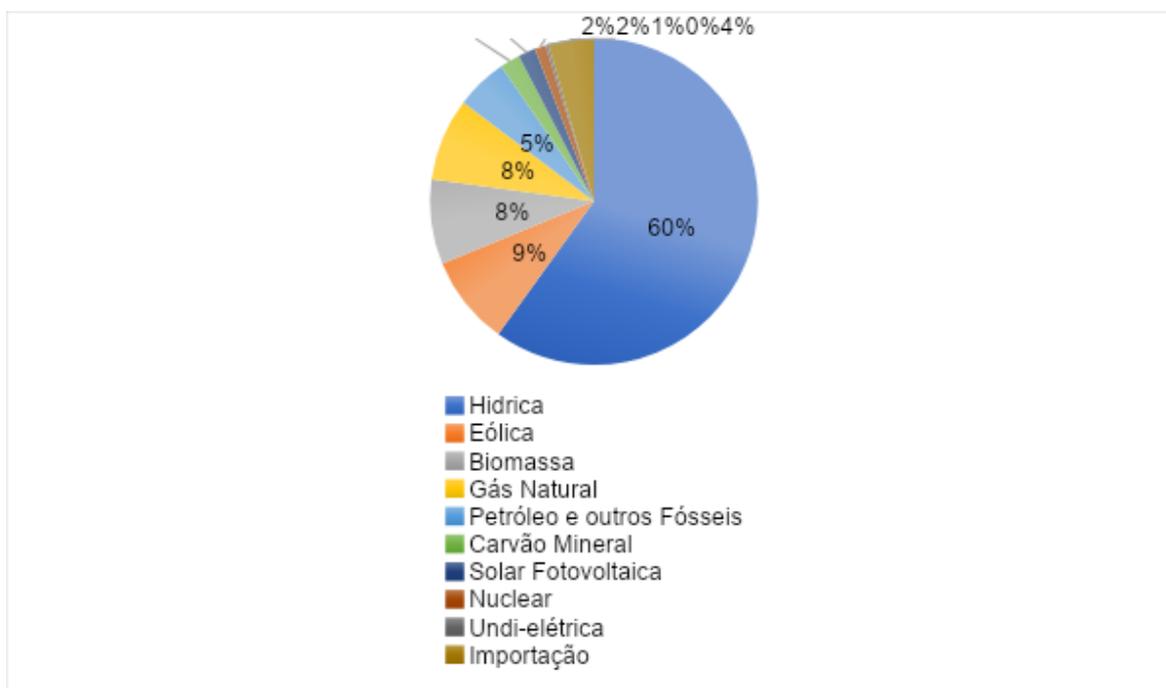


Figura 1. Matriz elétrica brasileira

Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2020)

Com o consumo progressivo de energia elétrica, os impactos ambientais e sociais promovidos pelas fontes de geração de energia elétrica convencionais, fontes alternativas de geração de energia estão sendo utilizadas por provocarem impactos ambientais significativamente menores (DUFFIE, 2020). A participação da energia fotovoltaica na matriz energética brasileira é bem tímida, apenas 1,7%, mas se comparada com anos anteriores

como 2017, que essa participação era de 0,1%, é notório o crescimento de geração de energia elétrica nessa modalidade.

A geração solar fotovoltaica apresentou 11% de crescimento na geração na primeira quinzena de outubro, de acordo com informações da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2020). A fonte registrou geração média de 770 MW, frente a 694 MW no igual período de 2019. A geração total do sistema apresentou incremento de 4,9%.

O Estado do Maranhão tem um alto potencial para produção de energia elétrica por meio de fontes renováveis. No setor hidroelétrico o Maranhão apresenta grande potencial devido seus rios possuir grandes extensões em seu território, a localização do Estado próxima ao Equador torna uma região beneficiada de radiação solar e ventos favoráveis na região sul e no litoral piauiense (MAGALHÃES et al., 2016).

O mapa de irradiação solar no Brasil ilustrado na Figura 1 demonstra uma área em destaque com irradiação solar anual acima de 1800 Wh/m², essa área que vai desde o Nordeste do Brasil, seguindo pela região do Centro-Oeste e interior da região Sudeste, favorecendo de forma significativa a utilização da energia solar para geração de energia elétrica (PEREIRA et al., 2017).

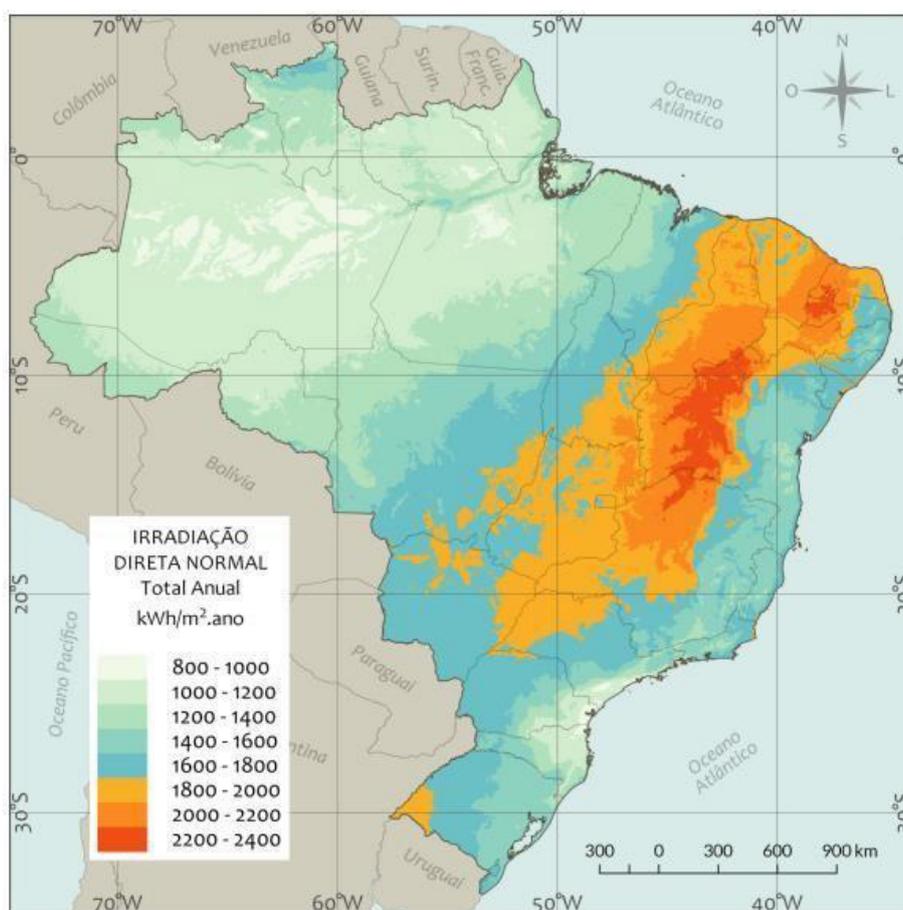


Figura 2. Mapa do total anual de irradiação solar.

Fonte: Pereira (2017)

Os resultados sobre o potencial de irradiação solar no Estado do Maranhão, foi utilizado o site CRESEB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólicas Sergio de S. Brito). De acordo com CRESEB (2018), o sistema utiliza o software SunData, que busca os cálculos da irradiação solar em qualquer ponto do território nacional buscando oferecer uma ferramenta de auxílio para o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, como mostrado na figura 3.

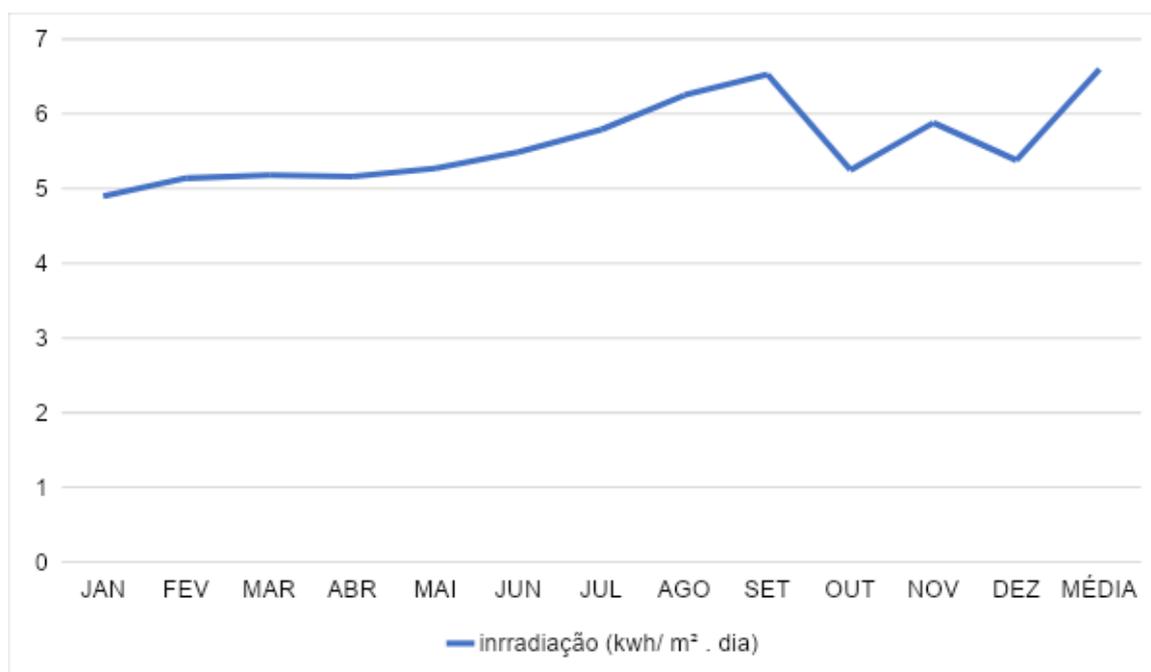


Figura 3. Irradiação Solar anual do Maranhão.

Fonte: CRESESB (2020)

De acordo com a Figura 3 é possível observar que no estado do Maranhão, há irradiação solar durante todo ano, onde os maiores índices ocorrem nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro, se destacando o mês de setembro com uma média de 6,53 kWh / m². dia.

Alguns aspectos têm favorecido para o fortalecimento da geração fotovoltaica conectada à rede de distribuição de energia elétrica no Brasil. Pode-se enfatizar a redução dos preços dos sistemas fotovoltaicos no mercado internacional e a participação do governo na criação do marco regulatório para a geração distribuída, como por exemplo a resolução normativa 482/2012, 517/2012 e 687/2015, que tem como objetivo estabelecer as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (FREIRE, 2018).

A figura 4 ilustra a potência instalada por Estados até dezembro de 2018, ano este que o Maranhão ocupava a 17^a posição em potência instalada, 8,2MW. Analisando as figuras 4 e 5, constata-se que a maior concentração dos sistemas conectados à rede está no Estado de Minas Gerais, seguido por Rio Grande do sul e São Paulo.

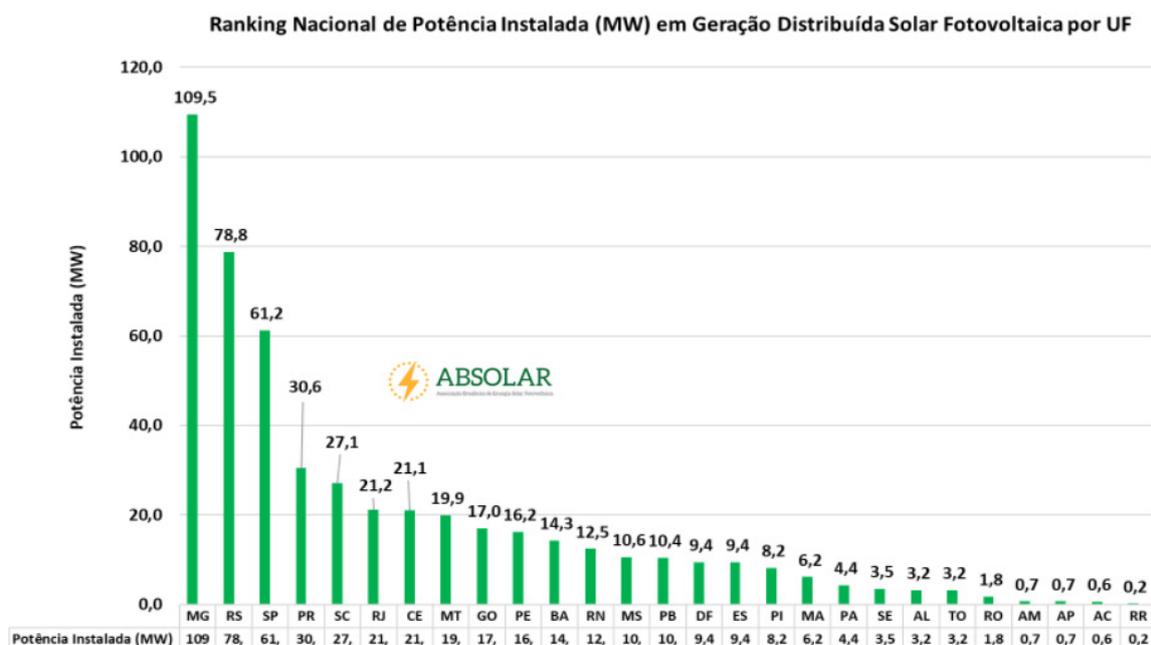


Figura 4. Potência (MWp) por Estados até dezembro / 2018

Fonte: (ABSOLAR, 2018)

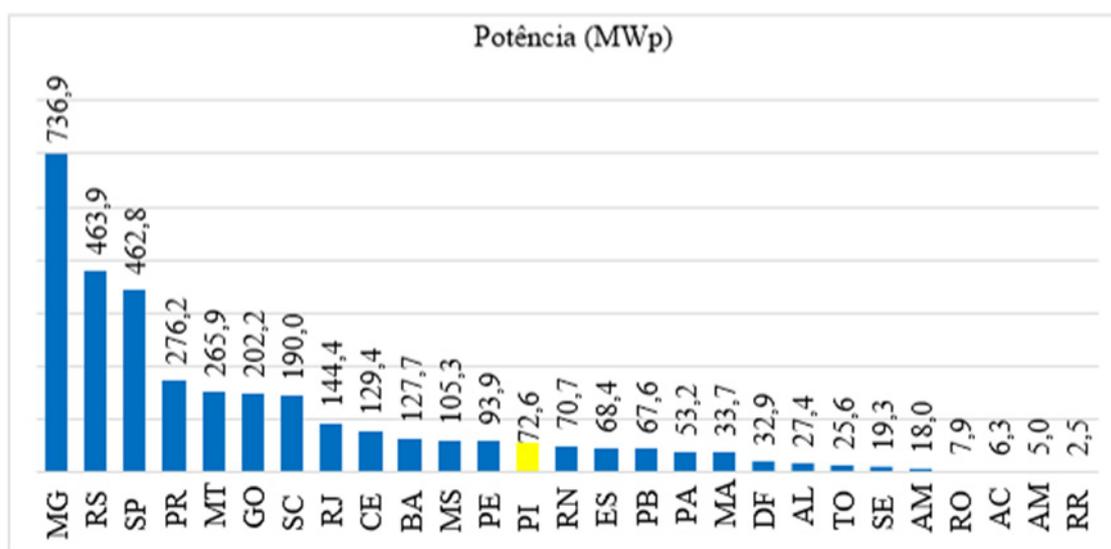


Figura 5. Potência (MWp) por Estados até setembro / 2020.

Fonte: ADAPTADO DA ANEEL (2020)

A figura 5 mostra que o estado do Maranhão aumentou sua posição em relação aos outros Estados saindo da 17º em 2018 para 12º, em 2020, se tratando de potência instalada, o que representa 1,9% da potência instalada nacionalmente, o que mostra um crescimento significativo comparado a 2018 que eram apenas 1,6%.

É a resolução normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, no artigo 2º são adotadas as definições das classes de consumo. No inciso XXXVII caracteriza o grupos A, são definido como grupo A os consumidores com fornecimento na tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou sistemas subterrâneo de distribuição com tensão secundária e são subdivididos em subgrupos: subgrupo A1 tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV, subgrupo A2 tensão de

fornecimento de 88 kV a 138 kV, subgrupo A3 tensão de fornecimento de 69 kV, subgrupo A3a tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV, subgrupo A4 tensão em fornecimento de 2,3 kV a 25 kV e o subgrupo AS tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV para sistemas subterrânea (SANTOS, 2020).

Como também no inciso XXXVII caracteriza o grupo B, que define como grupo B os consumidores com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV e subdivide nos seguintes subgrupos: subgrupo B1 residencial, subgrupo B2 rural, subgrupo B3 demais classes e subgrupo B4 iluminação pública (ANEEL, 2010)

O Brasil possui, de acordo com a ABEEólica (2015), a matriz energética mais renovável do mundo industrializado com valor de 45,3% de produção decorrente de fontes como recursos hídricos, biomassa e etanol, além das energias eólica e solar. As usinas hidrelétricas, por exemplo, fontes de produção energética tradicionais, são responsáveis pela geração de mais de 75% da eletricidade do País. Vale lembrar que a matriz energética mundial é composta por 13% de fontes renováveis no caso de Países industrializados, caindo para 6% entre as nações em desenvolvimento.

A imagem da matriz energética brasileira, segundo levantamento do CCEE/CERNE/SEERN (2017), e consta na Figura 3:

A produção eólica, por meio dos leilões, vem aumentando sua participação na matriz elétrica nacional de forma consistente, tendo alcançado, em 2016, 1,66% da capacidade instalada de geração elétrica brasileira. A capacidade total instalada de geração de energia elétrica no Brasil alcançou 140.858 MW, em 2017, aumento de 6.945 MW em relação a 2019.

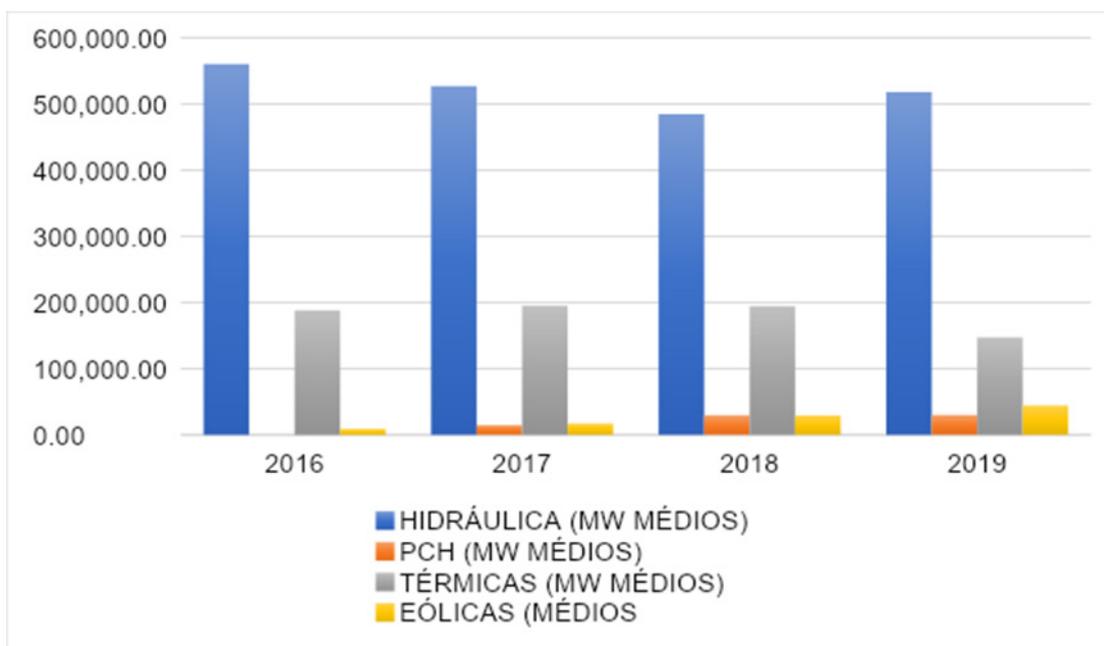


Figura 6. Evolução da geração de energia no Brasil (2016-2019).

Fonte: CCEE/CERNE/SEERN (2019)

Na expansão da capacidade instalada, as centrais hidrelétricas contribuíram com 35,4%, enquanto as centrais térmicas com 25%. As usinas eólicas e solares foram responsáveis pelos 39,6% restantes de aumento do parque nacional, mostrando que o Brasil está a cada dia com uma matriz elétrica mais limpa (BEM, 2016).

3. CONCLUSÃO

O desfecho desta pesquisa proporciona uma análise aprofundada dos objetivos propostos e das questões de pesquisa exploradas, centradas na diversificação da matriz energética brasileira com ênfase nas fontes renováveis, como energia solar e eólica.

Ao abordar os objetivos específicos, ficou evidente que a análise crítica dos problemas socioambientais vinculados às hidrelétricas foi realizada de forma satisfatória. O estudo destacou os impactos negativos, como desmatamento, assoreamento e perda de biodiversidade, associados a esse método de geração de energia.

A importância da diversificação da matriz energética, focalizando na redução da dependência de fontes tradicionais, foi discutida abrangentemente. O trabalho ressaltou a necessidade de promover a sustentabilidade no contexto energético, considerando os impactos socioambientais e propondo a integração de fontes renováveis.

A investigação do potencial e dos desafios inerentes às fontes renováveis, como energia solar e eólica, proporcionou uma compreensão abrangente dessas tecnologias. O estudo abordou aspectos tecnológicos, econômicos e ambientais, destacando o papel significativo que essas fontes podem desempenhar na matriz energética brasileira.

A análise da evolução da participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira, com ênfase em dados recentes sobre energia solar fotovoltaica e eólica, permitiu compreender as tendências e impactos dessas fontes. A conclusão ressaltou a transição para uma matriz mais limpa, com crescente participação de energias eólica e solar.

No que diz respeito ao problema central da pesquisa, relacionado à necessidade de repensar a matriz energética devido aos impactos adversos das hidrelétricas, a abordagem foi eficaz. A análise dos problemas socioambientais e a busca por alternativas mais sustentáveis foram discutidas de maneira aprofundada, proporcionando uma visão abrangente das questões em foco.

Quanto a propostas de trabalhos futuros, sugerem-se estudos de viabilidade técnica e econômica mais aprofundados para a implementação de sistemas de geração de energia solar e eólica em diferentes regiões do Brasil, avaliações do impacto de políticas públicas específicas e investigações dedicadas à expansão da energia eólica, com foco em identificar barreiras e propor soluções. Além disso, enfatiza-se a importância de estudos de monitoramento ambiental para avaliar os impactos reais de diferentes formas de geração de energia, fornecendo dados adicionais para embasar decisões futuras.

Em síntese, este trabalho contribuiu significativamente para a compreensão dos desafios e oportunidades associados à transição para uma matriz energética mais sustentável no Brasil, promovendo discussões relevantes sobre o papel das energias renováveis nesse contexto.

Referências

- BRAGA, Junior. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. Porto Alegre - Brasil: Energy Procedia. 2018.
- CERNE. Evolução da geração de energia no Brasil. 2019 Disponível em: <http://cerne.org.br/energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em 02 de junho de 2020.
- COSTA, A. L. C.; Hirashima, S. Q. S.; Ferreira, R. V. Operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos conectados à rede: inspeção termográfica e limpeza de módulos FV. Ambiente Construído 21: 201-220. 2021.
- DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. 4 ed. John Wiley & Sons, New Jersey, NJ, USA. 2020.



- FREIRE, L. A. D. Desenvolvimento de um piranômetro fotovoltaico. Recife PE - Brasil: Universidade Federal de Pernambuco. 2018.
- LORA, E. E. S.; HADDAD, J. Geração Distribuída– Aspectos Tecnológicos, Ambientais e Institucionais, Editora Interciência, 2016.
- MAGALHÃES, Andreia Leal da Costa et al. Evolução Histórica Do Potencial De Energia Renovável Do Piauí. Contecc, Foz do Iguaçu, p.1-5, 29 ago. 2016.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica – 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2018.
- KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. Manutenção: função estratégica. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2017. 384 p.
- PEREIRA, E.B. et al. Atlas de Energia Solar. Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2017.
- RAMPINELLI, C.; WANG, Z. L. Compact hybrid cell based on a convoluted nanowire structure for harvesting solar and mechanical energy. *Advanced Materials*, Weinheim, v. 23, n. 7, p. 873–877, 2016.
- SANTOS, J. O. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica: um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará. UFC, Sobral, CE, Brasil. 2020.
- YAO, Y. et al. A multipurpose dual-axis solar tracker with two tracking strategies. *Renewable Energy*, Kidlington v. 72, p. 88–98, 2014.



24

INTERNET DAS COISAS: APLICAÇÃO NA AUTOMAÇÃO
RESIDENCIAL

INTERNET OF THINGS: APPLICATION IN HOME AUTOMATION

Modesto Alves da Paciência Filho

Resumo

O intuito desse trabalho é mostrar tecnologia que vem crescendo se modificando a cada dia, desta modernização tecnológica surge a “internet das coisas” IoT. Quando usada na automação residencial assim trazendo consigo conforto, comodidade, acessibilidade e economia etc. com proteção de objetos inteligentes com a capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação tem aumentado nos últimos anos. A internet das coisas possibilita uma grande quantidade de aplicação as quais, uma vez chamando atenção que é automação residencial. Esse estudo foi feito utilizando, livros, artigos científicos e revisão literária, com resultado principal desses conceitos o que é internet das coisas, e trazer os benefícios que ela traz a automação residencial e também propor modelos de arquitetura residencial automatizada.

Palavras-chave: Internet das coisas, Automação residencial, Economia.

Abstract

The purpose of this work is to show technology that has been growing and changing every day. From this technological modernization, the “Internet of Things” IoT emerges. When used in home automation, it brings with it comfort, convenience, accessibility and savings, etc., with the protection of smart objects with the capacity for sensing, processing and communication, it has increased in recent years. The Internet of Things enables a large number of applications, which, once called attention to, are home automation. This study was done using books, scientific articles and literary reviews, with the main result of these concepts being what the Internet of Things is, and bringing the benefits it brings to home automation, as well as proposing models of automated home architecture.

Keywords: Internet of Things, Home Automation, Economy.

1. INTRODUÇÃO

A internet é um dos grandes desenvolvimentos tecnológicos criados por meio da humanidade, onde se tornou parte complementar do dia a dia de corporações, âmbito público e indivíduos, ao ponto que a tecnologia passou a ser fundamental. Vale ressaltar que, uma grande transformação tecnológica está ocorrendo mundialmente e está focada em volta da Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), em especial por motivo dos desenvolvimentos de hardware mais compreensíveis que tornou os valores de produção mais acessíveis, ademais a minimização de peso, dimensão e consumo de energia; e de forma consequente desenvolveu de hardware mais inteligíveis como sensores comuns.

Em 2023 muita pessoa está passando por um processo de transformação constante no que se refere aos avanços tecnológicos, entre os principais acréscimos dessa tecnologia estão o conforto, otimização do tempo, segurança. Quando apresentado esse segmento dentro da automação residencial para a residência. Vale ressaltar que, a automação residencial permite ao usuário o controle de equipamento eletrônico de uma residência, na forma de interagir com a internet. A automação residencial no Brasil, algumas empresas venceram obstáculos e lançaram no mercado sistemas integrados que fazem a automação de uma residência. Esses equipamentos são fáceis de instalar e operar e até disponibilizam recurso para controle via internet. Essa nova fase passa interligar diversos tipos de dispositivos e sistemas à vida no dia a dia ao nosso cotidiano até serem indistinguíveis dele.

A escolha deste tema é relevante, pois a Internet das Coisas (IoT) advém do desenvolvimento da tecnologia de comunicação Máquina-a-Máquina (M2M) que por meio da interligação das “coisas” ou objetos inteligentes, que tem como objetivo ressaltar, além da monitoração e controle, os métodos de melhoria e autonomia. Vale ressaltar que os objetos inteligentes têm ocupado, de forma constante, uma área permanente na vida dos indivíduos. A IoT tem como intuito conectar objetos à Internet, essa interligação tornou-se essencial para que haja procura de dados, conversação desses objetos entre si e com indivíduos, podendo controlá-los de forma remota fundamentados em dados recebidos, desenvolvendo nos métodos na área social e organizacional. Dessa maneira, origina grande evolução não somente no âmbito de negócios por meio da inovação, empreendedorismo, modificação de oferta de produtos e tarefas, alavancando diversas vantagens para a sociedade e corporações.

Considerando as vantagens na utilização da Internet das Coisas por meio de combinações de inúmeras tecnologias, aplicada na Automação Residencial, bem como a diminuição da distância de controle e gerenciamento de processos de forma crescida, tornando possível a interação de bilhões de dispositivos, motivando mudanças de processos e desempenho, influenciando a forma de interação dos indivíduos com o meio físico, como a sua utilização tem impactado a automação residencial?

O objetivo geral é identificar o impacto da utilização da Internet das Coisas, por meio de combinações tecnológicas, aplicados na automação residencial. E objetivo específico, mostrar a evolução da tecnologia por meio da Internet das Coisas (IoT), trazendo benefícios, conforto, economia e segurança, bem como levantar um breve histórico acerca da Automação Residencial, demonstrar as vantagens da utilização da Internet das Coisas na Automação Residencial e identificando quais os principais impactos que o uso da Internet das Coisas provocou na Automação Residencial.



2. DESENVOLVIMENTO

A Internet das Coisas incide na ideologia de que tudo possa estar interligado à internet, proporcionando a coleta e a emissão de informações, além da iniciativa de ações, através de sensores, processadores e aparelhos de conversação, sendo essas trocas de dados entre si, ou seja, “as coisas” com indivíduos ou *datacenters*, no objetivo de fornecer uma determinação mais competente (MACHADO, 2011).

Com o desenvolvimento das tecnologias, a promessa de serviços por meio da Web tem crescido de maneira grandiosa e a cada instante eles evoluem tornando simples constantemente dia a dia. Com este desenvolvimento apareceu a ideia de se ligar o meio físico ao virtual, o que ganhou a definição de Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), que é um exemplar que tem por finalidade desenvolver uma ponte entre fatos do mundo real e os seus aspectos no mundo digital, através do acoplamento de elementos físicos à Internet (AYRES, 2010).

De acordo com Bernardo (2004), nesta mais contemporânea época da internet, maneiras de conexão são determinadas, onde podem se dividir em: M2M (*Machinetomachine*), P2M (*People to Machine*) e P2P (*People to People*).

Define-se de M2M como toda difusão entre dois aparelhos, que provêm dados a começar da coleta de informações, por meio dos sensores, do espaço em que se localizam, para que sejam adotadas atuações sem influência humana. Esta conversação, além disso, pode acontecer entre dispositivos e *datacenters*, onde está registrado um amplo número de informações, para que sejam avaliados e ajustados com os dados mais benéficos àquela apontada circunstância, para que seja adotada a melhor resolução (BRAGA, 2001).

Já na conversação P2M, esta influência mútua motiva às pessoas informações ressaltantes para seu dia a dia. Bem como, Smart TVs e Smartphones que admitem, além do ingresso à internet, ainda dados como agenda, circunstâncias de trânsito e clima, além de proporcionar contextos conforme com as anteposições de cada indivíduo por meio do exame e convenções de informações. Vale ressaltar que, na P2P, o acoplamento entre pessoas é constituinte por meio de tarefas colaborativas, como comunicações associadas e redes sociais (ITU, 2005).

A figura 1 demonstra as 3 maneiras de comunicação e seus relacionamentos.

Figura 1. As três maneiras de comunicação e seus relacionamentos.



Fonte: Atzori (2010)

Pode-se notar que as distintas maneiras de comunicação (P2P, P2M e M2M) e mais, o envolvimento entre essas “pessoas” e “coisas”, e o número de informação originado. Mais relevante ainda, para que esses acoplamentos alcancem um apego expressivo e oferecer dados importantes e sólidos, é indispensável que se tenham artifícios bem acentuados, com a finalidade de improvisar o gerenciamento e automação deste volume expressivo de informações (JACOBSON, 1994).

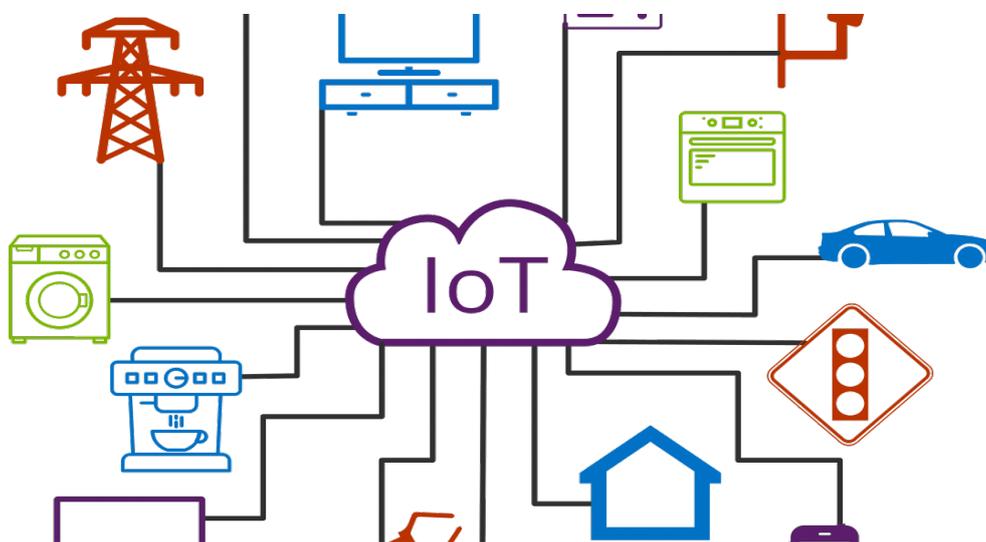
Pode-se notar que as distintas maneiras de comunicação (P2P, P2M e M2M) e mais, o envolvimento entre essas “pessoas” e “coisas”, e o número de informação originado. Mais relevante ainda, para que esses acoplamentos alcancem um apego expressivo e oferecer dados importantes e sólidos, é indispensável que se tenham artifícios bem acentuados, com a finalidade de improvisar o gerenciamento e automação deste volume expressivo de informações (JACOBSON, 1994).

Conforme Ayre (2010), a finalidade da Internet das Coisas (IoT) incide em conectar tudo (todas as “coisas”, móveis, instrumentos domésticos, roupas) à Internet/Web, e desenvolver uma rede em que cada artefato que se comunique com outros elementos e acenda dados para serem utilizados de inúmeras maneiras, isso tudo fazendo uso dos protocolos já presentes na Internet/Web.

Para que todos os dispositivos possam estar conectados é fundamental a convergência das tecnologias integrando hardwares, plataformas e softwares à rede de dados que, por sua vez, se conectem à internet para que todas as redes, então, estejam interligadas trocando dados de forma confiável. (COMEAU, 1961).

A figura 2 demonstra a interligação de hardwares e plataformas conectadas a redes de dados, fazendo troca de informações.

Figura 2. a IoT como rede de redes.



Fonte: Atzori (2010)

Notou-se acima que, para que o curso de dados munidos por meio das “coisas” inteligentes, nos mais dessemelhantes espaços de desempenho, seja justaposto de maneira ajustada e eficaz em concordância, é necessário que todas as redes permaneçam interconectadas (CUNHA, 2001).

Automação Residencial é o conjugado de tarefas ajustados por meio de sistemas tecnológicos associados como a melhor forma de atender as obrigações fundamentais de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação (DAY, 2010).

Nesse sentido, costuma-se crer mais apropriado o marco “domótica”, amplamente aplicado na Europa, pois é mais compreensivo. Porém, no Brasil, optou-se pela tradução literal de *home automation*, conceito americano mais prenotado, visto que, de forma conceitual, o termo “automação” não juntaria, por exemplo, sistemas de comunicação ou sonorização (DUQUENNOY, 2009).

De acordo com Atzori (2010):

Domótica é a automatização e o controle aplicados à residência. Esta automação e controle se realizam mediante o uso de equipamentos que dispõem de capacidade para se comunicar interativamente entre eles e com capacidade de seguir as instruções de um programa previamente estabelecido pelo usuário da residência e com possibilidades de alterações conforme seus interesses. Em consequência, a domótica permite maior qualidade de vida, reduz o trabalho doméstico, aumenta o bem-estar e a segurança, racionaliza o consumo de energia e, além disso, sua evolução permite oferecer continuamente novas aplicações.

Segundo Ayres (2010), o início do alargamento tecnológico começou na Revolução Industrial, na Inglaterra, no momento em que passou da maneira de produção feudal para produção de exemplo capitalista. Observou-se que a descoberta da Eletricidade e seu grande abarcamento no uso na Segunda Revolução Industrial, que ocorreu no final do século XIX. De maneira conseguinte, algumas descobertas significativas que contribuíram para o avanço da tecnologia, bem como:

- 1876: a descoberta do telefone celular por meio de Alexander Graham Bell;
- 1879: a invenção da lâmpada por meio de Thomas Alva Edison;
- 1888: foi constituída a concessão de códigos através do ar por meio de ondas de rádio;
- 1904: foi constituída a válvula, colaborando com o desenvolvimento da eletrônica, ao lado do aumento de aparelhos como a televisão e o rádio;
- 1946: criado o ENIAC, computador eletrônico por meio de John Mauchly e John Eckart Jr;
- 1947: criado o transistor por meio de William Bradford Shockley, John Bardeen e Walter Houser Brattain, que alavancou o acabamento das válvulas, pois os transistores são semicondutores mais aptos e seguros;
- 1956: a criação do primeiro celular por meio da corporação Ericsson, que tinha peso de 40 kg e por essa razão era conduzida no porta-malas de carros;
- 1977: desenvolvido o primeiro computador, formado por teclado conectado, sendo apto na origem de mapas com tonalidades distintas;
- 1889: começo da difusão da internet e celular.

2.1 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho é uma revisão de literatura, na qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e artigos científicos, selecionados através de buscas em bases de dados referente à Internet das Coisas (IoT) aplicada a sistemas de automação

residencial, com especialistas na temática proposta pelo trabalho, o período dos materiais utilizados como base, foram materiais desenvolvidos nos últimos 10 anos. Todo conteúdo foi pesquisado por fontes confiáveis de trabalhos acadêmicos e livros de renomados autores da área da automação. As palavras-chave utilizadas foram: internet das coisas, automação residencial, domótica.

2.2 Resultados e Discussão

Com os avanços providos por “coisas” inteligentes, nas mais diferentes áreas de atuação seja ela residencial ou não, quando aplicada de forma adequada e efetiva é preciso de todas as redes de comunicação estejam interconectados (ELLIS, 1994).

Esses grandes avanços tecnológicos contribuem para a diminuição de custo e tamanhos de sensores e dispositivo sem fio, aumentando a capacidade de transmissão de dados por essas redes, capacidade de processamento e análise de dados em tempo real através de Big Data e protocolo Ipv6 permitindo atribuição de endereço IP único na rede a cada dispositivo.

A respeito das vantagens da internet das coisas, que não são poucas e que profissionais e empresas que não se adequarem a essa realidade, invariavelmente perderão mercado para concorrência (GIBSON, 1984).

Principais vantagens que a internet das coisas oferece:

De acordo com a usabilidade de dispositivos, baterias com a capacidade de recarregar com energia renováveis devem ser aprimoradas e implantadas em massa para um uso mais eficiente da energia, buscando equipamentos mais eficientes, ou seja, aqueles que usam menos recursos para proporcionar a mesma quantidade de energia útil. Diminuindo o impacto sobre o consumo energético e necessidade de recarga (GIL, 1991).

À eficiência energética apresentando exemplo de fontes de geração de energia, com ênfase à energia elétrica, buscando compreender diferentes maneiras de produzir a energia elétrica, suas vantagens, bem como os impactos ambientais e sociais resultante do processo (EXAME, 1995).

Com a internet das coisas a quantidade de endereço IP ´S crescerá, pois, cada dispositivo terá um endereço na rede, a padronização de arquiteturas e protocolos de comunicação e segurança por instituição e companhias, para garantir a interoperabilidade e convergência entre todos os dispositivos e redes (DUQUENNOY, 2009).

Essa incrível tecnologia permite comunicação e transferência de dados entre dispositivos sem as conexões de fios. Aprimorando essas conexões de rede móveis para garantir o alto tráfego de dados, cobertura que abranja os locais terrestres e baixo consumo energético. Futuramente esse padrão de rede esteja bem desenvolvido para que atenda às necessidades IoT (CUNHA, 2001).

Seja para aplicação de pequeno porte um simples gerenciamento de conexões ou troca de dados entre dispositivos e interfaces gráficas para usuários, até plataformas complexas, como API ´s (*Application Programming interfaces*), para a integração de dispositivo e sistemas. Com objetivo de executar tarefas específicas (BRAGA, 2001).

Engloba o sistema operativo e controladores do dispositivo, que permitam ao usuário a executar uma série de tarefas específicas em áreas de atividades, com base de dados, os



sistemas de automação residencial e industrial etc. Suporte lógico pode ser definido como programas que comandam o funcionamento de dispositivo, computador (DAY, 2010).

Na coleta de compartilhamento de dados pessoais são os principais desafios para esse setor. O controle de acesso e a criptografia de dados devem ser aprimorados para evitar que informação seja vazadas, ou ainda, os sistemas sejam invadidos e usados por criminosos virtuais. Para evitar ou mitigar qualquer dano às pessoas e corporações precisa que o governo crie leis mais severas (ITU, 2005).

As criações de normas mais rigorosas podem prevenir fabricantes a produzirem produto ou serviço com pouca segurança, e a condenação mais severa que podem inibir a invasão de sistemas ou dispositivo por criminosos. Sendo assim um dos desafios mais preocupante da IoT é a forma com a segurança dos dados dos próprios consumidores irá ser garantida (BERNARDO, 2004).

Segundo Braga (2001), a grande variedade de coisas, dispositivo do dia a dia que podem ser acessadas utilizando a internet das coisas demanda por infraestruturas capazes de gerenciar a publicação, descoberta, composição, utilização de compartilhamento desse positivo na internet, ou seja, acessibilidade que essa ferramenta oferece.

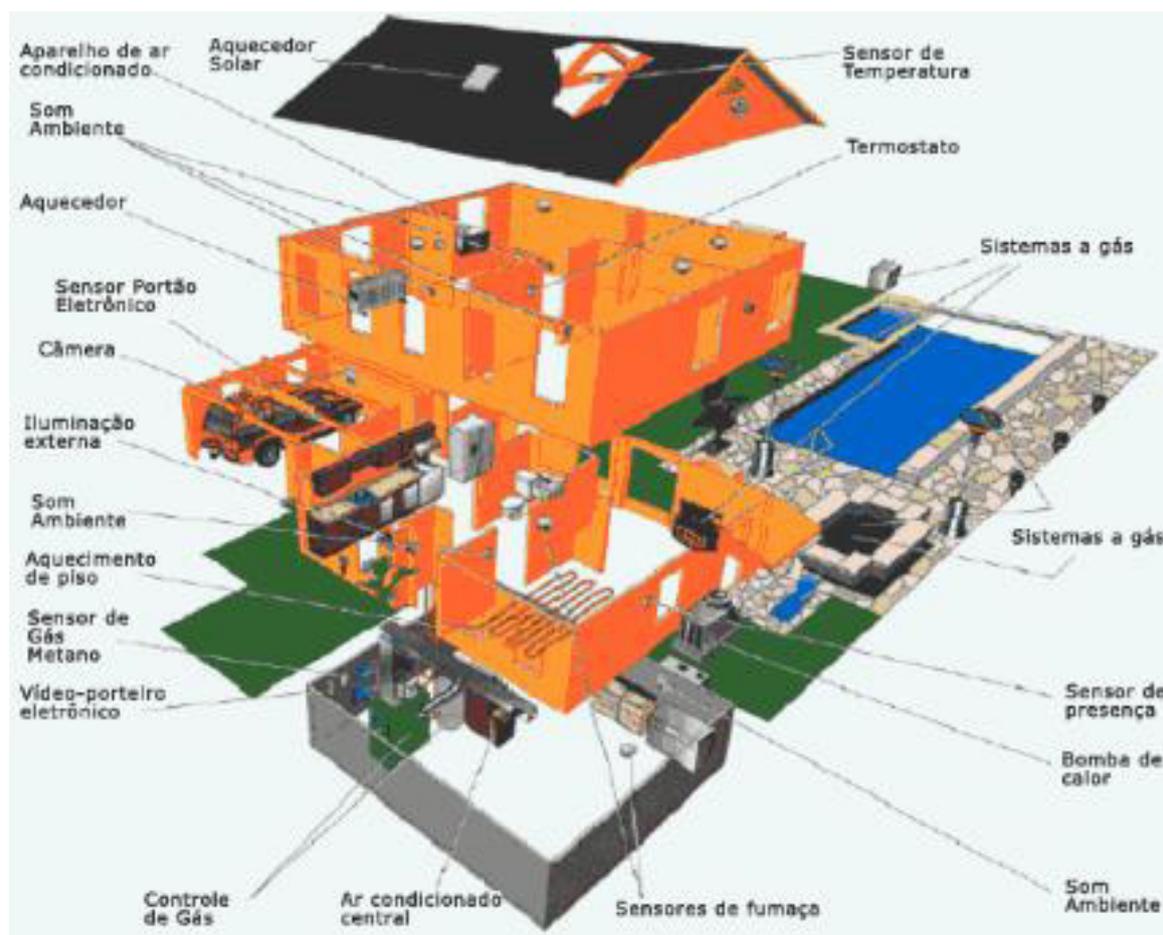
Uma casa que possua um ambiente controlado eletronicamente através da internet das coisas. “Como a temperatura, umidade e iluminação podem ser controladas através de sensores de acordo com sua programação ou também verificando a melhor escolha com a ajuda da internet, ou um ambiente” inteligente” (BERNARDO, 2004).

Com toda acessibilidade de interação da internet das coisas em uma casa “inteligentes” sensores e atuadores captam e controlam, dentre outras coisas a temperatura ambiente, a luminosidade dos cômodos e o consumo de energia. Todo objeto na IoT recebe um endereço IP que identifica cada um desse dispositivo (AYRES, 2010).

A internet das coisas para automação residencial traz consigo um aumento da eficiência e da qualidade de vida no uso da energia e de outros recursos. Sendo assim o objetivo dessa tecnologia aplicada em uma residência tais como: Aparelho de ar condicionado, sensores de presença, vídeo porteiro, câmeras de segurança, sensores de portão eletrônico etc. (BERNADO, 2004).

Dentre esses sistemas que podem ser fornecidos e conectados a uma internet, onde com aparelhos de celular, tabletes e outros podem provê uma interface amigável e intuitiva portátil com outras funcionalidades. Como um deficiente ou idosos sendo beneficiado por ter mais acessibilidade e ter uma vida independente (AYRES, 2010).

O sistema aplicado a uma casa “inteligente”, grande parte dele por mais simples que seja a resposta de um atuador disparado pelo usuário através de um botão ou a um controle remoto ao liga um ar condicionado por exemplo. Oferecendo também o acesso remoto às funcionalidades da casa, com o fácil monitoramento e controle através de dispositivos móvel (DAY, 2010).

Figura 3. Demonstra as possibilidades de uma casa automatizada.

Fonte: Atzori (2010)

Porém os sistemas de Triggers (Disparos) que tem o funcionamento semelhante ao sistema de interação GUI (Interface Gráfica de Usuário), onde esses disparos pode ser forma manual, aleatório e programado assim fornecendo uma interação do próprio usuário com a casa, caso disparo manual da casa com o ambiente, e no caso disparo programado a partir das condições (ATZORI, 2010).

O sistema funciona quando ocorre que o dispositivo passa a fazer parte da internet, ou seja, cada dispositivo é endereçado unicamente e pode ser acessado via internet e assim podem ser adicionados serviços e inteligência permitindo unir o mundo real ao mundo digital melhorando as atividades no dia a dia (BERNADO,2004).

Quando os dispositivos equipado com RFID, (códigos de resposta rápida), que podem ser “sentidos” ou lidos pelos dispositivos, oferece mais estabilidade nessa comunicação quando acessados esses objetos para coletar informações e o controle. Aprofundando dados processados para melhor o sistema torna-se mais estável e confiável (AYRES, 2010).

Um sistema de automação residencial usando a internet das coisas quando aplicados a uma casa devem ser independentes dos seres humano e servir como guia através da área inteligentes que estão integrados nos mais diferentes tipos de objetos no cotidiano. E rodeados por dispositivos de computação que interagem e são capazes de reconhecer e responder a presença de diferentes indivíduos e atuar de forma invisível (DAY, 2010).

3. CONCLUSÃO

Com base nos objetivos traçados no trabalho, após análise de grandes avanços tecnológicos à internet, a automação residencial buscou e mostrou que ganhou quando adotou essa tecnologia utilizando ao seu favor. Pois o homem vem buscando grandes inovações na automação residencial para seu dia a dia.

A “internet das coisas” em seus processos de evolução na automação residencial quanto na industrial. Com o crescimento da internet, dispositivos móveis, rede sem fios, contudo isso a “internet das coisas” quanto aos aspectos inerentes à eficiência energética, evidência a dependência do ser humano sendo fundamental para o desenvolvimento econômico e social e para o bem-estar. Que imputa aos objetos a capacidade de disponibilizar informações a respeito de seu funcionamento e ao ambiente as quais estão inseridos.

A eficiência e comodidade uns dos vários benefícios que a internet das coisas traz, avanços tecnológicos, ajudando no desenvolvimento do mundo digital onde qualquer pessoa pode ter acesso, se modernizando a cada dia, caminhando para um crescimento na qual podendo trazer recursos financeiros e como outros benéficos como a sustentabilidade, economia outros (DAY, 2010).

Referências

- ATZORI, L. **The Internet of Things: A survey, 2010**. Computer Networks 54, p. 2787–2805, 2010.
- AYRES, M. **Internet das Coisas e Mobile Marketing: limites e possibilidades. Publicidade Digital: formatos e tendências da nova fronteira publicitária**, Bahia, n.1, 2010.
- BERNARDO, Cláudio. **A tecnologia RFID e os benefícios da etiqueta inteligente para os negócios**. Revista Eletrônica Unibero de Iniciação Científica, São Paulo, 2004.
- BRAGA, Mariluci. **Realidade virtual e educação**. Revista de biologia e ciências da terra, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2001.
- COMEAU, C. **Headsight television system provides remote surveillance, Electronics**, p. 86-90, 1961.
- CUNHA, G. **Texto elaborado a partir da disciplina Introdução em Realidade Virtual**, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (COPPE/UFRJ), área interdisciplinar - Computação de Alto-Desempenho, Laboratório de Métodos dos Computacionais em Engenharia. Publicado em site institucional da Fundação Oswaldo Cruz, RJ; 2001.
- DAY, George S. **Gestão de Tecnologias Emergentes: A visão de Wharton School**. Bookman, 2010.
- DUQUENNOY, S. **The Web of Things: interconnecting devices with high usability and performance**, 2009. In International Conferences on Embedded Software and Systems.
- ELLIS, S. **What are virtual environments?**, IEEE Computer Graphics and Application, 31 pp. 17-22, January, 1994.
- GIBSON, W. **Neuromancer**. New York, ACE Books, 1984.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- Exame. **A vez da realidade virtual**, p. 14, ano 10, n. 110, maio, 1995.
- ITU “Internet Reports”. **ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things**. Em Internacional Telecommunications Union.
- JACOBSON, L. **Realidade virtual em casa**. Rio de Janeiro, Berkeley, 1994.
- MACHADO, L. **Conceitos básicos da realidade virtual**, Monografia, INPE-5975- PUD/025, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/SP, novembro. Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/~liliane/conceitosrv.html>, 1995. Acesso em: 23 set. 2018.



25

O CONTROLE E AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO
CONTROL AND AUTOMATION IN THE MINING INDUSTRY

Denilson Barros França
Lilian Barros Santiago

Resumo

Este estudo investiga a importância do controle e automação na indústria da mineração, destacando sua relevância em face da competição acirrada e das demandas contemporâneas por produtos de alta qualidade a preços competitivos. A automação industrial surge como uma resposta crucial para superar esses desafios, oferecendo melhorias na qualidade, confiabilidade e eficiência da produção, enquanto reduz os custos operacionais. No contexto da indústria de mineração, a automação é vista como uma ferramenta essencial para enfrentar as pressões ambientais, sociais e de recursos, impulsionando a modernização e a sustentabilidade do setor. O objetivo geral buscou conhecer a importância do controle e automação na indústria da mineração. A metodologia aplicada nesta pesquisa foi uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis como *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e Google Acadêmico. Conclui-se que compreender profundamente esses aspectos, pode identificar oportunidades para programar as melhores práticas e tecnologias, promovendo assim o avanço e a competitividade da indústria de mineração no cenário global.

Palavras-chave: Automação. Controle. Mineração. Indústria. Ferramentas Industriais.

Abstract

This study investigates the importance of control and automation in the mining industry, highlighting its relevance in the face of fierce competition and contemporary demands for high-quality products at competitive prices. Industrial automation emerges as a crucial answer to overcoming these challenges, offering improvements in quality, reliability and production efficiency, while reducing operational costs. In the context of the mining industry, automation is seen as an essential tool to address environmental, social and resource pressures, driving the modernization and sustainability of the sector. The general objective sought to understand the importance of control and automation in the mining industry. The methodology applied in this research was a Qualitative and Descriptive Literature Review, in which books, dissertations and scientific articles and reliable websites such as *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) and Google Scholar were consulted. It is concluded that deeply understanding these aspects can identify opportunities to program best practices and technologies, thus promoting the advancement and competitiveness of the mining industry on the global stage.

Keywords: Automation. Control. Mining. Industry. Industrial Tools.

1. INTRODUÇÃO

Produtos de alta qualidade que sejam consistentes com um preço competitivo são necessários devido à concorrência acirrada do setor. Numerosas indústrias estão considerando uma série de projetos para novos produtos e técnicas de fabricação combinadas com o uso de dispositivos automatizados, a fim de superar este desafio.

O movimento de automação industrial é um dos movimentos notáveis e influentes que levaram à descoberta das soluções para o desafio acima mencionado. Como resultado do uso de tecnologias e serviços novos, inovadores e integrados, a automação industrial torna mais fácil melhorar a qualidade, a confiabilidade e a taxa de produção do produto, ao mesmo tempo em que reduz os custos de produção e design.

A indústria de mineração enfrenta uma decisão difícil, por ser tradicional, a mineração encontra-se agora num momento crítico em que ou adota novas tecnologias ou fica para trás. A indústria mineira, juntamente com a indústria da defesa, foi uma das primeiras a adotar tecnologia automatizada, mas o crescimento tem sido lento desde então. Nos últimos anos, a indústria mineira tem enfrentado uma crescente pressão ambiental, social e baseada nos recursos para mudar a forma como opera. Por estar tão obstruída, a automação generalizada pode ser a única forma de modernizar a indústria mineira.

Os benefícios das tecnologias autônomas não podem ser ignorados porque têm um impacto em toda a cadeia de valor da indústria mineira, bem como nas indústrias que dependem da mineração para as suas necessidades de matérias-primas. Com a implementação adequada, espera-se que as empresas que implementam tecnologias de automação notem um aumento significativo na produtividade e uma diminuição nos custos. A presente pesquisa traz a seguinte problemática: Como o controle e automação podem ser benéficos para a indústria de mineração?

O objetivo geral buscou conhecer a importância do controle e automação na indústria da mineração. Logo este estudo busca estudar a relevância do controle e automação na indústria da mineração, explorando seu impacto, eficiência e benefícios. Ao compreender profundamente esse aspecto, poderemos identificar as melhores práticas e tecnologias que impulsionam a produtividade, segurança e sustentabilidade nesse setor crucial da economia.

A metodologia aplicada nesta pesquisa foi uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis como *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e Google Acadêmico. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados entre os anos de 2012 a 2023 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Automação, Controle, Mineração, Indústria e Ferramentas Industriais.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mecanização refere-se à execução de uma tarefa por meio de maquinário motorizado, com uma intervenção da tomada de decisão humana. Por outro lado, a automação tem o potencial de substituir a participação humana por meio da utilização de comandos baseados em programação lógica e máquinas de alto desempenho (Santos; Silveira; Vieira,



2018).

A Automação Industrial é um procedimento que envolve a substituição de habilidades cognitivas humanas por meio da aplicação de computadores e dispositivos mecânicos. A terminologia “automação” conota a noção de autogestão ou um dispositivo que opera de maneira autônoma. A definição em questão tem suas raízes etimológicas nas palavras gregas “Auto” e “Matos”, em que “Auto” representa o conceito de auto ou próprio, enquanto “Matos” se refere à ação de movimentar-se (Alves, 2019).

Assim a automação industrial pode ser definida como a utilização de tecnologias definidas e dispositivos de controle automático que permitem a operação e o controle automático de processos industriais sem intervenção humana significativa, alcançando assim um desempenho superior em comparação ao controle manual. Esses dispositivos de automação englobam controladores lógicos programáveis (CLPs) e controladores de automação programáveis (PACs), entre outras opções. Além disso, as tecnologias abrangem sistemas de comunicação industrial (Paiola, 2019).

A automação de uma fábrica, de uma fábrica ou de um processo aumenta o custo de produção por meio de um melhor controle da produção. A implementação de técnicas de produção em massa tem o potencial de melhorar significativamente o tempo de montagem do produto, ao mesmo tempo em que melhora a qualidade geral da produção (Albertin; Elienesio; Aires, 2017).

Como resultado, uma quantidade significativa de produto é produzida para uma entrada específica de mão de obra. A integração de muitos processos industriais através da utilização de máquinas automatizadas resulta na redução do tempo e do esforço do ciclo, resultando na redução da necessidade de mão de obra manual. Com isso, a alocação de recursos no relacionamento com os colaboradores foi melhorada por meio da automação (Groover, 2011).

A automação elimina a necessidade de verificação manual de parâmetros do processo. Aproveitando os benefícios da tecnologia de automação, os processos industriais ajustam automaticamente as variáveis do processo para valores predefinidos ou desejados usando técnicas de controle de malha fechada. Aumenta a segurança pessoal substituindo humanos por máquinas automatizadas em ambientes de trabalho perigosos. Tradicionalmente, robôs industriais e dispositivos robóticos são implantados em locais perigosos e remotos (Franchi, 2013).

Este é o nível mais baixo da hierarquia de automação, que inclui dispositivos de campo como sensores e atuadores. A principal função desses dispositivos de campo é transmitir dados de processos e máquinas para um nível superior para monitoramento e análise. Também inclui controle de parâmetros de processo por meio de atuadores. Por exemplo, descrever este nível como os olhos e as mãos de um processo específico (Albertin; Elienesio; Aires, 2017).

Os sensores traduzem parâmetros em tempo real, como temperatura, pressão, fluxo e nível, em sinais elétricos. Esses dados do sensor são posteriormente transferidos para o controlador para monitoramento e análise dos parâmetros em tempo real. Alguns exemplos de sensores incluem termopar, sensores de proximidade, RTDs, medidores de fluxo e assim por diante. Por outro lado, os atuadores traduzem sinais elétricos (controladores) em meios mecânicos de controle de processos. Atuadores incluem válvulas de controle de fluxo, válvulas solenóides, atuadores pneumáticos, relés, motores CC e servo motores (Alves, 2019).

Este nível abrange uma variedade de dispositivos autônomos que utilizam máqui-

nas para coletar parâmetros de processo usando sensores. Os controladores automáticos funcionam como atuadores por meio do programa ou técnica de controle e dos sinais processados provenientes do sensor (Albertin; Elienesio; Aires, 2017). Controladores industriais robustos e frequentemente usados, os controladores lógicos programáveis (CLPs) podem executar tarefas de controle automático com base na entrada do sensor. O sistema é composto por componentes, incluindo os módulos de comunicação, entrada/saída (E/S) analógica, digital e unidade central de processamento (CPU). Ele permite ao operador programar uma estratégia ou função de controle para realizar determinadas operações do processo de maneira automática (Santos; Silva; Vieira, 2018).

Logo o minério de ferro que é a matéria-prima necessária para a fabricação do alumínio, é encontrado na natureza em rochas misturadas a outros elementos. O material extraído é processado através de uma variedade de processos industriais para prepará-lo para uso em aplicações sideroquímicas (Lamb, 2015).

O minério de ferro extraído no Brasil é utilizado na construção de residências, na fabricação de automóveis e na produção de eletrodomésticos. A Austrália é o país que possui as maiores reservas de minério de ferro bruto a nível mundial, representando mais de 29% do total global. De acordo com uma pesquisa realizada pela empresa de dados Statista, em 2019, a China ocupou uma posição de liderança na lista de países importadores de minério de ferro. O Japão ficou em segundo lugar, com uma distância especial em relação ao primeiro colocado, seguida pela Coreia do Sul, Alemanha e Holanda (Mamede Filho, 2017).

Passou a necessidade otimizar os custos no processo de fabricação, a necessidade de reduzir a intervenção humana em pontos operacionais específicos e o cenário mineiro em mudança continuarão a ser os principais impulsionadores do crescimento do mercado. A indústria de mineração é uma indústria completamente composta (Alves, 2019). Uma tarefa difícil é extrair materiais primários da crosta terrestre em formas, tamanhos e composições químicas e transformá-los em um produto final padronizado e de alta qualidade. Isso levou a indústria a buscar soluções que aumentassem a eficiência e a produtividade. Na indústria de mineração a automação ainda não atingiu os níveis de excelência observados na indústria alimentar, mas seus progressos têm sido feitos nesta direção diariamente (Paiola, 2019).

Todo o processo de automação começou a ser colocado na forma de gerenciamento remoto, com incursões em máquinas semiautomatizadas e automatizadas. A maioria das operações de mineração emprega métodos convencionais e mecanizados. A qualidade obtida com a automatização de trabalhos repetitivos supera a produtividade do operador. O fato de os operadores serem capazes de trabalhar numa gama mais ampla de atividades melhora a qualidade e a felicidade do seu trabalho e alarga a sua perspectiva sobre o processo de produção. Como resultado que sempre há potencial para desenvolvimento e melhoria (Santos; Silva; Vieira, 2018).

A título de exemplo, cita-se examinar o estudo de caso apresentado, onde, além das melhorias já obtidas, pode avançar ainda mais na qualidade do sistema caso. Isto é, o circuito poderia reagir às variações da alimentação sem uma intervenção humana (Groover, 2011). Logo pode ser analisado pelas informações geradas no analisador online pela própria máquina, que aprende a decisão de qual potência seria enviada para o motor do moinho. Para retornar essa informação para a sala de controle, é possível adicionar um analisador de teor na descarga das células de flotação que realiza análises da concentração de cobre a cada minuto. Assim, os operadores tiveram uma maior influência na qualidade de sua atividade. O controle e automação é um universo enorme que precisa ser compreendido. É necessário evoluir e trazer melhores condições de trabalho para máquinas e humanos,

porém é preciso estar sempre atento para analisar todas as possibilidades em relação às máquinas (Almeida, 2019).

A indústria de mineração encontra-se em uma encruzilhada crucial. Tradição e inovação estão travando uma batalha dentro desse setor que há muito tempo se baseou em métodos convencionais. Contudo, agora é o momento decisivo para abraçar novas tecnologias ou arriscar ser abandonado no vácuo do progresso (Albuquerque; Silva, 2011). Historicamente, a mineração tem sido uma das pioneiras na adoção de tecnologias de automação, lado a lado com a indústria da defesa. No entanto, após essa primeira incursão, o progresso estagnou. O setor tem sido relutante em seguir adiante, preso a velhos hábitos e processos (Parede; Gomes, 2011).

Segundo Sakamura e Zuchi (2018) nos últimos anos, a pressão sobre a indústria de mineração tem aumentado exponencialmente. Demandas ambientais, sociais e de recursos têm exercido uma força significativa, forçando a reavaliação dos métodos de operação. A obstinação em permanecer no status quo está agora gerando consequências indesejadas. A automação em larga escala emerge como a solução potencial para modernizar a indústria de mineração. Ao integrar tecnologias avançadas, como inteligência artificial, aprendizado de máquina e robótica, é possível não apenas melhorar a eficiência e a segurança, mas também mitigar os impactos negativos no meio ambiente e na sociedade.

Para Elienesio e Albertin (2018) a transição não será fácil. Requer investimentos significativos em infraestrutura, treinamento de pessoal e adaptação de processos. Além disso, questões como a substituição de empregos tradicionais por automação precisam ser enfrentadas com sensibilidade e estratégias de transição. A indústria de mineração enfrenta uma escolha crítica: abraçar a mudança e liderar o caminho para uma nova era de sustentabilidade e eficiência ou resistir e enfrentar o risco de obsolescência. A decisão não é apenas sobre o futuro da mineração, mas também sobre o impacto que essa indústria tem no mundo.

A decisão que a indústria de mineração tomará terá ramificações profundas em esferas. Em primeiro lugar, há o impacto ambiental: a adoção de tecnologias mais limpas e eficientes pode reduzir drasticamente a pegada de carbono e minimizar a degradação dos ecossistemas frágeis onde a mineração ocorre. Isso, por sua vez, pode ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas e preservar a biodiversidade (Simi, 2018).

Além disso, a decisão afetará diretamente as comunidades locais que dependem da indústria de mineração para empregos e recursos. A automação pode trazer eficiência, mas também corre o risco de eliminar postos de trabalho tradicionais, o que pode desencadear desafios socioeconômicos significativos. Portanto, é crucial que qualquer transição para a automação seja acompanhada por programas robustos de reciclagem e reinserção no mercado de trabalho para os trabalhadores afetados (Elienesio; Albertin; Jaguaribe, 2018).

A escolha da indústria de mineração terá implicações globais, especialmente no contexto da transição para uma economia mais sustentável e descarbonizada. Como uma das principais fornecedoras de matérias-primas para uma variedade de indústrias, a forma como a mineração é conduzida pode influenciar diretamente a viabilidade e a eficácia de esforços mais amplos para combater as mudanças climáticas e promover a sustentabilidade (Silva; Gasparin, 2015).

Ao adotar tecnologias autônomas, as empresas de mineração podem reimaginar todo o processo de extração e produção, aumentando não apenas a eficiência, mas também a segurança dos trabalhadores. Sistemas automatizados podem ser implementados para realizar tarefas perigosas ou repetitivas, reduzindo assim o risco de acidentes e lesões.

Parede e Gomes (2011) citam que a automação pode permitir uma análise mais precisa e em tempo real dos dados operacionais, o que ajuda na identificação de potenciais problemas antes que eles se tornem crises. Isso não só melhora a segurança, mas também aumenta a confiabilidade e a disponibilidade das operações de mineração.

As operações mais eficientes e seguras, as tecnologias autônomas podem contribuir para a sustentabilidade da indústria de mineração a longo prazo. Reduzir desperdícios, melhorar o uso de recursos e minimizar os impactos ambientais são objetivos que podem ser alcançados por meio da automação inteligente. Logo é evidente que a adoção de tecnologias autônomas na indústria de mineração não apenas oferece benefícios imediatos em termos de produtividade e segurança, mas também tem o potencial de remodelar positivamente todo o setor, garantindo sua viabilidade e relevância no futuro (Albuquerque; Silva, 2011).

Com o uso de equipamentos automatizados, que podem ser manobrados em áreas inseguras e locais desafiadores, as mineradoras estão revolucionando a forma como operam. Esse avanço tecnológico permite que elas extraiam uma maior produção com menor risco para seus funcionários, reduzindo a necessidade de enviar mineiros para o subsolo (Paiola, 2019). Um exemplo notável desse progresso é a RandgoldResources, que implementou tecnologias autônomas em suas minas africanas. Como resultado direto dessa iniciativa, a empresa conseguiu reduzir a taxa de ferimentos trimestre a trimestre em impressionantes 29%. Esse é um testemunho poderoso do impacto positivo que a automação pode ter na segurança dos trabalhadores da indústria de mineração (Alves, 2019).

Ao substituir tarefas arriscadas e fisicamente exigentes por equipamentos automatizados, as mineradoras estão protegendo seus funcionários de potenciais perigos e lesões. Além disso, essa abordagem também melhora a eficiência operacional, aumentando a produtividade e reduzindo os custos associados à manutenção de um grande contingente de trabalhadores no subsolo (Santos; Silva; Vieira, 2018).

Ao mesmo tempo em que promove a segurança dos trabalhadores, a automação na mineração também impulsiona a inovação e a competitividade do setor. Ao otimizar os processos de extração e produção, as empresas podem alcançar uma vantagem significativa em termos de eficiência e rentabilidade (Alves, 2019).

Neto et al. (2018) cita que o uso de equipamentos automatizados está transformando não apenas a maneira como a mineração é conduzida, mas também garantindo um ambiente de trabalho mais seguro e sustentável para os mineiros em todo o mundo. Essa tendência é um passo crucial em direção a um futuro onde a segurança e a eficiência andam de mãos dadas na indústria de mineração.

Assim Santos, Silva e Vieira (2018) afirmam que a indústria de mineração, historicamente, tem sido caracterizada pelo uso de métodos convencionais e mecanizados para suas operações. No entanto, está testemunhando uma mudança gradual em direção à automação, embora ainda esteja nos estágios iniciais desse processo. A maioria das operações de mineração depende de métodos tradicionais e mecanizados.

O processo de automação na mineração está agora entrando na fase de gerenciamento remoto, onde operações podem ser controladas e monitoradas a partir de locais distantes. Isso oferece uma série de vantagens, incluindo maior segurança para os trabalhadores, melhor eficiência operacional e redução de custos (Sakurai; Zuchi, 2018). As máquinas semiautomatizadas e automatizadas estão começando a ganhar espaço em operações, mostrando promessas significativas de aumentar a produtividade e a precisão. No entanto, ainda há obstáculos a superar, como a integração dessas tecnologias com os métodos de mineração existentes e a garantia de que elas sejam economicamente viáveis



(Simi, 2018).

A automação na mineração ainda esteja em seus estágios iniciais, é evidente que o setor está caminhando em direção a um futuro automatizado. Essa mudança não apenas reflete a busca por maior eficiência e segurança, mas também representa uma resposta às crescentes demandas por sustentabilidade e responsabilidade social na indústria de mineração.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A competitividade acirrada na indústria moderna demanda produtos de alta qualidade a preços competitivos, o que impulsiona a busca por inovação e eficiência. A automação industrial emerge como uma resposta poderosa a esse desafio, permitindo melhorias significativas na qualidade, confiabilidade e eficiência da produção, ao mesmo tempo em que reduz os custos operacionais.

No contexto da indústria de mineração, historicamente marcada por sua natureza tradicional, o movimento em direção à automação é crucial para enfrentar os desafios contemporâneos. A pressão ambiental, social e de recursos está impulsionando a necessidade de modernização, e a automação emerge como uma solução viável para impulsionar a eficiência e a sustentabilidade nesse setor fundamental da economia.

A pesquisa realizada buscou compreender a importância do controle e automação na indústria de mineração, destacando sua capacidade de impulsionar a produtividade, segurança e sustentabilidade. Ao compreender profundamente esses aspectos, podemos identificar oportunidades para programar as melhores práticas e tecnologias, promovendo assim o avanço e a competitividade da indústria de mineração no cenário global.

Referências

- ALBERTIN, M. R.; ELIENESIO, M. L.; AIRES, A. S. Desafios e oportunidades da indústria 4.0 para o Brasil. In: **Anais do XXXVII ENEGEP**, 37, Joinville, SC, Brasil, 2017. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_245_419_34169.pdf. Acesso em: 20 abr. 2024.
- ALBUQUERQUE A., SILVA D.; **Introdução a Automação Industrial**. Departamento de Engenharia de Computação e Automação Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011. Disponível em: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_9.pdf. Acesso em: 19 abr. 2024.
- ALMEIDA, C. M. **Indústria 4.0: O Plano Estratégico da Manufatura Avançada nos EUA**. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/17594-industria-40-o-plano-estrategico-da-manufatura-avancada-nos-eua>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- ALVES, R. A participação brasileira na maior convenção de exploração mineral. **Revista Brasil Mineral**. Ano XXXVI, n.388, p.18-20. mar. 2019. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/3167/1/MONOGRAFIA_ControlAutoma%C3%A7%C3%A3oInd%C3%BAstria.pdf. Acesso em: 18 abr. 2024.
- ELIENESIO, Maria Luiza Bufalari; ALBERTIN, Marcos Ronaldo; JAGUARIBE, Heráclito Pontes. Panorama da indústria 4.0 no Brasil: principais tecnologias utilizadas e os desafios para sua implementação. **Revista SODEBRAS**, v. 13, n. 148, p. 147-152, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/3732/TCC%20PRISCILA%20MARTINS%20-%20EDITADO.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- FRANCHI, Claiton. **Inversores de Frequência: Teoria e Aplicações**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2013.
- GROOVER, Mikell. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura / MikellGroover**; tradução Jorge Ritter, Luciana do Amaral Teixeira, Marcos Vieira; revisão técnica José Hamilton Chaves Gorgulho Júnior. 3ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/automacao-industrial-e-manu>

fatura-pdf-free.html. Acesso em: 19 abr. 2024.

LAMB, Frank. **Automação Industrial na Prática**. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2015.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 9ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

PAIOLA, C. **As aplicações de Realidade Aumentada na Indústria 4.0**. Portal Indústria 4.0. mai. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/18218-as-aplicacoes-de-realidade-aumentada-na-industria-40>. Acesso em: 19 abr. 2024.

PAREDE I., GOMES L.; **Eletrônica Volume 6**: Automação industrial, Centro Paula Souza, São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>. Acesso em: 19 abr. 2024.

SANTOS, J. C. D.; SILVA, M. L. D.; VIEIRA., M. A. D. S. **Processo de Construção de Barragem de Rejeito de Mínio**. Belo Horizonte, MG. 2018. Disponível em: https://www.eng-minas.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/170/2020/02/TCC_Laura_Vinaud.pdf. Acesso em: 19 abr. 2024.

SIMI. **Vale começa a operar caminhões autônomos em MG**. Sistema Mineiro de Inovação, 17 de setembro de 2018. Disponível em: <https://simi.mg.gov.br/vale-comeca-a-operar-com-caminhoes-autonomos-em-mg/>. Acesso em 10 de março de 2024.

SILVA, M. C. A. da.; GASPARIN, J. L. **A Segunda Revolução Industrial e suas influências sobre a Educação Escolar Brasileira**. 2015. Disponível em: http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/seminario/seminario7/TRABALHOS/M/Marcia%20CA%20Silva%20e%20%20Joao%20L%20Gasparin2.pdf. Acesso em 10 de março de 2024.





26

NOVAS TECNOLOGIAS NA AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS
INDUSTRIAIS
NEW TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL PROCESS AUTOMATION

Fernando Matos Ferreira
Lilian Barros Santiago

Resumo

O impacto das novas tecnologias na automação de processos industriais, destacando sua importância para aumentar a eficiência e a produtividade no ambiente fabril. As tecnologias discutidas incluem a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA) e robótica avançada. Essas inovações estão transformando os processos industriais, proporcionando maior capacidade produtiva, melhor qualidade dos produtos e integração mais estreita com os requisitos do mercado. O acesso equitativo a essas tecnologias é essencial para garantir que todas as empresas possam se beneficiar plenamente de seus avanços. O objetivo geral buscou estudar a importância das novas tecnologias na automação industrial para aumentar a eficiência e a produtividade industrial. A metodologia aplicada nesta pesquisa foi uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis como *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e Google Acadêmico. Conclui-se que a tecnologia industrial não é apenas sobre máquinas e softwares avançados; é sobre capacitar pessoas e organizações a alcançarem seu máximo potencial, impulsionando a inovação, a eficiência e o crescimento na indústria.

Palavras-chave: Automação Industrial. Tecnologia. Automação. Indústria. Ferramentas Industriais.

Abstract

The impact of new technologies on the automation of industrial processes, highlighting their importance for increasing efficiency and productivity in the manufacturing environment. Technologies discussed include the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI) and advanced robotics. These innovations are transforming industrial processes, providing greater production capacity, better product quality and closer integration with market requirements. Equitable access to these technologies is essential to ensure that all companies can fully benefit from their advances. The general objective sought to study the importance of new technologies in industrial automation to increase industrial efficiency and productivity. The methodology applied in this research was a Qualitative and Descriptive Literature Review, in which books, dissertations and scientific articles and reliable websites such as Scientific Electronic Library Online (SCIELO) and Google Scholar were consulted. It follows that industrial technology is not just about advanced machines and software; it's about empowering people and organizations to reach their full potential, driving innovation, efficiency and growth in the industry.

Keywords: Industrial automation. Technology. Automation. Industry. Industrial Tools.



1. INTRODUÇÃO

A tecnologia industrial refere-se aos avanços tecnológicos e ao conjunto de conhecimentos que são aplicados numa variedade de setores econômicos, principalmente no setor industrial, para criar e melhorar bens, processos e serviços. Esses recursos aumentam a capacidade de produção, auxiliando na busca por resultados. Mesmo na automação industrial, é possível encontrar a aplicação de software, hardware, sistemas de controle (como computadores ou robôs), tecnologia da informação e outras inovações.

Estas ferramentas estão a alterar a forma como as pessoas trabalham e a melhorar a eficiência dos processos de produção das empresas, com menor consumo de energia e menos resíduos. A tecnologia industrial trouxe uma série de vantagens e transformações que tornaram as indústrias mais competitivas no mercado e melhoraram o relacionamento com os clientes.

Os avanços tecnológicos transformaram a forma como as coisas são feitas, auxiliando e modernizando os processos de fabricação. Independentemente da estrutura ou capacidade de uma organização, a tecnologia industrial é significativa porque tem o potencial de afetar todos os aspectos da produção, manutenção e atendimento ao cliente, resultando em economia, agilidade, segurança e aumento de receita. Mesmo que seja mais difícil para as pequenas corporações investirem em tecnologia de forma mais profunda, historicamente, esse tipo de investimento está diretamente ligado à expansão de um negócio.

A presente abordou sobre as novas tecnologias na automatização de processos industriais, sendo essas necessárias para dar continuidade a produtividade industrial. Logo a pesquisa cita como a automação é uma realidade em muitas fábricas que utilizam tecnologias disponíveis para lidar com tudo, desde o acesso remoto aos dados até o controle e ajuste da produção em tempo real. A problemática baseou-se em: Como o uso de novas tecnologias na automação industrial contribuiu para aumentar o processo produtivo e melhorar o desempenho das indústrias no mercado?

O objetivo geral buscou estudar a importância das novas tecnologias na automação industrial para aumentar a eficiência e a produtividade industrial. Logo o impacto das novas tecnologias na automação industrial, visando aprimorar a eficiência e a produtividade no ambiente fabril. Por meio de uma análise abrangente, examinamos como as inovações tecnológicas, como a Internet das Coisas (IoT), a inteligência artificial (IA) e a robótica avançada, estão transformando os processos industriais.

A metodologia aplicada nesta pesquisa foi uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis como *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e Google Acadêmico. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados entre os anos de 2012 a 2022 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Automação Industrial, Tecnologia, Automação, Indústria e Ferramentas Industriais.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O princípio básico de automação consiste em otimização das atividades humanas, proporcionando maior agilidade e eficiência. Isso é alcançado por meio da redução do tempo necessário para a realização de tarefas, permitindo que os indivíduos se dediquem a outras atividades simultaneamente ou aproveitem o tempo economizado para realizar

ações com maior resultado e eficiência (TAYSON, 2017).

Essa perspectiva tem sido empregada em várias áreas da realidade humana, sendo integrada ao processo produtivo, no qual o papel do homem tem sido gradualmente substituído como principal responsável por esse processo, transferindo a responsabilidade para máquinas por meio de automação, as indústrias têm sido progressivamente automatizadas, com os setores de produção a interligarem-se através de equipamentos tecnológicos cada vez mais avançados (ALMEIDA, 2015).

Segundo Moraes (2007), a presença da tecnologia sempre foi inerente à sociedade, mesmo em suas formas mais precoces, e tem sido fundamental para facilitar o cotidiano dos indivíduos. Pode-se argumentar que uma invenção da roda, do fogo e da alavanca, entre outros elementos, representaram avanços tecnológicos notáveis que tiveram um impacto significativo na sociedade e nos meios de produção. Essas inovações estimularam a criatividade e o desenvolvimento de novas formas de tecnologia, o que, por sua vez, desempenhou um papel crucial no processo de automação na vida humana.

A essência inerente ao termo “automação” reside em enfatizar o envolvimento da tecnologia, especificamente dos programas de computador, para o controle automático do processo produtivo. Assim, automação, conforme definida por Martins (2012), refere-se a qualquer sistema suportado por computador que substitua o trabalho humano, a fim de aumentar a segurança dos indivíduos, a qualidade dos produtos, a velocidade de produção ou a redução de custos, melhorando assim os intrincados objetivos das indústrias, serviços ou bem-estar. É evidente, com base na citação anterior, que a automação possui a característica de melhorar as atividades humanas em várias dimensões, permitindo que máquinas e tecnologia executem tarefas que dispensam a participação direta do ser humano (TAYSON, 2017).

Segundo Evans (2011), a automação foi desenvolvida para ser aplicada em diversas atividades humanas e pode ser observada no dia a dia. Atualmente, a automatização é uma realidade nos lares, como nas máquinas de lavar que integram diversas ações comuns neste processo. Está também presente em serviços comuns, como caixas multibanco em bancos, no local de trabalho, como equipamentos de cronometragem automática, e no lazer e desporto, como máquinas de venda automática ou passadeiras num ginásio. Todas essas circunstâncias foram desenvolvidas para facilitar a vida dos indivíduos, visando melhor gestão do tempo, eficiência e segurança.

No contexto do processo produtivo, particularmente na fabricação de bens de consumo, a automação industrial tem passado por um processo contínuo de desenvolvimento, não só agilizando o trabalho humano neste processo, mas também possibilitando um aumento constante da produção, de forma mais rápida e econômica. -maneira eficaz (FIQUEIREDO; PINHEIRO, 2016).

Partindo dessa premissa, Tayson (2017) enfatiza que, ao longo da história da humanidade, foram inúmeras as evidências que demonstram o processo de automação industrial. Por exemplo, a utilização generalizada de moinhos hidráulicos para a produção de farinha no século X destaca-se como um dos processos que impulsionaram diversas criações que contribuíram para a automação industrial. A Revolução Industrial, que aconteceu no século XVIII, foi o primeiro marco histórico do processo de automatização da indústria. Neste processo, a mão de obra humana foi substituída pela máquina, agilizando assim a progressão das tecnologias.

Foi necessário elaborar uma exposição sobre as invenções tecnológicas que contribuíram para a automatização industrial seria um tanto prolífico, desviando do objetivo central deste trabalho. No entanto, cabe mencionar que todas as invenções e descobertas, como



a eletricidade e posteriormente os ordenadores e software, contribuíram de forma significativa para o destaque da automatização na indústria (FIQUEIREDO; PINHEIRO, 2016).

Pode-se afirmar que a busca pelo controle dos processos industriais tem sido uma preocupação constante do ser humano desde os primórdios da invenção das primeiras máquinas. Até a década de 1940, as usinas eram operadas manualmente por um grande número de operadores que dependiam de alguns instrumentos mecânicos básicos para controle local (ALMEIDA, 2015).

Uma das invenções significativas para a automação industrial moderna é o Controlador Lógico Programável (CLP), desenvolvido em 1968. O CLP substituiu os relés desatualizados e permitiu modificações rápidas no processo de produção. Com a utilização deste dispositivo, as modificações foram modificadas de maneira mais eficiente através da programação do sistema, em contraste com o sistema baseado em relés, que exigia uma alteração física da configuração dos equipamentos. O sistema em questão foi implementado inicialmente na indústria automobilística durante a década de 1970 nos Estados Unidos e Europa, e posteriormente, uma década mais tarde, foi introduzido no Brasil (MORAES; CASTRUCCI, 2007).

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) são dispositivos eletrônicos utilizados para o controle de processos industriais. Eles possuem uma memória programável que contém instruções específicas para serem executadas pelas máquinas responsáveis pela produção fabril. Conforme o Controlador Lógico Programável (CLP) foi implementado nas indústrias, passou por um processo de evolução e adquiriu novas capacidades. O CLP é capaz de realizar tarefas como sequenciamento, temporização, contagem, energização/desenergização e manipulação de dados, além de oferecer recursos como regulação PID e lógica fuzzy, entre outras funcionalidades. A programabilidade dos CLPs pode ser alcançada através do uso de computadores, tornando-os adequados para ambientes industriais muitas vezes inóspitos, além de possuírem uma linguagem amigável (FONSECA; CUNHA, 2015).

Conforme se pode inferir, o Controlador Lógico Programável (CLP) constituiu uma inovação significativa no âmbito da automação industrial, possibilitando a melhoria dos procedimentos ao permitir a agilidade na modificação do processo e sua adaptação a diversas situações. A automação da indústria contemporânea teve origem nos setores automotivos e petroquímicos. A partir de meados da década de 1970, expandiram-se gradualmente para outros domínios, como alimentos, produtos químicos, aço e acessórios automotivos, e atualmente prevalece em praticamente todos os setores (MARTINS, 2012).

A automação é um conceito que se refere ao controle automático de processos, ou seja, a realização de ações que não requerem intervenção humana. No setor industrial, o conceito de automação tem sido empregado de forma consistente desde o seu início, aplicado principalmente para aumentar a produtividade e a qualidade de processos repetitivos (ALMEIDA, 2015). É predominante nas operações diárias das empresas, apoiando conceitos de produção como sistemas de manufatura flexíveis. A automação industrial pode ser classificada em três categorias produtivas: rígida, flexível e programável, que são aplicadas respectivamente a lotes de fabricação grandes, médios e pequenos (FIQUEIREDO; PINHEIRO, 2016).

Nesse contexto a automação industrial visa substituir o controle humano das máquinas por controles informatizados, aumentando assim a eficiência, a qualidade e a produtividade, além de reduzir custos. O processo de automação industrial contribui para o avanço da própria tecnologia, pois tem levado ao desenvolvimento de equipamentos cada vez mais eficientes e capazes de realizar ações que seriam impossíveis de serem realizadas

por intervenção humana direta (TAYSON, 2017).

A automação, como princípio fundamental, visa otimizar as atividades humanas, proporcionando maior agilidade e eficiência. Essa abordagem permite que o tempo seja melhor aproveitado, liberando espaço para outras tarefas simultâneas ou simplesmente oferecendo mais tempo para atividades de maior valor agregado. Além disso, a automação possibilita uma execução mais precisa e eficaz das tarefas (ALMEIRA, 2019).

Essa perspectiva de automatização tem sido adotada em diversas áreas da vida humana, mas é especialmente proeminente no ambiente produtivo. Aqui, vemos uma transição gradual, na qual os seres humanos estão sendo gradualmente substituídos como os principais agentes do processo de produção, transferindo essa responsabilidade para máquinas operadas de forma automatizada (BATISTA, 2017).

À medida que as indústrias avançam nesse sentido, os setores de produção se tornam cada vez mais interligados por meio de equipamentos dotados de tecnologias cada vez mais avançadas. Essa integração de sistemas automatizados impulsiona a eficiência, a precisão e a escalabilidade das operações industriais.

Compreender a evolução desse processo é crucial para alcançar os objetivos estabelecidos. A automação não apenas transforma a maneira como as indústrias operam, mas também redefine os papéis dos trabalhadores e os padrões de produção. É uma mudança que requer adaptação e compreensão para garantir que os benefícios da automação sejam plenamente realizados, sem negligenciar o impacto humano e social dessa transformação. Portanto, o estudo detalhado dessa evolução é essencial para orientar o progresso futuro e garantir uma transição suave para uma era mais automatizada e eficiente (RAMOS; RODRIGUE; MELLO, 2018).

A Indústria 4.0, com suas inovações tecnológicas revolucionárias, é impulsionada por uma variedade de fatores, que podemos classificar em três categorias distintas: física, digital e biológica. Embora possam parecer diferentes à primeira vista, essas categorias estão profundamente interconectadas, trabalhando em conjunto para impulsionar o progresso e a evolução da indústria moderna (SANTOS; SANTOS; SILVA JUNIOR, 2019).

Almeira (2019) cita os impulsionadores tecnológicos de natureza física. Isso inclui avanços em robótica, automação, Internet das Coisas (IoT) e impressão 3D. Essas tecnologias físicas estão transformando a maneira como as fábricas operam, aumentando a eficiência, a precisão e a flexibilidade dos processos de produção. Robôs inteligentes trabalham lado a lado com os seres humanos, realizando tarefas repetitivas ou perigosas, enquanto a IoT conecta máquinas e dispositivos para coletar e analisar dados em tempo real, permitindo uma tomada de decisão mais rápida e informada. A impressão 3D, por sua vez, permite a fabricação de peças complexas sob demanda, reduzindo custos e tempo de produção.

Santos, Santos e Silva Junior (2019) cita que os impulsionadores tecnológicos digitais, que englobam inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina, big data e computação em nuvem. Essas tecnologias digitais capacitam as empresas a extrair insights valiosos de grandes volumes de dados, melhorando a eficiência operacional, prevendo falhas de equipamentos e otimizando processos de produção. A IA e o aprendizado de máquina permitem que os sistemas automatizados aprendam e se adaptem com o tempo, aumentando a precisão e a eficácia das operações.

Os impulsionadores tecnológicos de natureza biológica, que incluem biotecnologia, genômica e bioinformática. Essas tecnologias emergentes estão começando a desempenhar um papel cada vez mais importante na Indústria 4.0, especialmente nas áreas de saúde e agricultura. Por exemplo, avanços na genômica estão permitindo o desenvolvi-



mento de culturas agrícolas mais resistentes e nutritivas, enquanto a bioinformática está revolucionando a descoberta de novos medicamentos e tratamentos médicos (SANTOS; SANTOS; SILVA JUNIOR, 2019).

Ramos, Rodrigues e Mello (2018) os impulsionadores tecnológicos da Indústria 4.0, sejam eles físicos, digitais ou biológicos, estão todos interligados e se complementam, impulsionando a inovação e o progresso em todos os setores da economia. Ao abraçar essas tecnologias e explorar suas interconexões, as empresas podem se posicionar na vanguarda da transformação industrial, aproveitando ao máximo as oportunidades oferecidas pela Quarta Revolução Industrial. À medida que testemunhamos a rápida evolução das tecnologias, a integração da Tecnologia da Informação (TI) com a automação industrial nunca foi tão crucial. Hoje, mais do que nunca, a necessidade de fábricas inteligentes impulsiona a sinergia entre esses dois campos, criando um ambiente onde a eficiência e a conectividade são essenciais.

A presença da TI na automação industrial abre um vasto leque de possibilidades. Ao utilizar sistemas de TI avançados, as fábricas podem estabelecer uma comunicação mais eficaz entre os diferentes componentes da produção. Isso não apenas agiliza os processos, mas também promove uma flexibilidade sem precedentes nas interconexões da pirâmide de automação (COSTA *et al.*, 2018).

A interconexão de sistemas possibilitada pela TI permite que dados sejam compartilhados de forma instantânea e precisa entre máquinas, equipamentos e sistemas de controle. Isso resulta em uma coordenação mais eficiente das operações, reduzindo o tempo de inatividade e aumentando a produtividade (MARTINS, 2012). Além disso, a presença da TI na automação industrial permite a implementação de sistemas de monitoramento e análise em tempo real. Isso significa que os gestores podem acessar informações cruciais sobre o desempenho da fábrica a qualquer momento e de qualquer lugar, permitindo decisões rápidas e informadas para otimizar a produção (BATISTA, 2017).

Ao integrar tecnologia da informação com a automação industrial, as fábricas podem alcançar novos patamares de eficiência e competitividade. Essa abordagem não apenas transforma a maneira como a produção é realizada, mas também abre portas para a inovação e o crescimento contínuo. A presença cada vez mais marcante da TI na automação industrial representa um marco na evolução da indústria. Ao unir esses dois campos, as empresas podem enfrentar os desafios do mundo moderno com resiliência e eficácia, pavimentando o caminho para um futuro de produção inteligente e sustentável (MDIC, 2018).

A crescente integração entre a Tecnologia de Informação (TI) e a Tecnologia de Automação (TA) está moldando uma nova era na indústria moderna. Essa união não apenas reconfigura os processos de produção, mas também abre caminho para uma série de benefícios significativos para os usuários (SANTOS; SANTOS; SILVA JUNIOR, 2019).

À medida que os sistemas de TI e TA se tornam cada vez mais interconectados, observamos uma otimização dos processos industriais, uma melhoria na qualidade dos produtos e uma maior eficiência operacional. A automação de tarefas repetitivas e a integração de dados em tempo real permitem uma produção mais ágil, precisa e responsiva às demandas do mercado (ALMEIRA, 2019). Além disso, a combinação de dados operacionais e ferramentas analíticas avançadas oferece aos usuários uma visão mais clara e abrangente do ambiente de produção, permitindo uma tomada de decisão mais informada e estratégica.

Costa *et al.* (2018) a união também apresenta desafios, como questões de interoperabilidade, segurança cibernética e resistência cultural à mudança. Superar esses obstáculos requer um compromisso contínuo com a inovação, a colaboração e a adaptação às

novas tecnologias e práticas de trabalho. Logo a integração de TI e TA está impulsionando a indústria moderna para frente, capacitando as empresas a alcançar novos patamares de eficiência, qualidade e competitividade. À medida que continuamos a avançar nesta jornada de transformação digital, é essencial aproveitar ao máximo os benefícios dessa união e enfrentar os desafios com determinação e visão de futuro.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia industrial é mais do que apenas um conjunto de ferramentas; é um catalisador para a evolução constante dos processos de produção e da eficiência operacional. Ao longo desta análise, foi evidente como as novas tecnologias, como a Internet das Coisas (IoT), a inteligência artificial (IA) e a robótica avançada, têm revolucionado a automação industrial. Estas inovações não apenas aumentaram a capacidade produtiva, mas também melhoraram a qualidade dos produtos, reduziram o consumo de recursos e proporcionaram uma integração mais estreita entre os sistemas de produção e os requisitos do mercado.

A transformação digital nas indústrias não é mais uma opção, mas uma necessidade para permanecer competitivo no mercado global. As empresas que adotam e investem em tecnologia industrial estão colhendo os frutos em termos de eficiência, agilidade e satisfação do cliente. No entanto, é importante reconhecer que o acesso a essas tecnologias podem ser desigual, especialmente para pequenas e médias empresas. Portanto, políticas e iniciativas que promovam a inclusão digital e o acesso equitativo a essas ferramentas são essenciais para garantir que todos os segmentos da indústria possam se beneficiar plenamente das vantagens da tecnologia industrial.

Logo a tecnologia industrial não é apenas sobre máquinas e softwares avançados; é sobre capacitar as pessoas e as organizações a alcançarem seu máximo potencial. Ao abraçar e adaptar-se às inovações tecnológicas, as indústrias não apenas aumentam sua competitividade, mas também contribuem para uma economia mais robusta e sustentável. O futuro da indústria será moldado pela habilidade de integrar de forma inteligente e eficaz as novas tecnologias para impulsionar a inovação, a eficiência e o crescimento.

Referências

ALMEIDA, H. Apresentação Internet das Coisas - Tudo Conectado. **Revista da Sociedade Brasileira da Computação**, Porto Alegre, v. 29, p. 5-8, Abril 2015. Disponível em: https://www.eng-minas.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/170/2020/02/TCC_Laura_Vinaud.pdf Acesso em: 23 mar. 2024.

ALMEIRA, Paulo Samuel de. **Indústria 4.0 - princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial**. Pinheiros Sp: Saraiva, 2019.

BATISTA, Ana Rita Leal. **Drones como tecnologia multi-uso: dinâmicas empresariais e setoriais num novo mercado de crescimento**. 2017. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Economia da Empresa e da Concorrência, Iscte - Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2017. Disponível em: https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/15920/4/master_ana_leal_batista.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

COSTA, Rodrigo Pereira da; LEANDRO, Gustavo H. C.; SANTANA, Karine de Jesus R.; DUARTE, Márcio Antônio; SILVA, Janice Rodrigues da. Como o advento da indústria 4.0 e o incremento de novas tecnologias, tais como a internet das coisas (iot), vêm contribuindo para a otimização do desenvolvimento de novos produtos, na indústria manufatureira? In: Simpósio De Engenharia De Produção, 1., 2018, Catalão. **Anais [...]**. Catalão: Universidade Federal de Goiás, 2018. Disponível em: Acesso em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/38396/1/Justina%20Tellecha.pdf>. 30 mar. 2024.

COUTINHO, Luciano. **A terceira revolução industrial e tecnológica**. As grandes tendências das mudanças.



Economia e Sociedade, Campinas, SP, v. 1, n. 1, p. 69–87, 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8643306>. Acesso em: 23 mar. 2024.

EVANS, D. A Internet das Coisas como a próxima evolução da Internet está mudando o mundo. **Cisco Internet Business SolutionsGroup (IBSG)**. San José, p. 1-13. 2011. Disponível em: https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iiot_ibsg_0411final.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

FIQUEIREDO, P. N.; PINHEIRO, M. C. **Competitividade industrial brasileira e o papel das capacidades tecnológicas inovadoras: a necessidade de uma investigação criativa**. Programa de Pesquisa em Gestão da Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil, da EBAPE/FGV, Rio de Janeiro, 15 Março 2016. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/tlii-wps/article/view/63447>. Acesso em: 23 mar. 2024.

FONSECA, R. D.; CUNHA, S. **Indicadores de Competitividade da Indústria Brasileira**. Confederação Nacional da Indústria. Brasília, p. 31. 2015. Disponível em: https://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/cni_estatistica_2/2016/02/03/205/IndicadoresDeCompetitividadeDaIndustriaBrasileira_2015.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

MARTINS, Geomar, **Princípios de Automação Industrial**. 2012. Apostila de Automação. UFSM, 2012. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06_automacao_industrial.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.

MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2.ed. LTC, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ca/a/QB7XPNyySVfnL4QFNs496JN/>. Acesso em: 23 mar. 2024.

RAMOS, Carlos Eduardo da Silva; RODRIGUES, Leandro Ferreira Pacheco; MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito. Aplicações da Indústria 4.0 na Construção Civil – Uma Revisão Narrativa. **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa, PR. dez. 2018. Disponível em: <http://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2018/anais.php>. Acesso em: 23 mar. 2024.

SANTOS, Ismael Luiz dos; SANTOS, Ruan Carlos dos; SILVA JUNIOR, Daniel de Souza. Análise da Indústria 4.0 como Elemento Rompedor na Administração de Produção. **Future StudiesResearchJournal: Trends andStrategies, [S.L.]**, v. 11, n. 1, p. 48-64, 6 jan. 2019. Disponível em: <file:///C:/Downloads/381-Article%20Text-1542-1-10-20190222.pdf>Acesso em: 23 mar. 2024.

TAYSON, L. **O trabalho na era da automação. Valor Econômico**, Rio de Janeiro, p. 1- 2, junho 2017. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9116/1/td_2457.pdf. Acesso em: 23 mar. 2024.



27

A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE E AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA
4.0

THE IMPORTANCE OF CONTROL AND AUTOMATION IN
INDUSTRY 4.0

Antonio Geovandro Moreira Pedrosa
Lilian Barros Santiago

Resumo

O advento da Indústria 4.0, caracterizada pela ampla adoção de tecnologias digitais como inteligência artificial, big data e Internet das Coisas, está revolucionando os processos industriais. A automação industrial, combinada com essas tecnologias, oferece avanços operacionais significativos, embora exija adaptação organizacional e investimentos iniciais substanciais. O objetivo geral buscou compreender a importância do controle e automação na indústria 4.0. O tipo de pesquisa a ser realizado neste trabalho, foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Scielo, Lilacs e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras. Como resultados este estudo busca compreender a importância do controle e automação na Indústria 4.0, destacando sua relevância estratégica para a competitividade e a eficiência das empresas. Conclui-se que o controle e automação não são apenas essenciais para a sobrevivência no novo cenário industrial, mas também são fundamentais para o sucesso das iniciativas de transformação digital nas organizações industriais.

Palavras-chave: Automação. Indústria 4.0. Manutenção. Tecnologia. Inovação.

Abstract

The advent of Industry 4.0, characterized by the widespread adoption of digital technologies such as artificial intelligence, big data and the Internet of Things, is revolutionizing industrial processes. Industrial automation, combined with these technologies, offers significant operational advances, although it requires organizational adaptation and substantial initial investments. The general objective sought to understand the importance of control and automation in industry 4.0. The type of research to be carried out in this work was a Literature Review, in which a consultation was carried out on books, dissertations and scientific articles selected through a search in the following databases: Google Scholar, Scielo, Lilacs and thesis bank and dissertations from Brazilian universities. As a result, this study seeks to understand the importance of control and automation in Industry 4.0, highlighting its strategic relevance for the competitiveness and efficiency of companies. It is concluded that control and automation are not only essential for survival in the new industrial scenario, but are also fundamental for the success of digital transformation initiatives in industrial organizations.

Keywords: Automation. Industry 4.0. Maintenance. Technology. Innovation.

1. INTRODUÇÃO

A revolução industrial conhecida como Indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, que é relativamente nova. Caracterizada pelo amplo uso de tecnologias digitais para automação e gestão de processos pelas indústrias. Isto foi possível graças ao desenvolvimento da tecnologia da informação, aos estudos e pesquisas na área da inovação e à grande quantidade de informação que pode ser digitalizada.

A inteligência artificial, o big data e a Internet das Coisas (IoT) são elementos fundamentais da Indústria 4.0 que, quando combinados com a automação industrial, permitem avanços operacionais significativos para as empresas. A organização dos processos produtivos é promovida pela automação, que permite que tarefas sejam realizadas por computadores, máquinas e robôs. Em circunstâncias, a automação pode até substituir o trabalho humano. Todos os tipos de indústrias podem usar essa técnica, incluindo as indústrias farmacêutica, automotiva, de mineração, saúde, química, energia, papel, alimentos e bebidas.

Logo a contribuição acadêmica busca entender os beneficiários e as vantagens competitivas trazidas por ações como a automatização de um setor da economia ou de uma linha de produção, a integração de sistemas de controle de fábrica nas operações corporativas e o uso de tecnologias da Indústria 4.0. No entanto, estas ações exigem uma nova estrutura organizacional que leve em consideração a equipe de gestão, os objetivos operacionais, os padrões de segurança e outros fatores.

O problema de pesquisa deste trabalho foi: Qual a importância do controle e automação na indústria 4.0? O objetivo geral deste foi compreender a importância do controle e automação na indústria 4.0. Enquanto o objetivo específico o estudo buscou a compreensão aprofundada da importância estratégica, fornecendo esclarecimentos valiosos para a tomada de decisões e a implementação de iniciativas bem-sucedidas de transformação digital nas organizações industriais.

O tipo de pesquisa a ser realizado neste trabalho, foi uma Revisão de Literatura, no qual será realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, *Scielo*, *Lilacs* e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras. O período dos artigos pesquisados foi os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Automação, Manutenção, Indústria 4.0, Manutenção, Tecnologia e Inovação.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O termo “Indústria 4.0” foi criado em 2011 na Alemanha, numa reunião em que participaram líderes empresariais, funcionários governamentais e acadêmicos para discutir como ajudar as empresas estabelecidas a adaptarem-se às tecnologias emergentes da Quarta Revolução Industrial. A indústria 4.0 refere-se à quarta geração da indústria e às tecnologias que predominaram em cada etapa da industrialização. Historicamente, a indústria tem se modernizado e adaptado constantemente às tecnologias de ponta da atualidade, e essas tecnologias passaram a dominar o setor manufatureiro, ao mesmo tempo em que se tornaram parte integrante da vida diária dos consumidores (Wolf; Oliveira, 2016).

A industrialização inicial ocorreu entre os séculos XVIII e XIX, quando as novas tecnologias permitiram pela primeira vez a centralização do trabalho e das máquinas. Esta mudança de paradigma definiu a produção em massa pela primeira vez. A partir da década



de 1870, a segunda fase assistiu à adoção generalizada de tecnologias que impulsionariam a indústria a novos patamares, incluindo a eletricidade, que permitiu aos trabalhadores realizar mais com menos esforço e em menos tempo (Zheg *et al.*, 2018).

Durante a terceira fase da revolução industrial, que começou na década de 1970, os avanços tecnológicos digitais dominaram os setores industriais, sendo os avanços mais notáveis feitos na eletrônica digital. O avanço dessa tecnologia levou à criação dos CLPs, e junto com ele vieram melhorias na tecnologia de redes e dados que deram suporte à eletrônica avançada, automatizando processos e aumentando o desempenho de toda a infraestrutura envolvida (Marques, 2014).

A indústria prevê uma mudança significativa na produção da empresa como resultado da adoção de novas tecnologias. O aumento da produtividade e da confiabilidade nos processos de fabricação fará com que indústrias como a engenharia se expandam gradualmente à medida que novos procedimentos foram criando novas nas linhas de produção (Mikell, 2011).

O avanço do armazenamento em nuvem está dando origem a um novo conceito conhecido como big data. Com esta tecnologia, as empresas podem salvar todos os seus dados de produção, características de materiais, detalhes de programação de linhas de produção, recebimentos de processos e dados de rastreamento de clientes e fornecedores na nuvem para fácil acesso. A coleta e análise de informações baseadas em nuvem permitem ajustes em tempo real em um processo de produção com base em métricas como lucro, qualidade e velocidade de produção, entre outras (Pereira; De Oliveira, 2018).

Algumas das indústrias que serão mais afetadas pela criação destas novas tecnologias são a logística e a gestão da cadeia de abastecimento. Começando com a entrega das matérias-primas aos fabricantes, o rastreamento é possível em qualquer ponto da cadeia de abastecimento. Isto permite o lançamento automático, integração com ERP (Enterprise Resource Planning) para o referido almoxarifado, e agendamento de arranque de produção. Coordenar seus horários com turnos de produção, empresas de transporte e coleta e entrega do produto final (Rosendahl *et al.*, 2015).

De acordo com pesquisa da escola de negócios do Instituto Europeu para Desenvolvimento de Gestão (IMD), os cinco fatores mais importantes para alcançar o sucesso nos negócios até 2020 são gestão, operações, vendas, estratégia, agilidade e eficiência. As melhorias na Internet permitiram que as empresas migrassem as suas operações para a Internet, onde podem tirar partido de novas tecnologias, como análise de big data, redes sociais e dispositivos móveis, como smartphones e tablets. Neste cenário, as empresas estão a preparar-se para uma nova geração de consumidores digitais, que quererão mais do mercado do que o modelo de negócio industrial tradicional pode oferecer (Stock; Seliger, 2016).

Com base neste novo enquadramento, uma visão de negócio focada na transformação digital foi estabelecida como prioridade máxima. O termo “Transformação Digital” foi cunhado pela iniciativa Plattform Industrie 4.0 (Plataforma Indústria 4.0) do setor manufatureiro alemão, lançada em 2011 na Feira de Hannover, na Alemanha (Zheng *et al.*, 2018).

Um grupo composto por políticos, engenheiros industriais e acadêmicos fez a observação inicial de que a tecnologia da informação e comunicação era a principal responsável por fornecer suporte e dados para as linhas de produção, e que esta tecnologia estaria entre as mais úteis na indústria no futuro (Goekin, 2010).

Mark Skilton e Felix Hovsepian, em seu livro *The Fourth Industrial Revolution*, de 2018, descrevem esta revolução como uma das mais significativas pela singularidade e combi-

nações de tecnologias integradas à internet, que auxiliam na conectividade entre indústria e clientes, aumentando a competitividade, qualidade, negócios e confiabilidade. Estes esforços iniciais lançaram as bases para um novo cenário para o futuro produtivo e econômico dos processos industriais e da gestão, que foi reconhecido e adotado por uma série de indústrias europeias (Venturelli, 2016).

A Indústria 4.0 representa uma revolução tecnológica que está transformando o setor industrial do século XXI. Com base em princípios fundamentais, essa abordagem busca a integração de tecnologias avançadas para criar sistemas automatizados altamente eficientes e flexíveis. Essa mudança de paradigma, de células fabris automatizadas para sistemas integrados, promete trazer uma série de benefícios para as organizações, incluindo maior velocidade, flexibilidade e produtividade (Groover, 2011).

A partir dessa perspectiva, é crucial analisar os impactos que as tecnologias da Indústria 4.0 podem ter, tanto positivos quanto negativos. Muitas empresas já estão implantando essas inovações, reconhecendo seu potencial para impulsionar a eficiência e a competitividade. No entanto, outras organizações podem estar mais cautelosas, aguardando resultados concretos antes de investir nessas novas tecnologias (Locus *et al.*, 2015).

Os impactos positivos da Indústria 4.0 são evidentes. A integração de sistemas automatizados pode levar a ganhos significativos em eficiência operacional, redução de custos e melhoria da qualidade do produto. Além disso, a flexibilidade proporcionada por essas tecnologias permite uma resposta mais ágil às mudanças nas demandas do mercado, garantindo a competitividade (Lugli; Santos, 2014).

No entanto, também existem desafios e potenciais impactos negativos a serem considerados. A implementação de tecnologias complexas pode exigir investimentos significativos em infraestrutura e treinamento de pessoal. Além disso, questões relacionadas à segurança cibernética e privacidade dos dados podem surgir à medida que as organizações se tornam mais dependentes de sistemas conectados (Shrouf; Ordieres; Miragliotta, 2014).

A análise dos impactos da Indústria 4.0 é essencial para orientar as decisões estratégicas das organizações. Embora existam desafios a serem enfrentados, os benefícios potenciais dessas tecnologias são inegáveis. Ao adotar uma abordagem cuidadosa e proativa, as empresas podem aproveitar ao máximo as oportunidades oferecidas pela revolução da Indústria 4.0, garantindo seu sucesso no ambiente industrial em constante evolução (Santos *et al.*, 2016).

A história da sociedade é marcada por uma série de transformações significativas, e uma das mais impactantes ocorreu nos sistemas industriais com a introdução de métodos e equipamentos que possibilitaram o controle automatizado de processos. A automação se revelou fundamental para o avanço de áreas em todo o mundo (Schwab, 2016).

No início do século XXI, o surgimento de um conjunto de novas tecnologias que prometem revolucionar os sistemas industriais como nunca antes visto. Esse movimento é conhecido como Indústria 4.0 (Bahrin *et al.*, 2016). Trata-se de uma integração abrangente de tecnologias digitais, como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), análise de dados, computação em nuvem e outras, para criar sistemas industriais altamente conectados, inteligentes e eficientes.

A Indústria 4.0 representa uma mudança radical na forma como as fábricas operam, introduzindo a chamada “fábrica inteligente”. Nesse novo paradigma, máquinas, equipamentos e sistemas de produção são interconectados e capazes de tomar decisões de forma autônoma, com base em dados em tempo real. Isso permite uma produção mais ágil,

personalizada e eficiente, além de facilitar a manutenção preditiva e a gestão otimizada dos recursos (Groover, 2011).

No entanto, a adoção da Indústria 4.0 também traz desafios significativos, como a necessidade de investimentos em infraestrutura, capacitação de pessoal e questões relacionadas à segurança cibernética e privacidade dos dados. Além disso, pode haver preocupações sobre o impacto da automação na força de trabalho e na desigualdade social (Santos *et al.*, 2016).

Logo a Indústria 4.0 representa uma nova era de transformação industrial, com o potencial de impulsionar a eficiência, a inovação e o crescimento econômico. No entanto, é essencial abordar os desafios e garantir que os benefícios dessa revolução tecnológica sejam compartilhados de forma equitativa e sustentável pela sociedade como um todo (Schwab, 2016).

As tecnologias de automação da Indústria 4.0 representam uma revolução no cenário industrial, oferecendo um vasto potencial para melhorar a eficiência, a produtividade e a competitividade das empresas. No entanto, apesar do grande potencial, a implementação em larga escala ainda é um desafio, e muitas vezes essas tecnologias são adotadas de forma gradual e segmentada em diferentes áreas de uma planta industrial (Bahrin *et al.*, 2016).

Segundo Coelho (2016), é mais comum encontrar a aplicação de uma ou mais tecnologias da Indústria 4.0 em uma planta industrial, em vez de uma implementação abrangente em toda a cadeia produtiva. Isso sugere que, embora os benefícios sejam reconhecidos, há ainda barreiras a serem superadas para uma adoção mais generalizada (Colantuono, 2015).

É crucial, portanto, analisar cuidadosamente os projetos de aplicação de tecnologias da Indústria 4.0, considerando tanto suas vantagens quanto suas desvantagens. Entre as vantagens mais evidentes, destacam-se a melhoria da eficiência operacional, a redução de custos, o aumento da qualidade dos produtos e a capacidade de resposta mais ágil às demandas do mercado. Além disso, as tecnologias de automação possibilitam a coleta e análise de dados em tempo real, fornecendo insights valiosos para otimizar processos e tomar decisões mais embasadas (Tortorella; Fettermann, 2016).

No entanto, é importante reconhecer que a implementação dessas tecnologias também apresenta desafios. Entre as principais desvantagens, cita-se o alto investimento inicial necessário, a complexidade de integração com sistemas legados, questões de segurança cibernética e preocupações relacionadas à privacidade dos dados. Além disso, a necessidade de capacitação e treinamento dos colaboradores para lidar com as novas tecnologias pode ser um obstáculo significativo (Moura *et al.*, 2018).

Diante desse cenário, é fundamental realizar uma análise criteriosa dos projetos de aplicação de tecnologias da Indústria 4.0, avaliando não apenas os benefícios potenciais, mas também os desafios e riscos envolvidos. Uma abordagem gradual e estratégica, focada na identificação de soluções customizadas para as necessidades específicas de cada empresa, pode ser a chave para uma adoção bem-sucedida e sustentável dessas tecnologias (Benitez; Fialho; Pradella, 2018).

A aplicação de automação baseada em inovações da Indústria 4.0, especialmente na área da robótica, tem demonstrado proporcionar uma série de benefícios significativos aos processos produtivos das empresas. Um estudo conduzido por Stock e Seliger (2016) exemplifica isso de maneira clara e impactante.

Ao analisar duas linhas de produção em uma planta industrial, os pesquisadores automatizaram uma delas utilizando tecnologias da Indústria 4.0, enquanto a outra permaneceu com automação tradicional. Os resultados foram impressionantes: a linha automa-

tizada com as inovações da Indústria 4.0 registrou um aumento na produtividade de 23% em comparação com a linha que ainda empregava métodos convencionais de automação (Colantuono, 2015).

Essa constatação evidencia de forma inequívoca os benefícios trazidos pela aplicação de tecnologias avançadas, como a robótica, no contexto industrial. O aumento da produtividade não é apenas um número, mas sim um reflexo tangível da melhoria de desempenho e eficiência proporcionada por essas inovações (Coelho, 2016).

Além do aumento da produtividade, outros benefícios também podem ser observados, como a redução de custos operacionais, a minimização de erros e desperdícios, e a melhoria da qualidade dos produtos. Esses ganhos não apenas impulsionam o desempenho da empresa em termos de eficiência e competitividade, mas também contribuem para a satisfação dos clientes e a sustentabilidade do negócio em longo prazo (Tortorella; Fettermann, 2016).

Portanto, fica evidente que a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0, como a robótica, não apenas representa um avanço tecnológico, mas também uma estratégia fundamental para impulsionar o sucesso e a evolução das empresas no cenário industrial contemporâneo. A capacidade de adaptar-se e aproveitar essas inovações será essencial para garantir uma posição de destaque e liderança no mercado global (Colantuono, 2015).

Os resultados deste estudo evidenciam de maneira clara e contundente que a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 tem um impacto significativo nas operações de uma indústria. Especificamente no que diz respeito à automação, as vantagens trazidas pelas tecnologias da Indústria 4.0 não se limitam apenas à melhoria dos processos de produção, mas também se estendem a outros aspectos da organização, incluindo a gestão (Tortorella; Fettermann, 2016).

Ao analisar os impactos da Indústria 4.0 em uma planta industrial, ficou claramente demonstrado que esses impactos tendem a ser positivos. A implementação de tecnologias avançadas de automação não só aumenta a eficiência e a produtividade, mas também pode otimizar os processos de gestão, proporcionando uma visão mais clara e detalhada das operações e facilitando a tomada de decisões estratégicas (Bahrin *et al.*, 2016).

No entanto, apesar dos benefícios evidentes, é importante reconhecer que ainda existem desafios a serem superados. Os altos custos associados à adoção e implementação de tecnologias da Indústria 4.0 podem representar um obstáculo significativo para muitas empresas, especialmente aquelas de menor porte. Além disso, a falta de pessoal qualificado para operar e gerenciar essas novas tecnologias também pode ser uma barreira importante (Benitez.; Fialho; Pradella, 2018).

Diante desses desafios, é fundamental que as empresas adotem uma abordagem estratégica e cautelosa ao implementar tecnologias da Indústria 4.0. Isso inclui a avaliação cuidadosa dos custos e benefícios, o desenvolvimento de planos de capacitação e treinamento para os funcionários e a busca por soluções adaptadas às necessidades específicas de cada organização (Bahrin *et al.*, 2016).

Apesar das barreiras, fica evidente que o potencial transformador da Indústria 4.0 é significativo e que as empresas que conseguirem superar os desafios iniciais poderão colher os frutos de uma maior eficiência, competitividade e inovação em suas operações industriais. Portanto, investir na modernização e na adoção de tecnologias da Indústria 4.0 pode ser um passo crucial para o sucesso futuro das empresas no cenário industrial global (Tortorella; Fettermann, 2016).



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, foram explorados diversos aspectos cruciais sobre a importância do controle e automação na Indústria 4.0. Primeiramente, discutimos o conceito de Indústria 4.0, destacando a transformação digital e a integração de tecnologias avançadas como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial, big data e robótica. Esses avanços tecnológicos estão revolucionando a produção industrial, permitindo uma comunicação mais eficiente entre máquinas, sistemas e humanos. A automação proporciona uma maior precisão e repetibilidade nas operações, enquanto o controle avançado facilita a otimização dos processos e a rápida adaptação às mudanças nas demandas do mercado.

Os benefícios do controle e automação, que incluem o aumento da eficiência operacional, redução de custos, melhoria na qualidade dos produtos e maior flexibilidade na produção. Empresas que adotam essas tecnologias conseguem não apenas aumentar a produtividade, mas também melhorar a segurança no ambiente de trabalho e reduzir o impacto ambiental de suas operações. No entanto, também discutimos os desafios associados, como a necessidade de investimentos significativos, a importância de garantir a segurança cibernética e a demanda por uma força de trabalho qualificada para operar e manter esses sistemas avançados.

Por fim, os casos de sucesso de empresas que implementaram tecnologias de automação, demonstrando os resultados positivos alcançados, como aumento da competitividade e inovação contínua. A resposta ao problema de pesquisa foi clara: o controle e automação são essenciais para a modernização das operações industriais, proporcionando uma produção mais inteligente, conectada e adaptável. Portanto, a Indústria 4.0 representa uma revolução na forma como a manufatura é conduzida, e as empresas que investem nessas tecnologias estão melhor preparadas para enfrentar os desafios futuros e aproveitar as oportunidades de um mercado em constante evolução. A conclusão é que a automação e o controle são pilares fundamentais para a evolução da indústria, garantindo sua sustentabilidade e crescimento contínuo.

Referências

- BAHRIN, M. A. K.; OTHMAN, M. F.; AZLI, N. H. N.; TALIB, M. F. Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. **Jurnal Teknologi**, v. 78, n. 6-13, 2016.
- BENITEZ, G.; FIALHO, F. A. P.; PRADELLA, M. P. O impacto da Indústria 4.0 no modelo de negócios de empresas de automação brasileiras. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, v. 9, n. 4, p. 3246-3271, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328171990_O_impacto_da_Industria_40_no_modelo_de_negocios_de_empresas_de_automacao_brasileiras. Acesso em: 17 mar. 2024.
- COELHO, P. M. N. **Rumo à indústria 4.0**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra. 2016.
- COLANTUONO, A. C. S. Desenvolvimento industrial brasileiro: história e perspectiva. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 36, n. 2, p. 95-110, 2015.
- GROOVER, M. P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- GOEKING, Weruska. Da máquina a vapor aos softwares de automação. **Portal O setor elétrico**, Santa Cecília, SP, 2010.
- LOCUS et al. Processo orientado para os negócios Concepção de sistemas de planejamento de recursos empresariais (ERP) pequenas e médias empresas. **International Journal of Production Research**, vol. 44, n. 18-19, pp. 3797-3811, 2015.
- LUGLI, A. B.; SANTOS, M. M. D. **Redes Industriais: Características, Padrões e Aplicações**. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2014. 128p.

- MARQUES, Keite. **"Manufatura aditiva: o futuro do mercado industrial de fabricação e inovação"**. 2014. Disponível em: <https://www.poisson.com.br/livros/engenharia/volume5/ESEC5.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- MIKELL, P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. Pearson Brasil, 2011.
- MOURA, R. D.; LIMA, J. V.; COSTA, R. S. S. da; LEITE, R. M. V. Indústria 4.0: Aplicação e Perspectivas. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 9-20, 2018. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/innovate/article/view/4699>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- PEREIRA, Adriano; DE OLIVEIRA SIMONETTO, Eugênio. **Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.
- ROSENDAHL, R.; SCHMIDT, N.; LÜDER, A.; RYASHENTSEVA, D. Industry 4.0 value networks in legacy systems. In: 2015 IEEE 20th **Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)**. IEEE, 2015. p. 1-4.
- SANTOS, B. P.; CELES, L. A.; BORGES, J. B., NETO, B. S. P., VIEIRA, M. A. M., ... & LOUREIRO, A.. **Internet das coisas: da teoria à prática**. In: Simpósio Brasileiro De Redes De Computadores E Sistemas Distribuídos, Salvador. 2016.
- STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, v. 40, p. 536-541, 2016.
- ZHENG, Pai et al. Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. **Frontiers of Mechanical Engineering**, v. 13, n. 2, p. 137-150, 2018.
- SHROUF, F., ORDIERES, J., MIRAGLIOTTA, G. Smart factories in industry 4.0: a review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of things paradigm. **Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)**, 2014 IEEE International Conference on (pp. 697-701). IEEE. 2014.
- SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.
- VENTURELLI, Marcio. "Indústria 4.0". 2016. Disponível em: <https://mhventurelli.wordpress.com/industria-4-0/>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D. Implementation of Industry 4.0 and lean production in **Brazilian manufacturing companies. International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2975-2987, 2018.
- WOLF, Paulo José Whitaker e OLIVEIRA, Giuliano Contento de. **"Fórum Econômico Mundial: os desafios da Quarta Revolução Industrial"**. 2016. Disponível em: <http://www.cartacapital.com.br/blogs/blog-do-grri/foru-meconomico-mundial-os-desafios-da-quarta-revolucao-industrial>. Acesso em: 20 mar. 2024.



28

AUTOMAÇÃO E SISTEMAS INFORMATIZADOS DA PRODUÇÃO
INDUSTRIAL

AUTOMATION AND COMPUTERIZED SYSTEMS FOR
INDUSTRIAL PRODUCTION

Hudson Bastos Cascaes
Carolina Gomes Araújo Garreto

Resumo

A automação e os sistemas informatizados revolucionaram a produção industrial, proporcionando maior eficiência, precisão e flexibilidade. A automação envolve o uso de máquinas controladas por computador para executar tarefas anteriormente realizadas por humanos, enquanto os sistemas informatizados gerenciam e aperfeiçoam esses processos. O objetivo geral buscou compreender a importância da automação e dos sistemas informatizados para o processo produtivo das indústrias. O tipo de pesquisa a ser realizado neste trabalho, foi uma Revisão de Literatura, no qual será realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, *Scielo*, *Lilacs* e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras (Azevedo, 2016). Logo a presente pesquisa destaca a relevância crucial da automação e dos sistemas informatizados na produção industrial, uma vez que essas tecnologias transcendem várias áreas de aplicação, desde o setor bancário até o agrícola, impactando significativamente a eficiência e a competitividade das empresas.

Palavras-chave: Automação. Sistemas Informatizados. Produção Industrial. Indústria. Mecanismos de automação.

Abstract

Automation and computerized systems have revolutionized industrial production, providing greater efficiency, precision and flexibility. Automation involves using computer-controlled machines to perform tasks previously performed by humans, while computerized systems manage and improve these processes. The general objective sought to understand the importance of automation and computerized systems for the industrial production process. The type of research to be carried out in this work was a Literature Review, in which a consultation of books, dissertations and scientific articles selected through a search in the following databases will be carried out: Google Scholar, *Scielo*, *Lilacs* and thesis bank and dissertations from Brazilian universities (Azevedo, 2016). Therefore, this research highlights the crucial relevance of automation and computerized systems in industrial production, since these technologies transcend several areas of application, from the banking to the agricultural sector, significantly impacting the efficiency and competitiveness of companies.

Keywords: Automation. Computerized Systems. Industrial production. Industry. Automation mechanisms.



1. INTRODUÇÃO

As áreas operacionais e de gestão de uma organização podem se beneficiar muito com a automação da produção industrial. Isso porque vivemos o que se conhece como Indústria 4.0, que combina avanços tecnológicos com atividades manuais e analíticas. Além disso, o surgimento da Internet das Coisas (IoT), muitas vezes conhecida como “Internet das Coisas” ou “Internet das Coisas”, expande o potencial para máquinas e outros dispositivos que não são apenas eletrônicos ou informativos se conectarem à Internet.

A capacidade da automação de concluir tarefas manuais repetitivas com rapidez e precisão permite aumentar a produção. Além disso, a utilização de sistemas de gestão para supervisionar as máquinas incentiva a busca contínua por processos mais eficientes, melhorando ainda mais a produtividade.

A redução nos custos de produção ocorre como resultado do aumento da escala de produção e da diminuição de erros que podem levar a perdas e escassez de produtos. Há também uma aplicação mais eficaz de resumos históricos e analíticos que buscam melhorar os processos de fabricação. Vários sistemas também funcionam para minimizar o consumo de energia, desligando-se quando não estão em uso ou tentando usar a energia de forma ineficiente quando estão funcionando. Além disso, ajuda a reduzir custos.

Um aumento na produtividade e uma diminuição nos custos dão à empresa uma vantagem competitiva sobre seus rivais. Finalmente, como a automação busca preservá-lo mesmo quando o volume de produção cresce dramaticamente, você poderá cobrar custos maiores sem se preocupar com a degradação da qualidade de seus itens.

A presente pesquisa aborda sobre a automação e os sistemas informatizados da produção industrial. Onde estes podem ser classificados com base em suas diversas áreas de aplicação. Por exemplo: bancário, comercial, industrial, agrícola, comunicação e transporte. A automação industrial pode ser deficiente em planejamento, gerenciamento de projetos e automação de produção. Nesse contexto surge a presente problemática a ser analisada: Qual a importância da automação e dos sistemas informatizados para a produção industrial?

O objetivo geral buscou compreender a importância automação e dos sistemas informatizados para o processo produtivo das indústrias. Os objetivos específicos buscaram: estudar o conceito automação, definir a automação nas indústrias e apontar a aplicação dos tipos de sistemas informatizados e automação que podem ser aplicados nas indústrias.

O tipo de pesquisa a ser realizado neste trabalho, foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, *Scielo*, *Lilacs* e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Automação, Sistemas Informatizados, Produção Industrial, Indústria e Mecanismos de automação.

2. AUTOMAÇÃO E SISTEMAS INFORMATIZADOS DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

A Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra em 1840, é considerada um dos movi-

mentos responsáveis pelo desenvolvimento da automação moderna. Esta revolução caracterizou-se principalmente pela introdução de máquinas básicas que substituíram a força muscular pela energia mecânica (SILVEIRA, 2010). Automatizar é usar componentes do sistema que possam controlar o andamento do processo através de uma programação pré-definida, reduzindo o esforço ou uma interferência humana direta (Coelho, 2016).

Para a construção e melhoria de um sistema de automação industrial, é crucial que haja uma estruturação coerente, uma análise detalhada do sistema e uma integração eficiente desses componentes. Os requisitos técnicos para a viabilidade da integração dos equipamentos primários devem ser examinados durante as fases de especificação e desenvolvimento do projeto, levando em consideração elementos como compatibilidade, integração e sincronização direta (Santos *et al.*, 2016).

Atualmente, a aplicação em larga escala dessas tecnologias ainda não é amplamente observada, sendo mais comum a criação de uma ou mais tecnologias similares em uma planta industrial. As tecnologias de automação da Indústria 4.0 têm potencial para trazer benefícios significativos às indústrias. Segundo Barbosa *et al.* (2011), conseqüentemente, é crucial examinar minuciosamente os projetos que envolvem a implementação de tecnologias da Indústria 4.0 em termos das suas vantagens e desvantagens.

Morais *et al.* (2013) conseguiram obter inúmeros benefícios para o processo produtivo através da implementação da automação baseada nas inovações da Indústria 4.0, particularmente na área da robótica. De acordo com as tecnologias da indústria 4.0, uma das duas linhas de produção da planta industrial foi automatizada, o que resultou em um aumento de produtividade de 23% em comparação com a linha que empregava automação tradicional. Com base nisso, tornou-se evidente que essa aplicação tecnológica, como a robótica, foi aprimorada em melhorias no desempenho e, por conseguinte, em um aumento da eficiência para uma organização na análise.

De acordo com Colantuono (2015), foram necessários menos trabalhadores na linha de produção onde a robótica foi implementada pela primeira vez. Foi benéfico porque aumentou a eficiência através do uso de máquinas e diminuiu a incerteza associada à operação humana. Como o número total de vagas abertas na organização permaneceu os mesmos, esses funcionários foram transferidos para outros departamentos para mitigar o impacto social negativo das demissões.

Almeida (2014) descobriram que os trabalhadores que permaneceram na linha e começaram a operar as máquinas ao lado dos robôs observaram aumentos na produtividade por operador e na qualidade do produto. Os autores afirmam que as pessoas se beneficiaram ao trabalhar com robôs porque puderam concluir suas tarefas de forma mais confiável e eficiente. Deste ponto de vista, fica claro que a integração de humanos e robôs no local de trabalho tem sido benéfica para todos os envolvidos: trabalhadores, gestão e clientes. Isto se deve ao aumento da segurança do operador, o que por sua vez significa menos perigo no trabalho.

A base do projeto foi a robótica, mas Moraes *et al.* (2013) também implementaram outras tecnologias, como sensores RFID, para melhorar ainda mais a eficiência. Como resultado, a empresa conseguiu aumentar a produção e, ao mesmo tempo, cortar custos e desperdícios. A utilização de RFID ajudou a automatizar processos anteriormente manuais e a reduzir erros do operador. Assim, fica claro que as tecnologias da Indústria 4.0, quando aplicadas coletivamente, são capazes de trazer uma melhoria ainda mais pronunciada à infraestrutura fabril (Morais, 2013).

A taxa de retrabalho diminuiu 60% em comparação com a linha convencionalmente automatizada. Os autores afirmam que a introdução do RFID trouxe maior uniformidade



operacional, o que auxiliou diretamente na padronização dos produtos. O retrabalho, que nada mais é do que a repetição de uma tarefa, é um indicador de baixa qualidade do produto; a redução deste índice economiza claramente o tempo dos operadores, o que contribui para o aumento da produtividade por funcionário (Santos *et al.*, 2016).

No entanto, em comparação com o mercado de automação tradicional, os custos de implementação das tecnologias da Indústria 4.0 permanecem bastante elevados. O conceito de retrofitting, que é a atualização e adaptação de equipamentos industriais às novas tecnologias. Stock e Seliger (2016) desenvolveram uma solução para um equipamento utilizando uma metodologia ampla e aplicaram-na no contexto de retrofitting. Primeiro analisa-se a situação, depois estabelece-se uma estratégia de monitorização, depois processa-se os dados e, por fim, implanta-se o hardware como sistema ciberfísico (Colantouno, 2015).

Logo monitorar os estados operacionais do equipamento – desligado, ligado, ocupado e quebrado – era o melhor curso de ação. Um IHM foi implantado para visualização dos estados relevantes e então transformado em um sistema ciberfísico. Os autores afirmam que os benefícios poderiam ser obtidos a um preço acessível através da melhoria da gestão da produção. A capacidade do sistema de otimizar a automação tradicional da empresa através da aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 fica clara neste contexto (Coelho, 2016).

De acordo com Barbosa *et al.* (2015), uma das principais preocupações da habilitação da Indústria 4.0 são os sistemas de automação legados, cuja acessibilidade aos dados deve ser mantida da melhor forma possível para garantir que os procedimentos de coleta de dados não interfiram nas operações das instalações. Portanto, a infra-estrutura do sistema de comunicação precisa ser atualizada para uma arquitetura mais aberta. Como tal, grande parte do sistema original deve ser preservado num esforço que atualize o princípio da pirâmide de automação.

Foi criado um plano para incorporar tecnologias da Indústria 4.0 em uma instalação de fabricação existente. Nesta configuração, sensores e atuadores são vinculados a conectores Modbus separados e sinais binários atribuídos. Em uma estrutura de dados consistente com o sistema, você encontrará o mapeamento do sinal e os procedimentos fundamentais. Embora blocos funcionais em conformidade com o CLP sejam usados para fornecer os algoritmos de sequenciamento e controle, uma alternativa de baixo custo baseada em computadores Raspberry Pi com tempos de execução CLP foi criada para manter os custos baixos (Pissaia, 2017).

Este exemplo mostra como as tecnologias tradicionais podem ser combinadas com as inovações introduzidas pela Indústria 4.0. A partir disto, pode-se inferir que o elevado custo de implementação de tecnologias como a robótica e a Internet das Coisas representa uma barreira para muitas empresas, mas que a adaptação dos sistemas pode ajudá-las a acompanhar o ritmo da concorrência. Isto poderia tornar possível, tanto técnica como financeiramente, que máquinas pré-existentes fossem “atualizadas” para que pudessem funcionar como parte de sistemas ciberfísicos isso permitiria que uma parte do sistema produtivo fosse modificada sem impactar negativamente os sistemas legados, trazendo maior integração ao negócio (Barbosa *et al.*, 2011).

A Indústria 4.0 traz muitos benefícios, incluindo sistemas automatizados que podem melhorar a qualidade do produto e, ao mesmo tempo, tornar os processos de fabricação mais eficientes. A implantação de sistemas da Indústria 4.0 tem aumentado em todo o mundo nos últimos anos, com alguns países mais avançados no caminho da automação do que outros (Colantouno, 2015).

Diversas vantagens que a Indústria 4.0 trouxe para as empresas que a adotaram. Tempo de processamento de produtos reduzido, custos de fabricação mais baixos, coordenação aprimorada da cadeia de suprimentos, maior flexibilidade de processos, atendimento ao cliente aprimorado e personalização aprimorada de produtos são apenas alguns dos muitos benefícios. Segundo os autores, tais vantagens podem produzir resultados em uma ampla gama de gestão operacional, particularmente na gestão tecnológica, onde a ênfase está na automação de processos. Desta forma, a indústria 4.0 tem potencial para beneficiar enormemente a automação industrial porque muitas das tecnologias adotadas centram-se na melhora significativa da automação (Morais *et al.*, 2013).

A utilização de tecnologias na automação contribuiu para alterar radicalmente as competências essenciais de uma empresa, facilitando a implementação de certas estratégias de gestão operacional, como a produção ágil e a personalização em massa. Portanto, fica claro que a criação da Indústria 4.0 pode trazer benefícios não só para a automação das indústrias, mas também para a sua gestão, indicando a importância de tal inovação no setor manufatureiro (Coelho, 2016).

A automação industrial representa uma revolução nos processos de produção, permitindo uma canalização mais eficiente das atividades científicas para a criação de produtos com elevado conteúdo tecnológico e alto valor agregado. Embora o termo automação muitas vezes evoque imagens de robôs operando em fábricas, sua abrangência vai além, englobando sistemas inteligentes de supervisão de produção, controle de qualidade e diversos outros aspectos (Ferreira, 2017).

Um dos principais benefícios da automação é a melhoria das condições de trabalho dos funcionários. Em uma fábrica automatizada, a ergonomia é cuidadosamente considerada no projeto dos processos, visando evitar grandes esforços físicos por parte dos trabalhadores. Por exemplo, conforme destacado por Pereira e Simonetto (2018), em uma linha de montagem automatizada, o esforço físico dos funcionários é significativamente reduzido. Caso a linha não fosse automatizada, os trabalhadores teriam que carregar, por turno, cerca de 500 a 600 blocos de motor, cada um pesando 40 quilos.

Além de promover a saúde e segurança dos trabalhadores, a automação industrial traz vantagens significativas em termos de eficiência e produtividade. Ao substituir tarefas manuais repetitivas por processos automatizados, as empresas podem aumentar a velocidade de produção, reduzir erros e desperdícios, e melhorar a consistência e qualidade dos produtos finais (Pereira; Simonetto, 2018).

Outro ponto crucial é o potencial da automação para impulsionar a inovação e a criação de produtos com alto valor agregado. Ao liberar os recursos humanos de tarefas rotineiras e repetitivas, a automação permite que os profissionais se concentrem em atividades mais criativas e estratégicas, como o desenvolvimento de novas tecnologias, materiais e processos produtivos. Isso cria um ambiente propício para a pesquisa e desenvolvimento, levando à criação de produtos inovadores e competitivos no mercado global (Kardec; Nascif, 2013).

A automação industrial não apenas otimiza os processos de produção e melhora as condições de trabalho, mas também desempenha um papel fundamental na canalização das atividades científicas para a criação de produtos com elevado conteúdo tecnológico e alto valor agregado. Ao integrar sistemas inteligentes e tecnologias avançadas, as empresas podem impulsionar a inovação e a competitividade, garantindo um futuro próspero e sustentável para a indústria (Wang; Wang, 2017).

As indústrias modernas têm testemunhado um notável avanço na disseminação dos processos industriais baseados em qualidade, muitas vezes impulsionados para além das



fronteiras nacionais, servindo como suporte para marcas e designs de padrão internacional. Essas conquistas são atribuídas, em grande parte, ao uso eficiente da informação e do conhecimento, destacando a importância crucial desses elementos no contexto industrial contemporâneo (Ferreira, 2017).

A ênfase na qualidade dos processos industriais não apenas garante a excelência dos produtos finais, mas também estabelece um padrão de competitividade global. Empresas que adotam abordagens centradas na qualidade são capazes de atrair e manter clientes exigentes, estabelecendo-se como referências em seus setores de atuação. A busca incessante pela melhoria contínua, baseada em dados e análises precisas, é um pilar fundamental dessas práticas de qualidade (Morais *et al.*, 2013).

No entanto, o sucesso das indústrias modernas não é apenas resultado de processos eficientes; também está intrinsecamente ligado às competências comportamentais e atitudes dos trabalhadores. O novo modelo de organização do trabalho exige uma abordagem mais integrada e colaborativa, onde os profissionais são incentivados a assumir responsabilidades, trabalhar em equipe, demonstrar engajamento e exercer liderança em seus respectivos papéis (Almeida, 2014).

Essa mudança de paradigma reflete não apenas uma evolução nas práticas de gestão de recursos humanos, mas também uma resposta às demandas de um mercado cada vez mais dinâmico e exigente. Trabalhadores que demonstram habilidades interpessoais e capacidade de adaptação são ativos valiosos para as empresas, contribuindo não apenas para a eficiência operacional, mas também para a inovação e o crescimento sustentável (Pissaia, 2017).

A integração entre qualidade, conhecimento e competências comportamentais cria um ambiente propício para o desenvolvimento de uma cultura organizacional forte e resiliente. Empresas que investem no desenvolvimento profissional de seus colaboradores e promovem uma cultura de aprendizado contínuo estão bem posicionadas para enfrentar os desafios do mercado globalizado e alcançar o sucesso em longo prazo (Pereira; Simonetto, 2013).

O uso eficiente da informação e do conhecimento, aliado a práticas de gestão centradas na qualidade e no desenvolvimento humano, desempenha um papel fundamental no sucesso das indústrias modernas. Essa abordagem integrada não apenas impulsiona a competitividade e a inovação, mas também promove uma cultura de excelência e sustentabilidade dentro das organizações industriais (Ferreira, 2017).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Logo a presente pesquisa destaca a relevância crucial da automação e dos sistemas informatizados na produção industrial, uma vez que essas tecnologias transcendem várias áreas de aplicação, desde o setor bancário até o agrícola, impactando significativamente a eficiência e a competitividade das empresas.

No entanto, é fundamental reconhecer que a eficácia dessas soluções está intrinsecamente ligada à qualidade do planejamento, gerenciamento de projetos e automação de produção implementada.

Conclui-se que a necessidade de compreender e aprimorar continuamente esses processos, visando maximizar os benefícios da automação enquanto se mitigam os desafios associados. Portanto, a importância da automação e dos sistemas informatizados para a produção industrial reside não apenas na automação dos processos, mas também na

capacidade de planejar, gerenciar e aperfeiçoar essas soluções para impulsionar o crescimento e a inovação no cenário industrial contemporâneo.

Referências

- ALMEIDA, H. **Análise de regressão linear múltipla com estudo relacionado a horas de máquinas paradas na linha de produção de uma indústria de calçados.** p.13 p. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5167/1/PDF%20-%20Humberto%20Moreira%20de%20Almeida.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- AZEVEDO, D. Revisão de Literatura, Referencial Teórico, Fundamentação Teórica e Framework Conceitual em Pesquisa – diferenças e propósitos. **Workingpaper**, 2016. Disponível em: <https://unisinus.academia.edu/Deborazevedo/Papers>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- BARBOSA, N. L.; CASTRO, S. I. M.; ELIAS, S. J. B.; TUBINO, D. F. Análise dos processos de manutenção preventiva de elevadores: uma abordagem Lean. **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção** - Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/bsico-em-manuteno-de-elevador-apostila02.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- COELHO, P. M. N. Rumo à indústria 4.0. 2016. **Tese de Doutorado.** Universidade de Coimbra. 2016. Disponível em: <https://repositorio.unip.br/dissertacoes-teses-programa-de-pos-graduacao-stricto-sensu-em-engenharia-de-producao/integracao-entre-os-sistemas-balanced-scorecard-e-enterprise-resource-planning-na-industria-atual-e-na-industria-4-0/>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- COUTTO, Celso Afonso de. **Integração entre os Sistemas Balanced Scorecard e Enterprise Resource Planning na Indústria 4.0.** 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, Universidade Paulista, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unip.br/dissertacoes-teses-programa-de-pos-graduacao-stricto-sensu-em-engenharia-de-producao/integracao-entre-os-sistemas-balanced-scorecard-e-enterprise-resource-planning-na-industria-atual-e-na-industria-4-0/>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- COLANTUONO, A. C. S. Desenvolvimento industrial brasileiro: história e perspectiva. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 36, n. 2, p. 95-110, 2015. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminasoc/article/view/24385>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- FERREIRA, Pedro Guilherme. A oportunidade da Indústria 4.0 para o Brasil. **Blog do IBRE – Fundação Getúlio Vargas**, 2017. Disponível em: <http://blogdoibre.fgv.br/posts/oportunidadeda-industria-40-para-o-brasil>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- KARDEC, A., NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica.** 4. Ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2013.
- MORAIS, J. M. O. et al. Análise da viabilidade econômica de atomação em um processo de envase através do método do valor presente líquido e taxa interna de retorno. **Enegep**, 2013. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_stp_179_023_22729.pdf. Acesso em: 18 mar 2024.
- PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. INDÚSTRIA 4.0: conceitos e perspectivas para o brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 1-9, jan. 2018. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- PISSAIA, Lilian Fátima. **Viabilidade econômica do processo produtivo de cortinas na empresa EDEGE.** Chapecó, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção da UCEFF. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/649>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- SANTOS, B. P.; CELES, L. A.; BORGES, J. B., NETO, B. S. P., VIEIRA, M. A. M., ... & LOUREIRO, A.. Internet das coisas: da teoria à prática. In: **Simpósio Brasileiro De Redes De Computadores E Sistemas Distribuídos**, Salvador. 2016. Disponível em: <https://bps90.github.io/papers/Internet-das-coisas-da-teroria-a-pratica/>. Acesso em: 18 mai. 2024.
- WANG, K.; WANG, Y. **Como a IA afeta a manutenção preditiva futura: uma cartilha de aprendizado profundo.** In: Workshop Internacional de Manufatura Avançada e Automação. Springer, Cingapura, 2017. Disponível em: <https://fiemglab.com.br/futuro-da-inteligencia-artificial-na-industria/>. Acesso em: 18 mar. 2024.



29

OS PROCESSOS DE AUTOMAÇÃO NAS EMPRESAS E SUAS
CONTRIBUIÇÕES PARA A COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL
AUTOMATION PROCESSES IN COMPANIES AND THEIR
CONTRIBUTIONS TO INDUSTRIAL COMPETITIVENESS

Paulo Romário Costa Prazeres
Lilian Barros Santiago

Resumo

A automação industrial tem se destacado como uma ferramenta que tem ganhado espaço nas empresas, utilizadas para aumentar a eficiência, qualidade e produtividade nos processos industriais. Este trabalho teve como objetivo geral compreender acerca das contribuições dos processos de automação industrial nas empresas para a promoção de competitividade. A metodologia adotada tratou-se de uma revisão de Literatura nas seguintes bases de dados: “*Eletronic Library Online*” (SciELO), e Google Acadêmico. Os resultados demonstraram que as indústrias que utilizam processos de automação industrial apresentam melhorias significativas na eficiência operacional, reduzindo custos e favorecendo a competitividade industrial. Conclui-se que a automação industrial é uma estratégia viável e eficaz para empresas que buscam otimizar seus processos produtivos e se manterem competitivas no mercado, contudo, há necessidade de planejamento cuidadoso e contínuo acompanhamento para maximizar os benefícios da automação.

Palavras-chave: Processos, Automação Industrial, Competitividade.

Abstract

Industrial automation has stood out as a tool that has gained space in companies, used to increase efficiency, quality and productivity in industrial processes. The general objective of this work was to understand the contributions of industrial automation processes in companies to promoting competitiveness. The methodology adopted was a literature review in the following databases: “*Electronic Library Online*” (SciELO), and Scholar Google. The results demonstrated that industries that use industrial automation processes present significant improvements in operational efficiency, reducing costs and favoring industrial competitiveness. It is concluded that industrial automation is a viable and effective strategy for companies seeking to optimize their production processes and remain competitive in the market, however, there is a need for careful planning and continuous monitoring to maximize the benefits of automation.

Keywords: Processes, Industrial Automation, Competitiveness.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade no decorrer do tempo passou por intensas e importantes transformações que impactaram de maneira importante no cenário industrial, sendo cada vez necessárias à aplicação de tecnologias nesse âmbito. Nesse sentido, é importante pontuar que a automação se deu mediante ao desenvolvimento e necessidade de agilizar processos e serviços nesse meio, se mostrando bem aceitas.

Nesse percurso evolutivo, a automação tem se apresentado como uma tendência que tem contribuído para o crescimento de setores da sociedade e para o dinamismo de trabalhos em diferentes frentes, viabilizando produtos e serviços mais dinâmicos, eficientes e qualificados destacando mecanismos que propiciam o crescimento do setor industrial.

A indústria é resultante das inúmeras alterações, evoluções e descobertas sofridas no decorrer da história e essenciais para os processos atuais e futuros de crescimento econômico. Diante desse panorama, a automação no meio industrial tem se apresentado como uma importante ferramenta de produtividade e crescimento devido aos pilares tecnológicos nela envolvidos, a indústria brasileira tem buscado se manter produtiva frente às inúmeras dificuldades econômicas que se desdobram na sociedade.

Diante do exposto esta produção justifica-se, considerando que é essencial debater acerca da abordagem do processo de automação em empresas e suas contribuições para a competitividade industrial, visto que diante do panorama de desenvolvimento da sociedade a automação tem significado avanço e dinamismo nos processos, o uso da tecnologia vem possibilitando aprimorar técnicas de produção impactando diretamente na qualidade e resultados mais rápidos para as empresas.

A metodologia utilizada nesse artigo foi por meio de revisão de Literatura com abordagem qualitativa e descritiva, referente ao processo de automação nas empresas e suas contribuições para a oferta de competitividade no cenário industrial. Para o levantamento bibliográfico houve a preocupação em escolher bases de dados conhecidas, sendo essas: “*Eletronic Library Online*” (SciELO) e Google Acadêmico.

Para tanto, foram inclusos materiais publicados nos últimos dez anos que em seu corpo constavam informações pertinentes ao tema e ao problema aqui suscitados, bem como, trabalhos originais, apresentados na íntegra, publicados em língua portuguesa. Como critérios de exclusão, não foram aceitos materiais fora do recorte temporal anteriormente definido, que fugiam do tema e problema suscitados, aqueles que não se apresentassem nos periódicos definidos e que não correspondiam a materiais originais ou dispostos parcialmente, publicados em língua estrangeira. Essa busca foi realizada utilizando os seguintes descritores: “Processos”, “Automação Industrial”, “Competitividade”.

Para desdobramento desta pesquisa foi traçado como objetivo geral: compreender acerca das contribuições do processo de automação industrial nas empresas para a promoção de competitividade. Como objetivo específico ficou delineado o seguinte: Descrever a importância da automação para a competitividade industrial.

2. PROCESSO DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NAS EMPRESAS PARA A PROMOÇÃO DE COMPETITIVIDADE

É possível destacar acerca do início da automação que possivelmente data do final

do século XVIII e início do século XIX, naquele percurso da Revolução Industrial. Porém, somente pelo século XX que a automação industrial passou a ganhar certo destaque em âmbitos da sociedade por meio dos interessantes avanços tecnológicos e às mudanças por ela proporcionada, principalmente no que tange aos processos de produção (Américo; Azevedo; Souza, 2015).

Davis (2019) corrobora com o autor acima ao afirmar que os processos automatizados repercutem na sociedade com a Revolução Industrial, ainda destaca que estes inicialmente possuíam em suas primeiras formas de automação industrial dispositivos mecânicos simples, mas que já eram sinônimo de avanço para o período em questão, o surgimento e desenvolvimento das máquinas a vapor e as máquinas têxteis repercutiram fortemente na sociedade da época. Essas máquinas substituíram grande parte do trabalho manual em muitas etapas do processo de produção, reverberando em um aumentando significativo na eficiência e na capacidade produtiva das fábricas.

Coelho (2015) contribui afirmando que os protótipos, máquinas, a robótica industrial, correspondem a um marco extremamente importante no caminho histórico da automação. Ao pontuar sobre os robôs industriais enfatiza que no decorrer do tempo e compreensão do seu uso e habilidades possíveis estes passaram a ser utilizados em aplicações, que iam desde linhas de montagem automotiva até operações de soldagem e manipulação de materiais.

Houve avanços ainda mais importantes no início do século XX, no que tange ao desenvolvimento de sistemas de controle automático, sendo possível destacar o desenvolvimento de controladores elétricos e pneumáticos, estes poderiam regular o funcionamento de máquinas e processos industriais de forma automatizada. Nesse sentido é possível afirmar que a automação é responsável por um importante salto da sociedade, esses mecanismos auxiliaram para o desenvolvimento dos primeiros computadores e sistemas digitais na metade do século XX (Dávila, 2018).

Nos tempos mais recentes, a automação tem sido essencial para a sociedade muitas atividades são movimentadas e impulsionadas a partir de seu uso, os avanços em tecnologias emergentes, como por exemplo, a Inteligência Artificial, Aprendizado de Máquinas que vêm possibilitando a criação de sistemas complexos e adaptáveis, que podem direcionar condições de produções, tomadas de decisões automaticamente e em tempo real de modo a se ajustar as necessidades e objetivos (Gomes, 2019).

Monaco (2013) destacou em seu estudo sobre a importância do processo de automação nas indústrias, visto que há uma grande incorporação de máquinas voltadas para a substituição e/ou otimização de tempo do trabalho humano nesse setor. Em suma, o surgimento e a evolução da automação ao longo dos séculos foram impulsionados por uma combinação de avanços tecnológicos, mudanças nos processos de produção e demandas crescentes por eficiência e produtividade nas indústrias. Essa trajetória de desenvolvimento continua até os dias atuais, com a automação desempenhando um papel central na economia global.

Em um contexto industrial, a automação é frequentemente utilizada para otimizar processos de produção, aumentar a eficiência, melhorar a qualidade do produto e reduzir custos. Isso é alcançado através do uso de sistemas automatizados, como robôs industriais, máquinas controladas por computador, sensores e atuadores, que executam tarefas de forma programada e coordenada (Monteiro, 2015).

A automação se caracteriza como qualquer processo capaz de realizar tarefas com autonomia, ou mesmo auxiliando o homem na otimização de tarefas. Para melhor compreender sobre a automação no meio industrial, é fundamental traçar um panorama acer-



ca do setor industrial, tendo em vista que é nesse meio que a automação se inseriu e possui inegável relevância, além disso, está em constante evolução favorecendo vantagens no meio em que é aplicada (Coelho, 2015).

Nesse contexto, é possível perceber que muitas empresas adotam a automação de forma gradual, a fim de sentir como a mesma pode ser aproveitada tendo em vista que é um investimento alto a ser feito. Então, normalmente começam com processos simples e gradativamente expandem para áreas mais complexas a partir do ganho de confiança, experiência e retorno financeiro, pois mesmo que haja um investimento significativa quando bem utilizada, a automação a longo prazo, pode levar a uma redução de custos pertinentes no âmbito das operações (Américo; Azevedo; Souza, 2015).

Rosário (2012) destaca em seu estudo que a indústria é um dos pilares econômicos do país, é inegavelmente responsável por grande parte do Produto Interno Bruto da nação. Assim, por estar inserida no contexto do desenvolvimento econômico e social dos países é importante que haja interesse desse setor em buscar ampliar suas frentes de produção visando garantir a competitividade.

Silva (2018) ressalta que o setor industrial é de suma importância socioeconômica, logo, pensar na questão da produtividade, bem como na otimização de tempo e serviços é essencial. Nesse contexto, a automação dos processos industriais pode ser visualizada como um mecanismo pertinente capaz de proporcionar maior dinamismo para os processos, além de contribuir para a diminuição de riscos laborais.

Contudo, Silveira (2014) afirma em seu estudo que o processo de automação pode encontrar resistência por parte dos trabalhadores, uma vez que estes costumam ter medo de perder seus empregos a partir da substituição por máquinas. Essas preocupações são justificadas tendo em vista que, há uma crescente em automatizar áreas de trabalho, porém, novas condições e postos de trabalho podem surgir à medida que as empresas implementam tecnologias de automação.

Martins (2012) afirma que modernizar processos é inevitável diante da organização social que tem sido verificada, bem como frente as necessidades sociais. Frente a isso, as empresas precisam pensar nesse contexto e utilizar dos benefícios gerados com a automação em termos de inovação, desenvolvimento de produtos e serviços que aguçam a vantagem competitiva sobre os concorrentes que ainda não investem em processos de automação.

Assim, a sociedade, a indústria têm uma visão da automação como uma ferramenta viabilizadora de inovação e competição, essa ferramenta permite que as empresas busquem por desenvolver e implementar novas tecnologias e processos de produção, bem como auxilia na criação de novos negócios no mercado. Além disso, indústrias que possuem tarefas perigosas podem agregar ao seu pessoal maior segurança ao automatizar etapas, reduzindo o risco de acidentes além disso, não somente protege os trabalhadores, mas também pode resultar em menores custos com seguro e compensação trabalhista para as empresas (Santos, 2014).

3. IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO PARA A COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL

A automação tem papel fundamental na competitividade industrial, oferecendo uma série de benefícios que podem impulsionar a eficiência, a qualidade e a flexibilidade das operações industriais. A automação é importante na promoção da competitividade industrial uma vez que, quando bem aplicada pode aumentar a produtividade, redução do tempo, resultando em uma produção aumentada com menos recursos, melhoria no quesito

qualidade, redução de retrabalho, inovação e personalização, entre outros aspectos (Moraes; Castrucci, 2014)

Além disso, a automação está intrinsecamente ligada à qualidade do produto. sistemas automatizados garantem uma produção consistente e livre de erros, minimizando a ocorrência de defeitos e retrabalhos. Dessa forma, as empresas podem oferecer produtos de alta qualidade, o que é essencial para manter a competitividade em um mercado onde os clientes são exigentes (Rosário, 2012).

A flexibilidade é outro aspecto crucial da relação entre automação e competitividade industrial. Sistemas automatizados podem ser facilmente reconfigurados e adaptados para atender a diferentes requisitos de produção, permitindo que as empresas respondam rapidamente a mudanças nas demandas do mercado ou nas condições operacionais, viabilizando assim, vantagem competitiva importante, pois as empresas podem se ajustar mais rapidamente às necessidades do mercado em comparação com concorrentes que dependem de processos manuais mais rígidos e inflexíveis (Monteiro, 2015).

Sendo assim, é possível inferir que empresas que adotam tecnologias de automação podem aumentar sua competitividade de modo significativo, estas são capazes de produzir com mais rapidez, ofertar maior qualidade e custos mais baixos em relação aos concorrentes não automatizados. A automação desempenha um papel vital na busca pela competitividade industrial, se apresentando como um catalisador essencial para o progresso e sucesso das empresas nos mercados globais contemporâneos (Américo; Azevedo; Souza, 2015).

Silva (2018) contribui afirmando que é notório o aumento significativo das indústrias e da busca por adaptações as tecnológicas mais modernas, estas têm interesse em manter a atualização de seus patrimônios e competitividade de mercado, bem como a oferta de produtos com qualidade mediante a aplicação de tecnologias associadas às diferentes sequências de operações industriais.

Em suma, a automação industrial tem direcionado as empresas ao aprimoramento de seus processos, permitindo que sejam incorporadas vantagens as organizações a partir de uma produção mais eficiente, com maior força de trabalho e em uma posição mais competitiva no mercado global. É essencial diante da sociedade e dos negócios atuais que sejam incorporadas nas empresas a automação como estratégia empresarial, a fim de garantir sua relevância e sustentabilidade no longo prazo (Colantuono, 2015).

É perceptível que a automação industrial tem se apresentado como ferramenta benéfica para as empresas e seus clientes, favorecem rapidez, permitem estabelecer competições com outras empresas resultando em maiores lucros e clientes satisfeitos com produtos de maior qualidade. Ademais, conseguem operar com maior segurança, maior produtividade, a aplicação da automação na indústria indica o quanto esse tipo de inovação se faz importante para esse setor (Lobo, 2018).

Com base no exposto, é evidente que a aplicação de novas tecnologias de automação nos setores industriais favorece ganhos, mas estes correspondem a investimentos significativos para o suporte de tais tecnologias industriais, porém ainda caras. Contudo, não são barreiras persistentes, visto que os empresários entendem que se trata de um investimento que irá trazer retornos significativos, considerando que a indústria brasileira tem buscado por meios de manter-se produtiva, segura e sustentável (Pochmann, 2016).

Nesse sentido, é notório que há um maior interesse dos empresários em buscar agregar valor aos seus negócios a partir das tendências de automação, utilizar dessa ferramenta permite que tais mantenham seus interesses ativos e alinhados às necessidades dos clientes e adaptação às mudanças na demanda do mercado, introduzir novos produtos



com rapidez e eficiência para manter uma posição competitiva no setor (Gomes, 2019).

Aranha (2015) afirma que, a automação desempenha um papel crucial na melhoria da “eficiência, qualidade, flexibilidade e inovação nas operações industriais, capacitando as empresas a permanecerem competitivas em um mercado global em constante mudança”. Assim, aquelas que adotam as tecnologias de automação se apresentam mais possibilidades para prosperar frente à concorrência industrial.

No entanto, é importante reconhecer que a automação levanta questões éticas e sociais, no que tange a seu impacto na empregabilidade e se faz necessário um olhar cuidadoso para uma implementação responsável, com enfoque na requalificação da força de trabalho, para o desenvolvimento de novas habilidades e competências para a operação e manutenção de sistemas automatizados (Groover, 2015).

Assim, conforme as tecnologias se desenvolvem e se integram a realidade da sociedade é possível perceber que há uma nova forma de trabalho sendo configurada, a automação industrial agrega inteligência e inovação no meio industrial viabilizando competição entre as empresas que adotam essas tecnologias de forma a impulsionar o crescimento econômico. Portanto, é crucial que as empresas acompanhem essas tendências e aproveitem as oportunidades oferecidas pela automação industrial (Coelho, 2015).

Sendo assim, é evidente que o futuro da indústria depende das tecnologias de maneira conectada e direcionada para bons resultados, pois é real a necessidade das indústrias se apresentarem em panorama de equidade com as demais e para isso no mundo é preciso se manter atualizada, a dinâmica de processos precisa ser interessante para a fluidez da produção e controle das variáveis envolvidas no negócio (Monteiro, 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante a análise do material foi possível constatar que os objetivos propostos inicialmente conseguiram ser alcançados. Ademais, as informações e dados dispostos nesta produção viabilizou novos contornos e entendimentos, que contribuíram para o entendimento acerca das contribuições do processo de automação industrial nas empresas para a promoção de competitividade.

Ao longo da pesquisa e análise dos dados, foi possível verificar de maneira clara e consistente o papel essencial que a automação desempenha nesse contexto. Sendo assim, este artigo se ocupou em sistematizar informações sobre o tema de modo que fosse viável o debate com embasamento sobre a questão suscitada de modo que proporcionou a melhor compreensão sobre a temática e criticidade sobre os conceitos visando o alcance dos objetivos traçados.

Frente a isso, com os resultados obtidos e devidamente discutidos foi possível alcançar ponderações importantes sobre o processo de automação em empresas e suas contribuições para a competitividade industrial, permitindo perceber que a automação industrial não apenas moderniza os processos produtivos, mas também proporciona uma série de benefícios que contribuem diretamente para a competitividade das empresas.

Entre esses benefícios da aplicação dos processos de automação no setor industrial, foi possível observar que há possibilidade de melhoria da eficiência operacional, o aumento da produtividade, redução de custos, a padronização de processos, fomento de melhora na qualidade dos produtos e na capacidade de resposta rápida às demandas do mercado.

Além disso, a automação quando aplicada no setor industrial possibilita a integração

de sistemas, a execução de tarefas em tempo real, agiliza a tomada de decisões de maneira mais rápida, auxilia na adaptação frente ao dinâmico mundo das mudanças e inovações tecnológicas. Diante disso, ficou evidente que ferramentas como a automação industrial são fundamentais para garantir que as indústrias se mantenham competitivas em um cenário de mudanças e globalização.

Diante dos aspectos verificados nos estudos que embasaram esse artigo, é possível concluir que a automação industrial é uma ferramenta necessária para as indústrias, visto que quando apoiadas na automação as empresas se colocam diretamente no mercado competitivo, garantindo sua permanência frente ao mundo dinâmico e permitindo se destacar no mercado. Logo, o investimento em automação é válido e corresponde em eficiência, qualidade e capacidade de inovação, fatores essenciais para a conquista e manutenção da competitividade industrial.

Portanto, espera-se que este artigo seja um viabilizador de informações e contribui para o avanço do conhecimento na área da automação industrial e oferece subsídios para a elaboração de estratégias mais eficazes no contexto empresarial, além disso, espera-se que sirva de aparato teórico para novos caminhos acadêmicos futuros, tendo em vista que o tema aqui abordado tem caráter contemporâneo e vale ser alvo de trabalhos futuros.

Referências

- AMÉRICO, I.; AZEVEDO, M. J. G.; SOUZA, A. de. **Trabalho automação na metalurgia manual X automatização**. Rio de Janeiro, 2012.
- ARANHA, C L. **Uma abordagem sobre a inteligência computacional**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-PUC- RIO, 2015.
- COELHO, H. **Sonho e razão – ao lado do artificial**: reflexões pessoais sobre agentes inteligentes. Lisboa: Círculo de Leitores, 2015.
- COLANTUONO, A. C. S. Desenvolvimento industrial brasileiro: história e perspectiva. **Revista Ciências Sociais e Humanas**, v. 36, n. 2, p. 95-110, 2015.
- DAVIS, C. **5 bons exemplos de adoção da Inteligência Artificial**. São Paulo, 2019.
- DÁVILA, T. **As regras da inovação, como gerenciar, como medir e como lucrar**. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- GOMES, D. **Inteligência Artificial**: Conceitos e aplicações, São Paulo: Pearson Prentice, 2019.
- GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Pearson Prentice, 2015.
- LOBO, L. C. Inteligência artificial, o Futuro das máquinas. **Revista brasileira de Educação**, v. 42, n. 3, p. 34, 2018.
- MARTINS, M. G. **Princípios de Automação Industrial**. São Paulo, 2012.
- MONACO, R. **Investimentos em automação potencializam competitividade da indústria**. São Paulo: Pearson Prentice, 2013.
- MONTEIRO, S. A. Gestão da Informação e Qualidade: investimentos teóricos para a Ciência da Informação. **Ciência da Informação em Revista**, v. 2, n. 2, p. 3-16, 2015.
- MORAIS, C. C.; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de controle industrial**. 2º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- POCHMANN, M. **Brasil sem industrialização**: a herança renunciada. Ponta Grossa: UEPG, 2016.
- ROSÁRIO, J. M. **Automação industrial**. Editora Baraúna, 2012.
- SANTOS, G. **A pirâmide da Automação Industrial**. 2014. Disponível em: < <http://www.automacaoindustrial.info/a-piramide-da-automacao-industrial/> > Acesso em: 10 out. 2023.
- SILVA, E. B. **Automação e Sociedade**: Quarta Revolução Industrial, um olhar para o Brasil. São Paulo: Brasport, 2018.
- SILVEIRA, P.R. **Automação e controle discreto**. 4 ed. Érica. São Paulo, 2014.





30

SMART HOMES: A AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E UM
APANHADO SOBRE AS TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA
CONECTIVIDADE DAS CASAS INTELIGENTES E SEUS IMPACTOS
NO BEM-ESTAR DA SOCIEDADE

SMART HOMES: HOME AUTOMATION AND AN OVERVIEW OF
THE TECHNOLOGIES USED IN THE CONNECTIVITY OF SMART
HOMES AND THEIR IMPACTS ON THE WELL-BEING OF SOCIETY

Pedro de Oliveira Dutra Neto
Victor Augusto Fernandes Arouche
Marcus Righetti

Resumo

Este trabalho abordou sobre tecnologias utilizadas em casas inteligentes, conhecidas como Smart Homes, no inglês. A automação residencial é aquela que integra várias funções em uma habitação ou edifício, como controle de temperatura, iluminação, segurança, comunicação, entre outras. Como objetivo geral o trabalho identificou as tecnologias mais utilizadas nas casas inteligentes e seus impactos no bem-estar da sociedade. A metodologia adotada foi a revisão bibliográfica de trabalhos recentes publicados nos últimos anos. Foram demonstradas as tecnologias existentes e seus impactos no bem-estar da sociedade, bem como foram abordadas as quatro categorias essenciais da automação residencial. Foi possível concluir que apesar dos benefícios de economia de dinheiro, sustentabilidade, economia verde, saúde, conforto e segurança, essas tecnologias nem sempre são baratas, trazendo uma barreira para a adesão em massa na sociedade em geral.

Palavras-chave: Smart home, Automação residencial, Tecnologia, Casas inteligentes. Domótica.

Abstract

This work addressed technologies used in smart homes. Home automation is one that integrates several functions in a home or building, such as temperature control, lighting, security, communication, among others. As a general objective, the work identified the most used technologies in smart homes and their impacts on the well-being of society. The methodology adopted was a bibliographic review of recent works published in recent years. Existing technologies and their impacts on society's well-being were demonstrated, as well as the four essential categories of home automation were addressed. It was possible to conclude that despite the benefits of saving money, sustainability, green economy, health, comfort and safety, these technologies are not always cheap, creating a barrier to mass adoption in society in general.

Keywords: Smart home, Home automation, Technology, Smart.



1. INTRODUÇÃO

A tecnologia avançou de tal forma nos últimos anos que o homem passou a criar e desenvolver ferramentas inovadoras com a tão sonhada melhoria da qualidade de vida, podendo inclusive criar a ideia um ambiente residencial inteligente. Neste caso, este ambiente residencial inteligente se demonstra através do conforto que a tecnologia pode trazer para os seres humanos. E mais, junto com este desejo e anseio de tornar a qualidade de vida elevada, tem-se a preocupação com a economia de energia e sustentabilidade. Assim surge o conceito de domótica (Ryasbek, 2022).

A palavra domótica vem da fusão de “domus”, que significa “casa” em latim, com robótica, ligada ao ato de realizar ações automatizadas. Basicamente, consiste em um sistema inteligente para casas (Batrinu, 2018).

De acordo com a Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial – Aure-side (2023), a domótica é definida como “o uso de tecnologias avançadas de automação e controle em residências e edifícios, com o objetivo de melhorar o conforto, segurança, eficiência energética e qualidade de vida dos usuários”.

As tecnologias diversas que compõem essas casas inteligentes, conhecidas como “Smart Homes”, do termo em inglês, vão desde uma geladeira programada para avisar quando alguns itens de consumo rotineiro estão acabando, sensores de temperatura que acompanham o cotidiano dos moradores para economizar energia quando não tem ninguém em casa e cafeteiras que deixam o café pronto na hora certa a fechaduras, câmeras e até aspirador controlados a distância (Vianna, 2018).

É importante também destacar a sustentabilidade como ponto-chave das novas tecnologias da casa inteligente e que são inovações como automação para economia de luz, cortinas que abaixam para manter a temperatura amena e reduzir gastos com ar-condicionado e sistemas modernos de energia solar e irrigação, por exemplo Batrinu (2018).

A automação residencial vem sendo amplamente utilizada no setor comercial de países desenvolvidos, e pode ser definida como “O conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação (Svanberg, 2016).

Levantaram-se assim os questionamentos do problema de pesquisa proposto: a sociedade irá adotar essas tecnologias? E como irá reagir diante do aprimoramento deste mercado? Quais os impactos dessas tecnologias para a sociedade?

A justificativa para este presente artigo se deu exatamente por conta deste avanço tecnológico nesta área da automação residencial e o crescente número de tecnologias crescentes que contribuem para a operacionalização das Smart Homes.

O objetivo geral deste artigo foi identificar as tecnologias mais utilizadas nas casas inteligentes e seus impactos no bem-estar da sociedade. Enquanto o objetivo específico foi apresentar os benefícios dessas tecnologias e destacar suas principais categorias.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia adotada para a elaboração deste artigo foi uma revisão bibliográfica, a respeito do tema “Smart Homes”, na qual foi realizada uma consulta a livros, artigos científicos e bibliografias. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos mais recentes publicados nos últimos anos como fonte de enriquecimento, atualidades e as palavras-chave utilizadas foram: Smart Homes, casas inteligentes, Automação Residencial, Tecnologia, Domótica.

Foram adotadas para a construção do estudo quanto aos fins, pesquisas explicativas, à medida que se identifica as principais características das Smart Homes e suas tecnologias. E quanto aos meios, optou-se pela pesquisa bibliográfica, em que serão utilizados livros, revistas, jornais, e artigos eletrônicos.

Foram utilizadas pesquisas bibliográficas relacionadas à Smart Homes, à Automação Residencial e Tecnologias da Domótica, visando acrescentar conhecimento à sociedade em geral.

2.2 Resultado e discussão

Para Batrinu (2018), o conceito de automação residencial faz parte de uma realidade já conhecida em nossa civilização levando em consideração aspectos tecnológicos como controle de iluminação ou pequenos dispositivos.

Mas, ao longo dos últimos anos, este avanço da tecnologia possibilitou que aquilo que antes era imaginado somente em filmes de ficção científica pudesse se tornar real no dia a dia das pessoas (Ryasbek, 2022). Ainda de acordo com Batrinu (2018), essa é uma categoria de tecnologias que definitivamente ascenderam e tiveram o seu lugar definitivo no cotidiano das pessoas.

De acordo com Júnior e Farinelli (2018), a domótica ou mais conhecida como automação residencial, faz parte da engenharia que coloca como seu ponto máximo o uso das tecnologias de sensoriamento, controle e comunicação para um ambiente doméstico, com o objetivo de proporcionar conforto e praticidade aos usuários deste ambiente residencial.

Esse tema tem sido alvo de estudos desde a década de 70, e seu interesse começou a crescer na década passada, junto com a popularização dos computadores pessoais (THE ONE BRIEF, 2015).

Não é mistério que esses projetos de automação e o uso de controladores residenciais se tornem extremamente comuns daqui a alguns anos (Svanberg, 2016).

O que se pode esperar é que esses sistemas desenvolvam uma grande autonomia para auxiliar os moradores, tornando-se verdadeiras casas inteligentes, ou Smart Homes, como é o termo em inglês (Oliveira, 2005).

Nos últimos anos, a busca por uma casa automatizada tem crescido de forma exponencial, como uma tendência global. Esse aumento pode ser atribuído a diversos fatores, como por exemplo a redução dos custos das tecnologias de automação, o aumento da conectividade e a maior conscientização sobre os benefícios que esses sistemas proporcionam (Eduka, 2024).

De acordo com Leuschner (2018) os principais componentes encontrados em uma Casa Inteligente são: Eletrodomésticos Inteligentes, tomadas inteligentes, geração e ar-



mazenamento de energia, todos conectados a um controlador central (hub), o qual permite a interação do usuário com a casa e o gerenciamento dos dispositivos.

Para Leuschner (2018), o conceito de “Smart Home” vai muito além de conexões de dispositivos e da solução de automação de casas, ou seja, uma residência de fato inteligente tem que ser capaz de agir de forma intuitiva e automática, aprendendo com o estilo de vida dos seus donos ou residentes e cumprindo o conforto, conscientização e economia de energia.

Para boa parte da população brasileira, dispositivos relacionados a Smart Homes são uma realidade um pouco distante, por conta de seu custo, apesar de que é possível ainda assim identificar seus avanços tecnológicos com o intuito de melhorar o conforto dos usuários, como também citam Junior e Farinelli (2018).

Os autores Junior e Farinelli (2018) tendem a separar os projetos em domótica em quatro áreas essenciais, conforme cada objetivo da automação residencial:

- a) Automatização;
- b) Segurança;
- c) Conforto e;
- d) Entretenimento.

Se faz necessário, entretanto mencionar que, mesmo com essa categorização, as aplicações não são discretamente classificadas entre as categorias, podendo cada uma delas estarem em duas ou mais áreas dessas quatro (Junior; Farinelli, 2018).

A automatização está relacionada com a instalação de controladores e motores a itens residenciais móveis tais como toldos, cortinas, portões, entre outros. Além disso também pode estar relacionado com o controle de itens eletroeletrônicos como eletrodomésticos e luzes, tudo isso também podendo ser operacionalizado de forma remota (Junior; Farinelli, 2018).

Para estes autores, a segunda categoria criada pelos autores são funcionalidades que se enquadram com o controle de fluxo e acesso através de fechaduras e travas, monitoramento e controle de câmeras em uma rede de segurança e gerenciamento de sistemas de alarme. Além do controle de acesso, essas implementações possibilitam a identificação de riscos e servem como indicadores de perigo.

A terceira categoria descrita pelos autores é o conforto, sendo a aquela que engloba as personalizações eletrônicas da Smart House como o controle inteligente da iluminação que propicia a criação de ambientes personalizados ou mesmo a alteração de um mesmo ambiente dependendo de como ele será imediatamente utilizado. Nesse aspecto, também podem ser configuradas rotinas personalizadas, onde por exemplo é possível configurar um sistema de ar-condicionado residencial para que ele seja acionado quando o celular do usuário estiver próximo da casa, para que ao chegar em sua residência após o trabalho o usuário desfrute de uma temperatura agradável.

Por fim, a última categoria, a de entretenimento, que não foi explicitamente definida pelos autores, trata de sistemas audiovisuais inteligentes que permitem o controle de dispositivos como TV's, podendo também ser atrelados a rotinas, como por exemplo ligar ao início de uma programação de preferência do morador daquela casa ou hóspede, ou ainda o controle de um sistema distribuído de caixas de som através do celular.

As tecnologias utilizadas para propor soluções inteligentes pelas Smart Homes são uma evolução para os serviços já existentes. De acordo com Svanberg (2016) o processo de

transição da casa tradicional para uma Smart Home, pode ser separado em seis tecnologias:

- a) Gerenciamento de energia e controle de temperatura;
- b) Segurança residencial e controle de acesso;
- c) Controle de iluminação, janela e eletrodomésticos;
- d) Smart Appliances ou eletrodomésticos inteligentes;
- e) Áudio e entretenimento;
- f) Dispositivos de saúde assistida.

A gama de recursos disponíveis para casas automatizadas é vasta e impressionante. De acordo com a Eduka (2024), estes são alguns dos mais populares e inovadores:

Assistentes virtuais e controle por voz: dispositivos equipados com assistentes virtuais como Alexa, Google Assistant e Siri têm transformado a maneira como interagimos com nossas casas. Eles permitem controlar luzes, termostatos e aparelhos de som, bem como fazer compras por comando de voz;

Iluminação inteligente: sistemas de iluminação inteligente, como por exemplo Phillips Hue e LIFX, permitem ajustar a intensidade e a cor das luzes. Assim, é possível criar ambientes personalizados para diferentes momentos do dia. Além disso, ajudam na economia de energia;

Segurança avançada: câmeras de segurança conectadas, como as da Arlo e Ring, e fechaduras inteligentes, como a August Smart Lock, oferecem monitoramento em tempo real e notificações instantâneas no smartphone dos proprietários. Algumas soluções incluem reconhecimento facial e alarmes integrados com serviços de segurança;

Automação de climatização: termostatos inteligentes, como por exemplo o Nest e Ecobee, aprendem as preferências dos moradores. A partir disso, ajustam a temperatura automaticamente para otimizar o conforto e a eficiência energética. Esses dispositivos também podem ser controlados remotamente, garantindo um ambiente agradável ao chegar em casa;

Eletrodomésticos conectados: geladeiras, máquinas de lavar e fornos inteligentes estão se tornando comuns. Marcas como Samsung e LG oferecem aparelhos que podem ser monitorados e controlados via aplicativos, além de fornecerem alertas de manutenção e sugestões para melhorar a eficiência;

Sistemas de entretenimento: sistemas como o Sonos permitem a integração de múltiplos dispositivos de áudio para criar experiências sonoras imersivas. Além disso, TVs inteligentes e sistemas de streaming, como por exemplo o Chromecast, facilitam o acesso a conteúdos variados com apenas um comando de voz.

Dentre todas estas tecnologias de Smart Homes, nota-se benefícios diversos, porém grande parte dos usuários prioriza como benefício a questão da economia de dinheiro. Tal benefício está nitidamente relacionado ao gerenciamento energético das casas inteligentes. Podemos afirmar que a priorização deste benefício está totalmente condizente com os achados de Gram-Hanssen e Darby (2018) onde trazem que as maiores áreas de interesse dos usuários são os cuidados com a saúde e gerenciamento do consumo de energia.

Este pode ser um aspecto chave para a inserção das tecnologias de casa inteligente, fazer que o usuário final consiga enxergar uma relação de economia financeira com as tecnologias de Smart Homes (Gram-Hanssen; Darby, 2018).



Um dos especialistas do mercado de casa inteligente do trabalho de Sovacool (2020) citou que “a energia é a porta de entrada para a casa”, na medida em que os sistemas de gerenciamento de energia se tornem familiares, os consumidores estarão mais dispostos a considerar outras tecnologias de casas inteligentes.

De acordo com Vianna (2018), para muito além dos benefícios considerados individuais do ponto de vista residencial, a tecnologia das casas inteligentes também possui potencial de fornecer incontáveis benefícios para as cidades, começando da melhoria da qualidade de vida dos seus moradores até a redução do impacto ambiental das atividades das cidades.

Um estudo da Ericsson ConsumerLab (2019) traz como destaque relevante que a tecnologia de Smart Homes pode ser uma aliada na construção de cidades mais sustentáveis, inteligentes e inclusivas, com variadas soluções que possuem como prioridade três vertentes: a eficiência energética, a redução do tráfego de veículos e a melhoria do transporte público.

Ainda discorrendo sobre os benefícios e impactos para a sociedade, respondendo ao problema proposto desta pesquisa, de acordo com Graupmann e Graupmann (2017), em pesquisa bibliográfica que objetivou compreender a construção e funcionamento das casas inteligentes com foco em sustentabilidade e qualidade de vida, as casas inteligentes podem contribuir para a economia verde e sustentabilidade por meio da redução do consumo de energia e de recursos naturais.

Então nota-se através destes estudos apontados que os benefícios percorrem por toda a sociedade passando pela economia de dinheiro, desenvolvimento sustentável, conforto para moradores, soluções no desenvolvimento de cidades inteligentes e até mesmo sustentabilidade ambiental e economia verde.

Do ponto de vista da adoção destas tecnologias, percebe-se uma barreira comum entre todos os usuários: os custos na contratação destas tecnologias. Assim o autor Hong (2020) considera que o preço dos dispositivos, custos de instalação, reparo e manutenção desencorajam os usuários a adotar as tecnologias de casas inteligentes.

3. CONCLUSÃO

Tendo como objetivo para a realização deste trabalho de conclusão de curso, buscou-se realizar um levantamento bibliográfico relacionado à importância do uso de tecnologias de casas inteligentes e automação residencial, utilizando as tecnologia apresentadas e seus segmentos de automatização, segurança, conforto e entretenimento, e através desta revisão bibliográfica, buscar contribuir para a comunidade científica através de uma análise crítica dos resultados obtidos, de modo a criar uma conexão entre os estudos bibliográficos registrados por outros autores e o contexto tecnológico da atualidade.

Sendo assim, pode-se afirmar que o questionamento realizado no início desta pesquisa se mostrou bastante válido e a partir dele foi possível visualizar um leque de tecnologias com benefícios diversos, seja na segurança, sustentabilidade ambiental, desenvolvimento de cidades, saúde e economia de dinheiro, bem como entender os motivos pelos quais ela tem se tornado uma tecnologia do futuro, e quais as barreiras têm prejudicado essa expansão, como é o caso dos custos destas tecnologias, encarecendo sua implementação e dificultando uma maior aderência da tecnologia por parte da sociedade.

Logo, levando em consideração todos os aspectos abordados até aqui, espera-se que este artigo possa contribuir para uma maior expansão deste conhecimento sobre Smart

Homes, buscando meios de estudar novas tecnologias que irão surgir, e alternativas que possam diminuir os custos para que a sociedade possa se beneficiar destas inovações.

Com base neste estudo realizado, sugere-se que em estudos futuros sejam abordados, em complemento ao presente, os seguintes temas:

- a) Análise comparativa dos diferentes modelos e aplicações de Smart Homes e sustentáveis em contextos urbanos adversos, já que se sabe a necessidade de entender tecnologias e soluções arquitetônicas que podem ser utilizadas em diferentes cidades, e diferentes realidades econômicas destas localidades, levando em consideração suas peculiaridades e desafios;
- b) Análise da existência e elaboração de políticas públicas de incentivo à construção de Smart Homes;
- c) Análise da elaboração de políticas públicas de incentivo à construção de Cidades Inteligentes;
- d) Papel da iniciativa privada sobre a construção de casas inteligentes e cidades inteligentes;
- e) Papel do poder público diante da realidade das tecnologias de casas inteligentes.

Referências

AURESIDE. Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial. **Sistemas residenciais**. 2024. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

BATRINU, C. **Projetos de Automação Residencial com ESP8266**: Aproveite a Potência Deste Minúsculo Chip Wi-Fi Para Construir Incríveis Projetos de Casas Inteligentes. [S.l.]: Novatec Editora, 2018.

EDUKA. **Casa automatizada já é realidade no Brasil. Veja recursos incríveis!** 2024. Disponível em: <<https://eduka.ai/casa-automatizada-realidade-brasil-veja/>>. Acesso em: 19 mai. 2024.

ERICSSON CONSUMERLAB. (2019). **10 hot consumer trends 2030**. Disponível em: <<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/consumerlab/reports/10-hot-consumer-trends-2030>>. Acesso em: 19 mai. 2024.

GRAM-HANSEN, Kirsten, DARBY, Sarah J. **“Home is where the smart is”?** Evaluating smart home research and approaches against the concept of home. *Energy Research & Social Science*, v. 37, p. 94-101, 2018.

GRAUPMANN, O.; GRAUPMANN, S. H. **Construção usando tecnologia**: casas inteligentes. *Univ em Revista*, v. 16, n. 1, 2017.

HONG, Areum, NAM, Changi, KIM, Seongcheol. **What will be the possible barriers to consumers' adoption of smart home services?** *Telecommunications Policy*, v. 44, n. 2, p. 101867, 2020.

JUNIOR, S. L. S.; FARINELLI, F. A. **Domótica** - Automação Residencial e Casas Inteligentes com Arduino e ESP8266. [S.l.]: Editora Érica, 2018.

LEUSCHNER, P. **Are we there yet?** Current state of the smart home market.

EURACTIV. 21 nov. 2017. Smart Grid. Disponível em: <<https://www.euractiv.com/section/energy/opinion/are-we-there-yet-current-state-of-the-smart-home-market/>>

Acesso em: 05 mai. 2024.

OLIVEIRA, A. M. **Automação residencial**. Monografia apresentada ao Departamento de Ciências da Administração e Tecnologia, do Centro Universitário de Araraquara, 2005.

RYASBEK. **O que é domótica e como ela pode facilitar seu dia a dia?** (2022). Disponível em: <<https://ryasbek.com.br/blog/o-que-e-domotica-e-como-ela-pode-facilitar-seu-dia-a-dia/>>. Acesso em: 04 mai 2024.

SOVACOOOL, B. K., & FURSZYFER Del Rio, D. D. (2020). **Smart home technologies in Europe**: A critical review of concepts, benefits, risks and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109663. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109663>>. Acesso em: 04 mai 2024.



SVANBERG, Johan. **Smart Homes and Home Automation**. Gothenburg: Berg Insight. 2016.

THE ONE BRIEF. **Casas inteligentes**: quando a tecnologia bate a sua porta. 2015. Disponível em: < <https://theonebrief.com/latam/portugues/post/casas-inteligentes-quando-a-tecnologia-bate-a-sua-porta/>>. Acesso em: 28 abr 2024.

VIANNA, G. P. (2018). **Domótica**: automação residencial com baixo custo utilizando o arduino. Disponível em: <<https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/8873f-vianna%2C-g.-p.-domotica-automacao-residencial-com-baixo-custo-utilizando-o-arduino.-tcc%2C-2018..pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2024



31

A RELEVÂNCIA DAS REDES INDUSTRIAIS NO TANGENTE À
INDÚSTRIA 4.0

THE RELEVANCE OF INDUSTRIAL NETWORKS TOWARDS
INDUSTRY 4.0

Thiago Ferreira Mendes
Paulo Jose Pinto Souza

Resumo

Este estudo aborda a evolução das redes industriais, com foco na transferência de dados em setores como química e nuclear, onde o controle preciso das variáveis de processo é crucial. O objetivo é compreender o funcionamento das redes industriais na era da Indústria 4.0, com destaque para a rede Ethernet, através de uma revisão bibliográfica dos últimos 10 anos. A pesquisa evidencia a importância da Ethernet industrial devido à sua continuidade, robustez e custo acessível, em comparação com redes legadas como Profibus e Asi. A necessidade de controle absoluto sobre as variáveis de processo é destacada, especialmente em indústrias sensíveis, onde a precisão e rapidez na transferência de dados são fundamentais. Utilizou-se uma abordagem metodológica baseada em revisão bibliográfica, consultando fontes especializadas para compreender as tendências e avanços nas redes industriais. As principais conclusões apontam para a constância da Ethernet industrial no ambiente industrial, impulsionada pela sua robustez e baixo custo de infraestrutura. Este estudo oferece insights sobre a evolução das redes industriais na era da Indústria 4.0, destacando a importância da Ethernet para um controle mais eficiente e preciso dos processos industriais. Em suma, a pesquisa destaca a relevância crescente das redes industriais na modernização e eficiência das indústrias, com a Ethernet se consolidando como uma solução tecnológica chave para atender às demandas de controle e transferência de dados.

Palavras-chave: Redes, Indústria 4.0, Ethernet.

Abstract

This study addresses the evolution of industrial networks, focusing on data transfer in sectors such as chemistry and nuclear, where precise control of process variables is crucial. The objective is to understand the functioning of industrial networks in the industry 4.0 era, with emphasis on the Ethernet network, through a literature review of the last 10 years. The research highlights the importance of industrial Ethernet due to its continuity, robustness and affordable cost, compared to legacy networks such as Profibus and Asi. The need for absolute control over process variables is highlighted, especially in sensitive industries, where accuracy and speed in data transfer are fundamental. A methodological approach based on a bibliographic review was used, consulting specialized sources to understand trends and advances in industrial networks. The main conclusions point to the constancy of industrial Ethernet in the industrial environment, driven by its robustness and low infrastructure cost. This study offers insights into the evolution of industrial networks in the industry 4.0 era, highlighting the importance of Ethernet for more efficient and precise control of industrial processes. In short, the research highlights the growing relevance of industrial networks in the modernization and efficiency of industries, with Ethernet consolidating itself as a key technological solution to meet the demands of control and data transfer.

Keywords: Networks, Industry 4.0, Ethernet.

1. INTRODUÇÃO

A evolução das indústrias e dos processos industriais é um tema que tem sido central nas últimas décadas, impulsionado pela busca constante por otimização, eficiência e redução de custos. Nesse contexto, a automação e a evolução das redes industriais desempenham um papel crucial. Com o advento da Indústria 4.0, a integração dessas redes com sistemas de inteligência artificial e análise de dados está revolucionando a forma como as fábricas operam, tornando-as mais ágeis, adaptáveis e competitivas.

Ao entender como as redes industriais estão interligadas e como funcionam dentro dos diferentes níveis de dados dentro do ambiente fabril, pode-se perceber a relevância dessas redes na era da Indústria 4.0. Desde a troca de informações em tempo real até a capacidade de utilizar algoritmos avançados para otimizar processos, as redes industriais desempenham um papel fundamental na maximização da produtividade e na tomada de decisão ágil e precisa. Nesse sentido, a investigação sobre as redes industriais na era da Indústria 4.0 não apenas oferece oportunidades para avançar o conhecimento acadêmico e científico, mas também contribui para o desenvolvimento de tecnologias e práticas que impulsionam o progresso econômico e social.

Diante desse cenário, surge a necessidade de conhecer aspectos que rodeiam as redes industriais dentro da indústria 4.0, desde como funcionam as redes industriais, até mesmo como elas estão interligadas diante dos diferentes níveis de dados dentro do ambiente fabril. Dessa forma esse trabalho procura responder ao questionamento: qual a importância que as redes industriais possuem no tangente à indústria 4.0?

O objetivo geral deste estudo é compreender o funcionamento das principais redes industriais no mercado, destacando suas aplicações na indústria 4.0. Os objetivos específicos incluem apresentar e diferenciar as arquiteturas das redes industriais, além de analisar as vantagens específicas da rede Ethernet no contexto dos processos industriais dentro da indústria 4.0.

O panorama complexo da Indústria 4.0, a compreensão abrangente das redes industriais é crucial. Estas redes não apenas conectam máquinas e dispositivos, mas também desempenham um papel fundamental na integração e na gestão eficiente dos dados em diferentes níveis dentro do ambiente fabril. Para responder à indagação sobre a importância das redes industriais na era da Indústria 4.0, é necessário explorar não apenas o seu funcionamento básico, mas também sua capacidade de interligar os sistemas e processos em uma fábrica inteligente.

2. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: O PAPEL CRUCIAL DAS REDES INDUSTRIAIS

Conforme destacado por Barros Junior (2014), a evolução industrial, especialmente a partir da década de 70, notou-se um crescente requisito de controle mais apurado nos processos fabris, principalmente na indústria automobilística e petroquímica. Isso se deve à busca por entrega de insumos com maior qualidade e precisão, visando o aumento da produtividade.

Salazar (2016) enfatiza que as indústrias contemporâneas demandam confiabilidade, flexibilidade e eficiência em seus sistemas. Portanto, a automação industrial e as redes industriais emergem como elementos fundamentais em qualquer planta fabril, dado o seu papel crucial na comunicação entre dispositivos.



O destaque dado à automação industrial é inegável, especialmente com a proliferação de equipamentos automáticos e sistemas. É essencial compreender o funcionamento das redes industriais, visto que elas desempenham um papel vital na troca de informações entre os dispositivos envolvidos (Lugli; Santos, 2019).

As redes industriais estão ganhando mais espaço nos ambientes fabris, substituindo os sistemas tradicionais ponto a ponto com CLP centralizado. Tal mudança é atribuída principalmente a fatores técnicos e econômicos que tornam essas tecnologias mais vantajosas e atrativas (Lugli; Santos, 2019).

O desenvolvimento de sistemas operacionais em tempo real, juntamente com técnicas de orientação a objetos e ferramentas de modelagem e simulação, tem contribuído significativamente para o avanço dos sistemas de automação industrial. Isso tem promovido uma fusão entre a área computacional e os sistemas de automação industrial (Lugli; Santos, 2019).

Os avanços rápidos na eletrônica e engenharia de software, combinados com a redução de tamanho dos componentes, têm permitido o surgimento de sistemas de automação distribuída em componentes de alta performance, como microprocessadores, microcontroladores, memórias e sensores, agora podem ser fabricados a custos acessíveis, tornando possível a criação de dispositivos inteligentes autônomos (Feliciano, 2021).

2.1 Apresentação e Arquitetura de Redes Industriais

As redes industriais desempenham um papel crucial na automação industrial, viabilizando a supervisão e controle dos processos por meio de protocolos de comunicação. Surgindo no mercado brasileiro no final dos anos 1990, essas redes têm continuamente evoluído desde então. Elas abordam desafios como os elevados custos de implementação e as dificuldades na detecção de falhas presentes nos sistemas tradicionais ponto a ponto (Lugli; Santos, 2019).

Essas redes proporcionam comunicação determinística, com tempos exatos para o tráfego de informações, ao contrário das redes de computador convencionais e podem ser divididas em três grupos principais: sensorbus, devicebus e fieldbus, além da Ethernet, que se tornou um padrão global para a intercomunicação de dados em rede (Cesar, 2018).

O sensorbus conecta sensores e atuadores à rede com comunicação rápida e baixo processamento, como a rede Asi e Interbus. O devicebus, por sua vez, intermedeia a transferência de dados entre o sensorbus e o fieldbus, cobrindo distâncias de centenas de metros e utilizando protocolos como Modbus, Profibus DP e devicenet (Cesar, 2018).

O fieldbus é responsável por levar os sinais dos transmissores, analisadores e posicionadores até o CLP, permitindo o controle das malhas dos processos. Enquanto isso, a Ethernet se destaca por sua ampla aceitação global, uso de protocolos, custos reduzidos e implementação simplificada (Salazar *et al.*, 2022).

AS-Interface, conhecida como AS-i, é uma rede de comunicação de baixo nível projetada principalmente para facilitar a comunicação entre sensores e atuadores. Notável por sua instalação e configuração simplificadas, utiliza um único cabo para conectar múltiplos dispositivos, sendo comumente empregada em aplicações onde a comunicação de dados de baixa velocidade é adequada, como controle de máquinas simples e processos discretos (Silva, 2016).

Por sua vez, o Profibus figura como uma das redes de comunicação industrial mais

consolidadas e amplamente adotadas em todo o mundo. Suportando uma variedade de dispositivos e aplicações, desde sensores e atuadores até controladores programáveis e sistemas de supervisão, o Profibus possui diferentes versões, como o Profibus-DP, Profibus-PA e Profibus-FMS, cada uma direcionada a diferentes necessidades de comunicação (Salazar *et al.*, 2022).

Já o Profinet, desenvolvido pela Siemens, é uma rede Ethernet industrial que oferece alta velocidade de comunicação e suporte para uma ampla gama de aplicações, desde controle de processos até automação de fábrica. Baseada em padrões Ethernet, pode aproveitar a infraestrutura de rede existente em muitos casos, facilitando a integração com sistemas de TI, além de suportar comunicação em tempo real (RT) e comunicação em tempo real isócrona (IRT), fundamentais para aplicações de controle críticas (IEEE, 2018).

Segundo Andrade (2020, p.02), “esse nível é responsável por realizar a supervisão do processo industrial. Existem diversas formas de supervisionar o que está acontecendo em campo, assim como fazer o controle remoto”. Outra função dessa camada é de banco de dados, onde é feito o armazenamento das informações de processo, para uma análise futura do comportamento da malha de controle. Soluções como SCADA, IHM e Workstation estão localizadas na camada 03. Toda conexão entre o sistema de controle e sistema de supervisão é feita utilizando conversores ou protocolos abertos na grande maioria, como OPC, OPC UA, Modbus, etc. Na Figura 1 podemos visualizar um modelo de supervisão SCADA, onde o operador é capaz de monitorar variáveis em tempo real e realizar comandos de operação dependendo da necessidade.

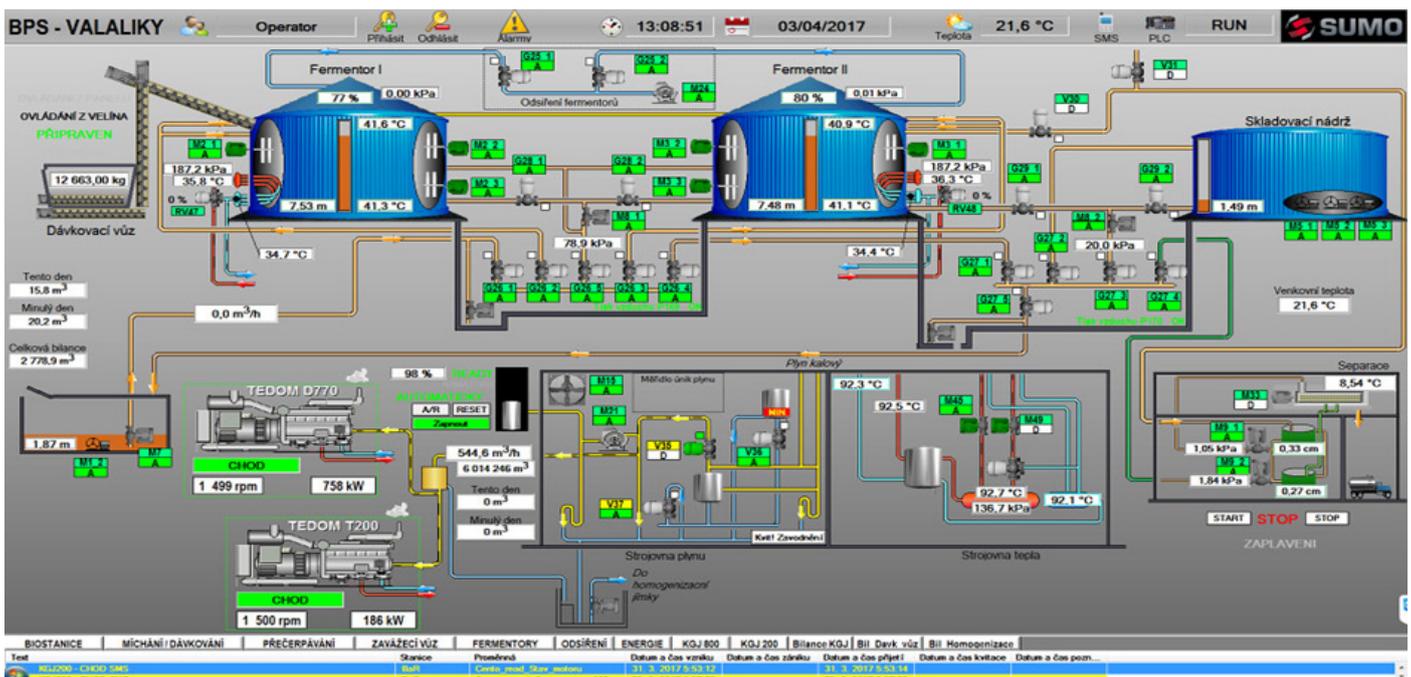


Figura 1. Modelo de controle Supervisório

Fonte: Andrade (2021).

O padrão Ethernet é conhecido como uma pilha de protocolos, pois define funções tanto na camada física quanto na camada de enlace. Essas funções são especificadas na coleção de normas IEEE 802.3. O padrão está em constante desenvolvimento, e suas versões mais recentes permitem comunicação tanto por meio compartilhado (half-duplex) quanto por condutores exclusivos para transmissão e recepção (full-duplex). Além disso, a velocidade de transmissão pode atingir centenas de Gigabits por segundo (Gbit/s) (IEEE, 2018).

Modbus é um protocolo industrial da camada de aplicação que pode ser aplicado em conjunto com outros protocolos das camadas inferiores, de acordo com os objetivos e características da instalação de rede. Ele é frequentemente acompanhado de termos que identificam os protocolos adicionais utilizados (IEEE, 2018).

Uma das formas de utilização do Modbus é com as tecnologias de comunicação serial RS-232, RS-422 e RS-485, que definem as especificações físicas e de modulação de sinal. Nas aplicações seriais, o Modbus pode se apresentar como Modbus RTU ou Modbus ASCII, duas formas de codificação dos dados da camada de aplicação (Silva, 2016).

No Modbus RTU, os dados são representados por caracteres hexadecimais, cada um utilizando 4 bits. Por outro lado, no Modbus ASCII, a codificação ASCII é utilizada, com cada caractere representado por 7 bits mais o bit de paridade. O Modbus ASCII tende a aumentar a carga de dados trafegados, sendo menos utilizado em comparação ao Modbus RTU (Fagundes *et al.*, 2022).

Uma das formas de aplicação do Modbus que está em crescimento é o Modbus TCP, que utiliza os protocolos TCP e IP para as camadas de transporte e rede, respectivamente, e o padrão Ethernet nas camadas de enlace e física. O Modbus TCP será detalhado posteriormente. Além disso, existem variações do Modbus na própria camada de aplicação, como o Modbus Plus e o Modbus II, porém, ambas têm pouco uso tanto em instalações industriais antigas quanto em novas (Fagundes *et al.*, 2022).

Os dispositivos que se comunicam por meio do protocolo Modbus incluem atuadores, sensores, unidades de controle remotas, sistemas de supervisão, controladores e centros de carga. O Modbus opera como um protocolo Mestre/Escravo, no qual um dispositivo Escravo disponibiliza dados e executa tarefas em resposta a requisições de um dispositivo hierarquicamente superior, o Mestre. As mensagens originadas pelo Mestre são Requisições Modbus, enquanto as originadas pelo Escravo em resposta às Requisições recebidas são Respostas Modbus (Silva, 2016).

A comunicação no protocolo Modbus sempre é iniciada pelo Mestre, podendo ser uma transmissão individual para um Escravo, que gera uma resposta, ou uma transmissão para todos os Escravos por difusão. No caso de transmissão por difusão, a Requisição é obrigatoriamente uma escrita e não gera uma resposta (Fagundes *et al.*, 2022).

2.2 Pirâmide Da Automação Atrelada Às Redes Industriais

Segundo Santos (2021), o escopo da automação industrial muitas vezes escapa à compreensão completa, pois abrange uma vasta gama de áreas interligadas. A pirâmide da automação industrial é uma representação dos diferentes níveis de controle, desde os dispositivos de campo até a gestão corporativa.

Andrade (2021) ressalta que essa pirâmide oferece uma visão simplificada dos níveis de comunicação e uma solução abrangente para a automação industrial. Cada nível da pirâmide é detalhado, exemplificando os dispositivos utilizados e destacando o papel das redes industriais na transmissão de dados entre eles por meio de protocolos de comunicação.

O primeiro nível é fundamental, pois envolve medições de processo antes do controle. Os dispositivos nesse nível podem variar de simples a inteligentes, conhecidos como “SMART devices”, oferecendo maior flexibilidade e integração através de protocolos digitais (Andrade, 2021).

Os atuadores, mencionados por Andrade (2021), desempenham um papel crucial ao atuar nos elementos finais de controle, mantendo o setpoint da malha de controle. Estes podem incluir válvulas de controle e inversores de frequência, que efetivamente executam as ações necessárias no sistema.

A comunicação nesse nível ocorre principalmente por meio de protocolos digitais ou analógicos, como o 4-20mA. Além disso, há uma variedade de outros protocolos, como Profibus DP/PA, Foundation Profibus, Hart, WirelessHart, Ethernet- IP e Profinet, que proporcionam diagnóstico e acesso remoto, reduzindo custos de implementação (Andrade, 2021). O padrão Profibus DP é frequentemente utilizado neste nível, otimizado para alta velocidade e conexões de baixo custo, especialmente para comunicação entre sistemas de controle e I/Os distribuídos (Andrade, 2021).

Segundo Andrade (2021, p.05) “com o crescimento de protocolos baseados em Ethernet, uma das principais vantagens é que o campo utiliza do mesmo padrão de comunicação utilizado no nível de controle”. Isso torna o nível de controle mais otimizado, diminuindo o tempo de resposta e atuação dos dispositivos, pois os mesmos utilizam a mesma rede tanto para coleta de informações quanto para recebimento do comando. Na figura 2 é possível verificar o CLP, dispositivo de controle encontrado nesse nível.

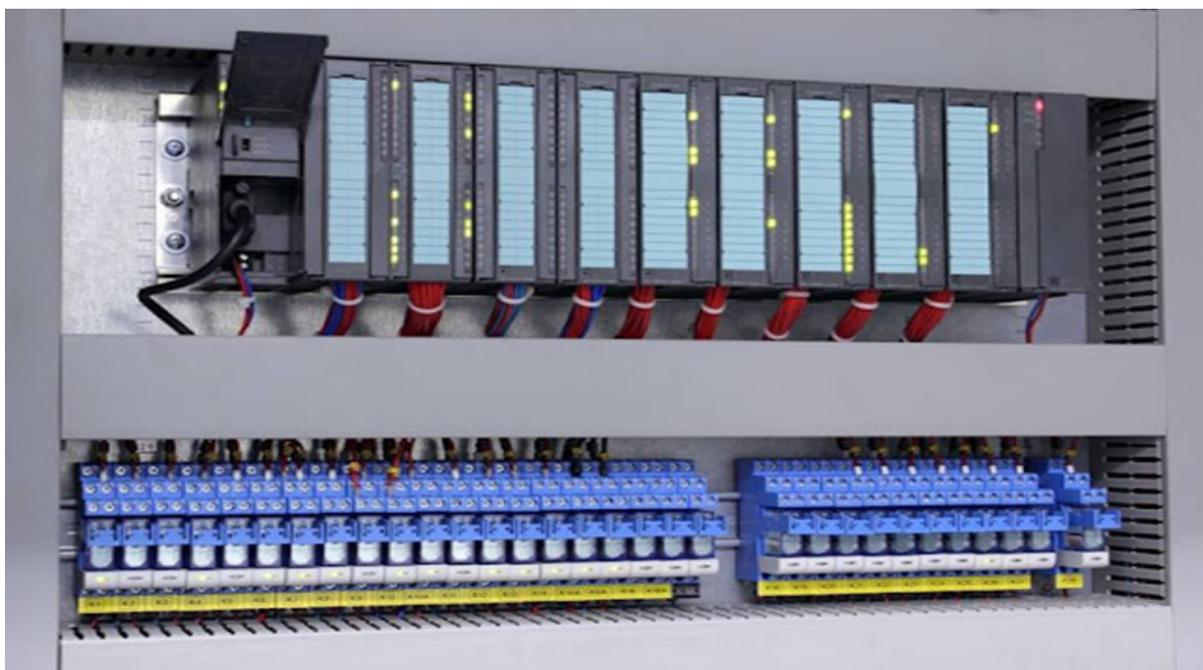


Figura 2. CLP utilizado no segundo nível

Fonte: Andrade (2021).

Lugli e Santos (2019) destacam que o Profibus DP é particularmente adequado para transferência de informações em alta velocidade no nível de sensor/atuador, oferecendo um desempenho otimizado para aplicações com requisitos críticos de tempo entre sistemas de automação e periferia distribuída.

2.3 As Vantagens Das Redes Ethernet No Tangente A Indústria 4.0

A tendência da Indústria 4.0 já se estabeleceu como uma realidade, marcando a quarta revolução industrial. Essa revolução engloba tecnologias de informação e comunicação, além de outras como computação em nuvem (CC) e sistemas ciberfísicos nas instalações

Industriais (Lugli; Santos, 2019).

A Ethernet industrial, fundamental na Indústria 4.0, difere da sua contraparte residencial/comercial por suas exigências e capacidades específicas. Baseada em comunicações bidirecionais, ela garante a interatividade e confiabilidade necessárias nos ambientes fabris (Barros Junior, 2014).

No contexto da automação, como exemplificado por Barros Junior (2014), a Ethernet industrial utiliza protocolos de handshaking para garantir a entrega precisa de mensagens. Por exemplo, em uma linha de empacotamento de arroz, um PLC envia comandos para iniciar e interromper o processo, garantindo que cada passo seja executado corretamente. Dessa forma, a Ethernet industrial prioriza a entrega pontual e sequencial de dados, evitando perdas e prejuízos significativos no chão de fábrica.

Ambientes industriais apresentam desafios únicos, incluindo vibrações, líquidos corrosivos e interferência eletromagnética. Por isso, os componentes da Ethernet industrial são construídos para suportar tais condições adversas. Cabos de bitola mais espessa, construção blindada, revestimentos resistentes a produtos químicos e temperaturas elevadas são apenas as características que garantem a durabilidade e confiabilidade dos dispositivos industriais (Cesar, 2018).

A amphenol é uma das empresas líderes na fabricação de conectores e cabos Ethernet industrial. Seus produtos são projetados para atender às demandas rigorosas dos processos fabris, oferecendo robustez e desempenho excepcionais. Com tecnologia avançada e materiais de alta qualidade, os conectores amphenol garantem uma conexão estável e confiável, mesmo em ambientes industriais hostis (Cesar, 2018).

A ethernet industrial destaca-se por sua confiabilidade, precisão e capacidade de operar em ambientes desafiadores. Com protocolos avançados e componentes robustos, ela desempenha um papel crucial na automação e controle de processos industriais, garantindo eficiência e segurança nas operações fabris (Barros Junior, 2014).

Essa transformação visa uma fábrica altamente automatizada, onde os dispositivos executam processos e colaboram entre si, combinando esforços de forma eficiente. Tais sistemas são capazes de otimizar seus resultados por meio da combinação de Aprendizado de Máquina, Inteligência Artificial (AI) e Controles Descentralizados (Lugli; Santos, 2019).

Isso resultou em níveis crescentes de eficiência, velocidade e complexidade na produção. Antes da primeira revolução industrial todos os processos eram realizados manualmente pelo homem ou com auxílio de tração animal e dispositivos mecânicos simples, resultando em processos deficientes, lentos e propensos a erros na fabricação de itens (Lugli; Santos, 2019).

A Indústria 4.0 surge como resposta à necessidade de adaptação das indústrias diante da crescente competição global e da demanda por processos mais ágeis e personalizados. Essa abordagem visa incorporar novas tecnologias para transformar os paradigmas de produção, gestão e cadeia de suprimentos, rumo a um ambiente de fabricação inteligente. Com isso, espera-se alcançar uma produção flexível em massa, com ciclos mais curtos e custos reduzidos (Lugli; Santos, 2019).

As tecnologias-chave impulsionadoras da Indústria 4.0 incluem a Internet das Coisas Industrial (IIoT) e o armazenamento em nuvem (cloud computing), que possibilitam a virtualização de recursos e a integração do mundo físico com o virtual. A IIoT conecta objetos por meio de infraestruturas eletrônicas, enquanto o armazenamento em nuvem lida com grandes volumes de dados, utilizando técnicas avançadas de análise para extrair informações relevantes (Lugli; Santos, 2019).

Além disso, a inteligência artificial desempenha um papel fundamental, aplicando análises avançadas e técnicas de aprendizado de máquina para interpretar eventos, analisar tendências e automatizar decisões. Em paralelo, a evolução das redes de comunicação, como o Ethernet industrial, tem sido crucial para a interconexão e comunicação eficiente entre os sistemas, permitindo a integração dos dispositivos e protocolos utilizados nas fábricas modernas (Feliciano, 2021).

O Profinet, padronizado pela associação profibus internacional, facilita a integração de soluções baseadas em Ethernet Industrial, abrangendo desde dispositivos simples até sistemas distribuídos complexos. Com tipos de dispositivos que incluem controladores, módulos de campo e sistemas de supervisão, o Profinet oferece flexibilidade para diferentes necessidades industriais (Venturelli, 2021).

Existem dois principais tipos de redes Profinet: o Profinet IO, para aplicações em tempo real, e o Profinet CBA, para situações em que o tempo não é crítico, como na conversão de Profinet em Profibus DP. Enquanto o Profinet IO opera diretamente com elementos de campo, o Profinet CBA é mais adequado para funções onde o tempo de resposta não é crucial (Venturelli, 2021).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de controle preciso de processos industriais, especialmente notável nas indústrias químicas, tem impulsionado uma valorização crescente das tecnologias nesse domínio. As redes industriais foram progressivamente implementadas no ambiente industrial com o intuito de compreender diversos aspectos dos processos, incluindo otimização, controle de variáveis e aprimoramento na transferência de dados.

No contexto da otimização de processos, as redes industriais desempenham um papel fundamental, seguindo a estrutura da chamada pirâmide da automação. Essa estrutura revela a integração das redes industriais desde a transmissão de dados de sensores em campo até a entrada de dados em um controlador lógico programável (PLC), culminando na geração de gráficos para embasar decisões gerenciais.

É evidente que a rede Ethernet está se tornando indispensável na era da Quarta Revolução Industrial, também conhecida como indústria 4.0. A implementação da rede Ethernet tem proporcionado maior rapidez, tempo de resposta e controle aprimorado dos processos industriais dentro do contexto da indústria 4.0, tornando-se essencial em praticamente todas as plantas industriais.

Conclui-se que todos os objetivos estabelecidos foram alcançados com sucesso, uma vez que foram apresentados e analisados todos os aspectos pertinentes para compreender as redes industriais, sua aplicação em diferentes níveis de transferência de dados na pirâmide da automação, e também foi destacada a tendência consolidada pela rede Ethernet junto à indústria 4.0.

Referências

ANDRADE, Fabrício. **O que é a pirâmide da automação industrial**. Disponível em: <https://automacaoecartoons.com/2018/01/11/piramide-da-automacao-industrial/>. (Acessado em 17 de fev. de 2024).

BARROS JUNIOR, Otávio Ribeiro de. **Automação de alarme mapeado**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



CESAR, Aldo. **Redes Industriais**: o que são e para quê servem na indústria 4.0.2018. Disponível em: <https://transformacaodigital.com/mercado/redes-industriais-o-que-sao-e-para-que-servem-na-industria-4-0/>. (Acessado em 20 de fev. de 2024).

FAGUNDES, Frederico Duarte *et al.*, **Segurança em Redes Industriais**: Aplicação da técnica de autenticação HB-MP* em rede Modbus. 2022.

FELICIANO, Lucas Filipe. **Integração de redes industriais**.2020.

IEEE, C. S. IEEE 802.3-2018: **Standard for Ethernet**. Nova Iorque, EUA: IEEE, 2018.

LUGLI, Alexandre Baratella; SANTOS, Max Mauro Dias. **Redes Industriais para Automação Industrial**. São Paulo: Érica, 2019.

SALAZAR, Andres O. *et al.*, **Automação, controle e supervisão de uma planta industrial utilizando tecnologias em redes industriais**. Natal: UFRN – DCA – CT

– LAMP Campus universitário.

SILVA, Ivanovitch Medeiros Dantas da. **Uma metodologia para modelagem e avaliação da dependabilidade de redes industriais sem fio**. 2016.

VENTURELLI, Márcio. **Redes Ethernet**: Conceito e aplicação na Automação e Controle Industrial.

ENGENHARIA QUÍMICA





32

PRODUÇÃO DE BIOGÁS: UMA FONTE ALTERNATIVA DE
ENERGIA

BIOGAS PRODUCTION: AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY

Kleber Augusto da Silva De Sousa
Unielson Conceição Pacheco
Rayanne Oliveira do Nascimento
Flávia Cristina de Oliveira Maciel
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Orlando Benicio Santos

Resumo

A emissão de gases poluentes originados de combustíveis fósseis é um problema que vem persistindo há anos, sendo assim, é importante que se tenha alternativas mais limpas de combustíveis, e que sejam menos prejudiciais ao meio ambiente, dentre elas, temos os biocombustíveis, que são combustíveis que se originam a partir de fontes renováveis e sustentáveis. Este trabalho deu foco ao biogás, que é um biocombustível que se origina a partir da fermentação de resíduos orgânicos, sua produção industrial se dar pela utilização de biodigestores, que tem a função de acelerar o processo de fermentação anaeróbica das matérias orgânicas depositadas no interior dos tanques (biodigestores), formando assim o gás metano (CH_4) que é o principal elemento em sua composição. O biogás possui um alto poder energético como combustível, e é barato quando comparado a outros, além de ser ambientalmente viável, uma vez que sua produção se dar da fermentação da matéria orgânica, sendo estas suas principais vantagens, o que lhe proporciona muitas aplicações na indústria. Este trabalho foi produzido a partir do método de revisão de literatura e tem por objetivo geral apresentar sobre o processo de produção industrial do biogás, onde foi mostrado as etapas para sua produção. Sendo a produção do biogás vantajosa pela conversão de passivos ambientais em produtos de valor agregado, como o próprio biogás e o biofertilizante. O biogás também se torna interessante devido ao seu alto poder energético como combustível, além de ser mais barato e limpo quando comparado a outros combustíveis.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Resíduos. Biodigestores.

Abstract

The emission of polluting gases from fossil fuels is a problem that has persisted for years, so it is important to have cleaner fuel alternatives that are less harmful to the environment. Among these are biofuels, which are fuels that originate from renewable and sustainable sources. This work has focused on biogas, which is a biofuel that originates from the fermentation of organic waste. Its industrial production takes place through the use of biodigesters, which have the function of accelerating the process of anaerobic fermentation of the organic matter deposited inside the tanks (biodigesters), thus forming methane gas (CH_4), which is the main element in its composition. Biogas has a high energy capacity as a fuel, is cheap compared to other fuels and is environmentally viable, since it is produced from the fermentation of organic matter, which is its main advantage and gives it many applications in industry. This work was produced using the literature review method and its general objective is to present the industrial production process of biogas, showing the stages for its production. Biogas production is advantageous because it converts environmental liabilities into value-added products, such as biogas and biofertilizer. Biogas is also interesting because of its high energy power as a fuel, as well as being cheaper and cleaner when compared to other fuels.

Keywords: Biofuels. Waste. Biodigesters.



1. INTRODUÇÃO

A poluição e impactos ambientais causados pela utilização de combustíveis fósseis é um problema que há anos vem sendo discutido em todo o mundo, sendo criado até acordos entre países com objetivo de diminuir emissão de gases poluentes causadores do efeito estufa, como o protocolo de Kyoto por exemplo. Diante deste cenário, é importante alternativas de combustíveis mais limpos e que possuam fontes renováveis como os biocombustíveis.

Dentre as alternativas de biocombustíveis este trabalho tem como foco o biogás, que é produzido através de tanques biodigestores, esse equipamento é responsável pela aceleração na decomposição da matéria orgânica através do processo anaeróbico, ou seja, na ausência de oxigênio. Após a decomposição da matéria orgânica presente no biodigestor, são produzidos 3 componentes principais: o metano (CH_4), gás carbônico (CO_2) e gás sulfídrico (H_2S). Sendo o metano o principal elemento que indica o potencial de produzir energia do biogás.

A origem do biogás se dá através da decomposição de material orgânica, podendo ser gerado de variados tipos de material orgânico, como através de resíduos sólidos urbanos (RSU), lodo de esgoto, dejetos de animais, entre outros meios que possuam matéria orgânica presente, conseqüentemente, sendo menos prejudicial ao meio ambiente, uma alternativa mais limpa aos combustíveis fósseis.

Com isso, a produção de biogás torna-se um assunto interessante, uma vez que este combustível possui um processo de produção mais sustentável e limpo quando comparado a outros combustíveis, além poder ser gerado a partir da matéria orgânica, contribuindo na disposição final do lixo, minimizando os impactos ambientais que poderiam ser causados pelo descarte irregular da matéria orgânica.

Sendo assim, como ocorre e o que é necessário para a produção do biogás? Este trabalho tem por objetivo mostrar sobre o processo de produção industrial do biogás, que será apresentado através das etapas de fabricação desse biocombustível, os fatores que influenciam em sua produção, as vantagens e as aplicações desse biocombustível.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para a presente pesquisa, foi utilizado o método de revisão de literatura, baseando-se em dissertações, consulta a livros e por artigos científicos. Selecionados através de buscas em base de dados como: Google acadêmicos, SciElo, Revista Virtual de Química (RVQ), entre outros. O período dos materiais pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 15 anos. As palavras-chaves utilizadas foram: “biogás”, “biocombustíveis”, “biodigestores”, “resíduos”.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 O biogás

Segundo Barros, T. (2021), o biogás é um gás produzido através da decomposição da

matéria orgânica por microrganismo, através da fermentação anaeróbica, ou seja, na ausência de oxigênio (O_2). E que por ser gerado desta forma, há várias fontes na qual é possível se produzir o biogás, como: resíduos vegetais, dejetos de animais, resíduos de alimentos, logos de esgoto, entre outros.

De acordo com Zanetti, Arrieche e Sartori (2014), a geração do biogás depende de uma série de fatores que envolvem a sua matéria-prima, ou seja, a matéria orgânica na qual será utilizada para a sua produção. O teor de água, pH, alcalinidade, estado físico dos resíduos, temperatura, taxa de oxigenação, e os nutrientes, são exemplos de condições listados em seu trabalho para se analisar ao produzir o biogás. Sendo que esses fatores interferem diretamente na qualidade do produto.

Em conformidade com Iannicelli (2008) o Poder Calorífico Inferior (PCI) do biogás é diretamente proporcional ao percentual de gás metano (CH_4) presente em sua composição, ou seja, quanto maior a porcentagem de CH_4 no biogás, maior será o seu PCI, conforme mostra na **Tabela 1**. O autor também afirma, segundo as análises feitas em seu trabalho, que para proporções próximas a 60% de metano, o poder calorífico inferior do biogás pode chegar em cerca de 5500 kcal/m³.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO BIOGÁS	PESO ESPECÍFICO (kg/m ³)	PCI (kcal/ kg)
10% de CH_4 e 90% de CO_2	1,8393	465,43
40% de CH_4 e 60% de CO_2	1,4643	2.338,52
60% de CH_4 e 40% de CO_2	1,2143	4.229,98
75% de CH_4 e 25% de CO_2	1,0268	6.253,01
95% de CH_4 e 0,5% de CO_2	0,7768	10.469,60
99% de CH_4 e 0,1% de CO_2	0,7268	11.661,02

Tabela 1 – Relação entre o percentual de metano, peso específico e PCI

Fonte: Iannicelli (2008).

2.2.2 Biodigestores

Para o processo de produção de biogás se faz necessário a utilização de biodigestores, esses equipamentos são responsáveis por acelerar o processo de fermentação anaeróbica e converter a matéria orgânica em biogás com mais rapidez (MARCUCCI, 2018).

De acordo com Silva, J. (2022) os biodigestores são câmeras fechadas onde ocorre o processo de digestão anaeróbica, nelas são depositadas as biomassas que são fermentadas e produzem biogás e biofertilizantes. Há vários modelos de biodigestores, os mais comuns são: o indiano e o chinês (**Figura 1**) e o canadense (**Figura 2**). Em todos esses modelos ocorrem a fermentação por bactérias anaeróbicas, ou seja, na ausência de oxigênio, resultando em biogás e biofertilizantes.

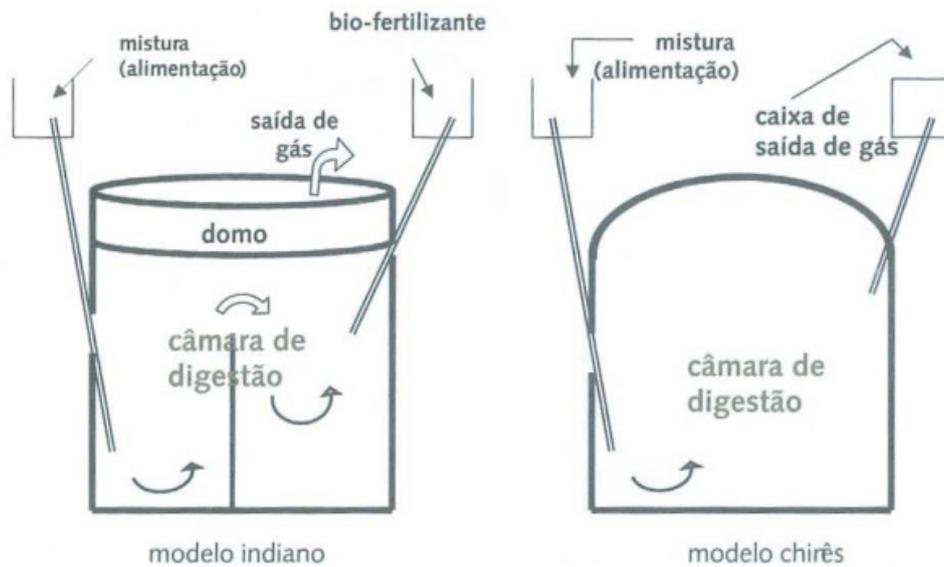


Figura 1. Esquema de biodigestores de modelo indiano e chinês.

Fonte: Barros, R. (2012)

Além dos modelos de biodigestores indianos e chineses, outro modelo muito comum é o canadense (**Figura 2**) sendo caracterizado por seu formato horizontal e coberto por uma lona de PVC (SILVA, L e Sá 2018). Esse modelo apresenta uma caixa de entrada feita de alvenaria, outra característica é a presença de um gasômetro inflamável e sua câmara de digestão que é escavada no solo, onde é armazenado a matéria orgânica para produção de biogás, podendo receber grandes quantidade de resíduos (ARAÚJO, 2017).



Figura 2. Biodigestor de modelo canadense

Fonte: Torres, Pedrosa e Moura (2012)

De acordo com Silva, L. e Sá (2018) as seguintes características que diferenciam os modelos de biodigestores já citados: o indiano possui uma campânula como gasômetro que tem a função de manter a pressão constante, o chinês é feito principalmente de alvenaria e não utiliza gasômetro, e o canadense é horizontal, montado em uma caixa de alvenaria

com largura maior que a profundidade para aumentar a exposição solar e evitar entupimentos.

Em conformidade com Bezerra (2016) além das diferenças nos modelos, os biodigestores também se diferenciam de acordo com a temporalidade de sua alimentação, que pode ser contínua ou em batelada (descontínua). É importante frisar que todos os 3 modelos de biodigestores (indiano, chinês e o canadense), podem ser operados tanto em regime batelada quanto em regime contínuo, o que depende da escala de produção de cada projeto, sendo o CSTR utilizado para produções em larga escala. Nos biodigestores batelada, após a alimentação, o reator é mantido fechado e retido até o período que corresponde ao processo de fermentação anaeróbica para produção do biogás, já no contínuo, tanto a alimentação quanto a produção do biogás ocorrem diariamente, sendo esse modelo mais indicado para maiores demandas.

2.2.3 Processo de produção industrial do biogás

Segundo Milanez *et al.* (2018) a digestão anaeróbica é o principal método para obtenção de biogás, onde ocorre a quebra biológica do material orgânico na ausência de oxigênio (O_2), esse processo ocorre em tanques biodigestores, nele micro-organismos digerem a matéria orgânica armazenada em seu interior e produzem o biogás, compondo cerca de 50 a 70% de gás CH_4 .

O processo produção de biogás ao nível industrial, de forma resumida é ilustrada na **Figura 3**, que se dá pela utilização de biodigestores, que são alimentados pelo material orgânico (Etapa 1 da **Figura 3**), onde ocorrerá a fermentação anaeróbica e consequentemente a produção do biogás (etapa 2), a partir deste ponto o biogás já pode ser utilizado para geração de energia elétrica e energia térmica. Mas também pode ser purificado e tratado, aumentando ainda mais a sua concentração de metano, transformando o biogás em biometano, que pode ser utilizado em aplicações que exijam maior pureza e poder energético, como combustível veicular por exemplo (etapas 3 e 4 da **Figura 3**).

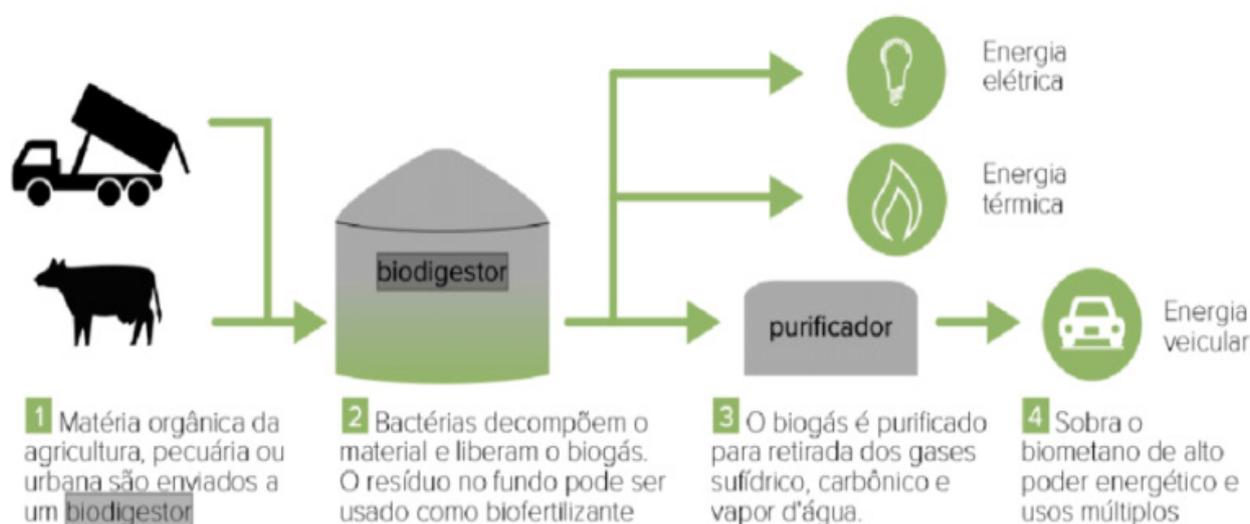


Figura 3. Processo de produção do biogás

Fonte: Daronco (2019)

De acordo com Machado (2023) o processo de biodigestão anaeróbica ocorre em 4 etapas a nível bacteriano, conforme descritos abaixo:

- **Hidrólise:** Nesta etapa, ocorre a quebra de moléculas complexas do material orgânico armazenado no biodigestor, dando origem a moléculas menores, como açúcares, aminoácidos e ácidos graxos.
- **Acidogênese:** As moléculas menores produzidas na etapa da hidrólise são transformadas em ácidos orgânicos por bactérias acidogênicas. Os produtos gerados nessa fase dependem da concentração de hidrogênio (H_2) dissolvido na mistura, pois quanto maior a concentração de H_2 , menor será o pH o que afeta negativamente a produção do biogás.
- **Acetogênese:** Ocorre a conversão dos ácidos orgânicos produzidos na etapa anterior em ácido etanoico, hidrogênio e gás carbônico. Nessa fase é necessário manter o equilíbrio da concentração de hidrogênio para garantir que o H_2 gerado seja consumido pelas bactérias.
- **Metanogênese:** Nessa etapa ocorrem duas reações, primeiramente, o ácido etanoico da origem ao metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2). Na segunda, o Hidrogênio reage com o gás carbônico, produzindo metano e água. Tanto na primeira, quanto na segunda reação há produção de metano.

Em conformidade com Steinmtz (2018) os cálculos para produtividade do biodigestor podem ser dados conforme as Eq. 1 e 2:

$$PdB = \frac{PrB}{V} \quad (1)$$

Onde:

PdB = Produtividade de biogás ($m^3 / (m^3 \cdot d)$)

PrB = Produção de biogás (m^3 / d)

V = Volume do biodigestor (m^3)

$$PdM = \frac{PrM}{V} \quad (2)$$

Onde:

PdM = Produtividade de metano ($m^3 / (m^3 \cdot d)$)

PrM = Produção de metano (m^3 / d)

V = Volume do biodigestor (m^3)

Os cálculos de produtividades são importantes para avaliação da eficiência das operações e a utilização dos recursos, podendo determinar a relação entre quantidade produzida e quantidade de recursos utilizados, dando possibilidades de implementação de melhorias no processo, como o aumento na eficiência e redução de custo por exemplo

De acordo com a Fundação Estadual do Meio ambiente (FEAM, 2015), a diferença de produção de biogás nas indústrias se dá principalmente pela tecnologia utilizadas entre elas, porém, de modo geral, as usinas de biogás geram seu produto com base em quatro principais etapas em seu processo, que são: gerenciamento do substrato, metanização e geração de biogás, condicionamento e uso energético do biogás e Gerenciamento do material digerido, conforme a **Figura 4**.

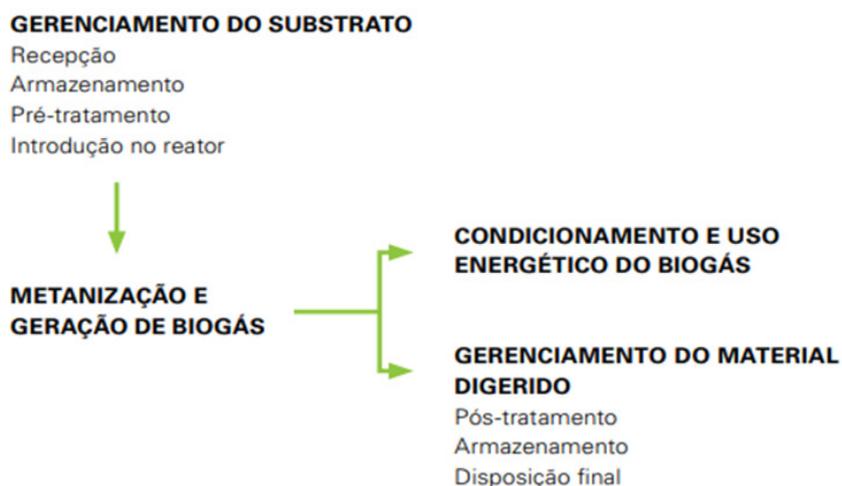


Figura 4. Principais etapas de processamento das usinas de biogás

Fonte: FEAM (2015)

2.2.4 Tratamento e purificação do biogás

Conforme Iannicelli (2008), quanto maior o percentual de metano presente no biogás maior é o seu poder calorífico inferior, ver **Tabela 1**, e para se alcançar altas concentração de CH_4 é necessário o tratamento e purificação do biogás para remoção das impurezas presentes no gás. Vale ressaltar que a pureza do biogás é feita de acordo com a sua demanda e o destino de sua aplicação (MILANEZ, *et al.* 2018).

Em concordância com o Milanez *et al.* (2018), e que pode ser melhorado por diversos métodos de tratamento e purificação para aumentar sua concentração, dependendo do destino para sua aplicação, conforme mostra na **Figura 5**.

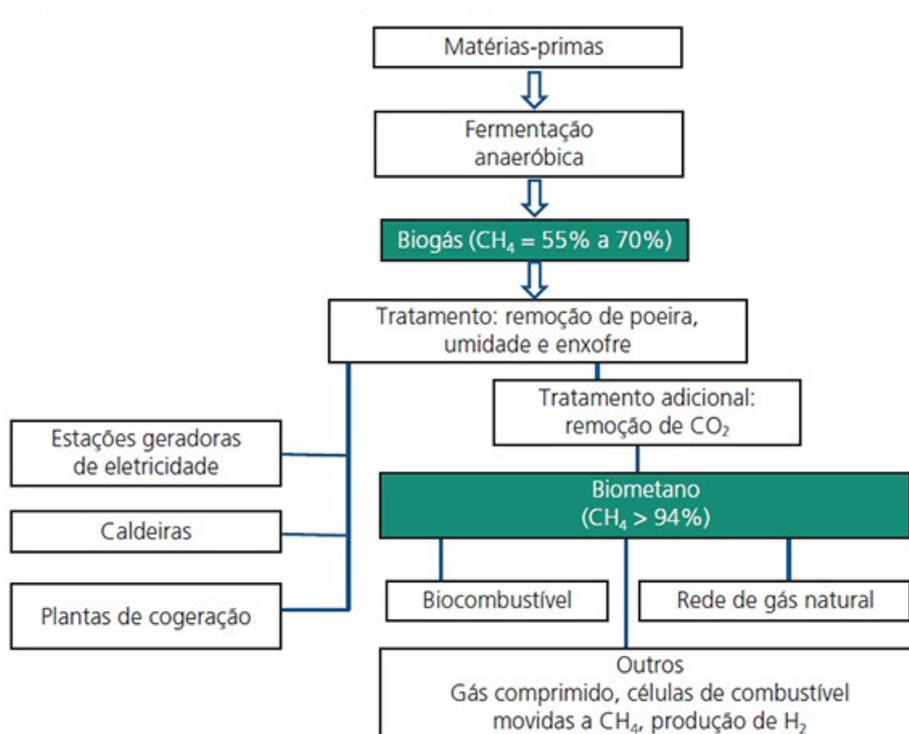


Figura 5. Produção e tratamento do biogás

Fonte: Milanez *et al.* (2018)

Segundo Silva e Mezzari (2022) os principais contaminantes presentes no biogás após sua produção são: água, ácido sulfídrico, dióxido de carbono e a amônia. O tratamento dessas impurezas deve ser baseado no grau de pureza desejado para o biogás com base em sua utilização comercial, como é mostrado na **Figura 5**. Os autores também destacam que os principais métodos para tratamento e purificação do biogás são feitos através da remoção da água, remoção de ácido sulfídrico e criogenia.

De acordo com Andriatta (2021) aponta que é possível a purificação de forma efetiva do biogás através das tecnologias de absorção, adsorção, separação criogênicas, biológicas e de membrana, apresentando resultados satisfatórios em todos esses métodos, com concentração de $\text{CH}_4 \geq 90\%$. É importante enfatizar que todos esses métodos para purificação do biogás possuem suas vantagens e desvantagens, como é mostrado na **Quadro 1**.

Método	Vantagens	Desvantagens	% de CH_4
Por membrana	Segurança e simplicidade de operação; Não geração de produtos químicos perigosos; Alta flexibilidade das unidades de permeação; Equipamentos compactos sem partes móveis; Possibilidade de mudança do tipo de membrana sem mudança no equipamento; Baixo custo.	Resíduos de saída ainda contêm concentrações de CH_4 ; Corrente de alimentação precisa estar pré-tratada.	90 – 96%
Por absorção	Opera com baixas vazões de biogás; Exige menos infraestrutura; Simples e mais econômico; A água como absorvente é barata, eficiente e ambientalmente correta, mas requer energia intensiva para pressurização e regeneração.	O efluente líquido necessita de pós-tratamento; Descarte de emissores poluentes na atmosfera	95 – 99%
Por adsorção	Simples e de fácil operação; Boa capacidade de retenção de umidade; Baixo custo de energia e recursos.	Necessidade de alta temperatura e pressão, o que pode tornar o processo mais caro	96 – 98%
Por processos criogênicos	Alta pureza do biogás purificado Dispensa uso de solventes químicos e físicos	Uso de equipamentos caros, como compressores, turbinas e trocadores de calor; Tratamento mais complexo Custo de capital e operacional elevado	97%

Quadro 1. Métodos de purificação do biogás

Fonte: Andriatta (2021)

2.2.5 Fatores que influenciam o processo de produção do biogás

Segundo Matias (2022), os principais fatores que influenciam na digestão anaeróbica para o processo de produção de biogás, são: Temperatura, nutrientes presentes na matéria orgânica, pH e o tempo de retenção.

Em conformidade com Ferreira (2020) a produção do biogás é influenciada pelos itens abaixo:

- **pH:** Para maior qualidade na produção de biogás, se faz necessário o controle do pH dentro de biodigestor. O processo de fermentação anaeróbica será afetado caso o pH da matéria orgânica seja inferior a 6 ou superior a 8, resultando em menores porcentagens de CH_4 na composição do biogás.
- **Temperatura:** É necessária que não ocorra grandes mudanças na temperatura interna do biodigestor, caso contrário, afetará drasticamente a produção de biogás, que será diminuída consideravelmente.
- **Tempo de retenção da matéria no biodigestor:** O tempo de retenção é o tempo que a matéria-prima permanece no reator para produzir o biogás. Esse tempo deve ser ajustado de acordo com o tipo de matéria-prima utilizada e o tipo de reator, para garantir a eficiência do processo de produção de biogás.
- **Quantidade de água:** A quantidade de água presente na matéria-prima também influencia o processo de produção de biogás. O teor de umidade ideal para a produção de biogás varia de acordo com o tipo de matéria-prima utilizada.
- **Quantidade de nutrientes:** A presença de nutrientes é essencial para o crescimento e atividade bacteriana responsáveis pela produção de biogás. Para geração de metano com altas concentrações, se faz necessário que a matéria prima utilizada possua boa quantidade de nutrientes.
- **Agitação:** A agitação nos biodigestores é responsável por possibilitar que as bactérias fiquem distribuídas por toda matéria orgânica presente no biodigestor. Além disso com esse procedimento é possível desprender o biogás que se encontra no fundo do reservatório.

Machado (2023) destaca que, além dos fatores já mencionados, a homogeneidade do substrato e a concentração de oxigênio também são importantes no processo de produção de biogás. A homogeneidade favorece o contato das bactérias com o substrato, resultando em maior geração de CH_4 . Já a concentração de oxigênio deve ser mantida baixa, já que o processo de produção de biogás ocorre na ausência de oxigênio, sendo muito importante que o isolamento do sistema ocorra de maneira adequada.

Segundo Junqueira (2014) a produção do biogás pode ocorrer através da fermentação anaeróbica em diversos resíduos orgânicos, tais como: esterco de animais, resíduos agrícolas, lixo, efluentes industriais, entre outros. Sendo assim, além de possuir muitas alternativas para geração de biogás, esses resíduos orgânicos ainda apresentam alta disponibilidade. Entretanto, a FEAM (2015) aponta que, embora a biogás possa ser produzido de diversas matérias orgânicas, dependendo das características destes substratos, se faz necessário processos de pré-tratamento como: triagem, trituração, e diluição para ajuste do teor de sólidos, que devem ser feitos antes de serem inseridos nos biodigestores para produzir o biogás, esses processos têm por objetivo a homogeneização do substrato e do tamanho médio das partículas.



2.2.6 Vantagens e aplicações do biogás

De acordo com Pericoli, Soares e Pina (2018) o biogás apresentar vantagens como:

- a) Alto poder energético como combustível. É importante destacar que o poder energético do biogás é diretamente proporcional a concentração de metano presente em sua composição (IANNICELLI, 2008). E que o biogás ao passar pelo processo de purificação para atingir concentrações de metano superiores a 95%, passa-se a se chamar de biometano (Machado, 2023);
- b) É um combustível considerado barato em relação ao mercado;
- c) É ambientalmente viável, principalmente quando comparado aos combustíveis fósseis que são altamente poluentes;
- d) Sua utilização em comparação aos combustíveis de origem fóssil, contribui para minimizar o efeito estufa.

Em concordância com Matias (2022) a produção de biogás se torna vantajoso pela utilização de resíduos orgânicos poluentes e de difícil destinação como: fezes de animais, restos de comida, lodo de esgoto, RSU, entre outras, diminuindo a emissão de CH_4 que esses resíduos emitiriam à atmosfera, evita-se também a emissão de CO_2 ocasionadas pela queima irregular de lixo e outros resíduos.

Outras vantagens citadas por Milanez *et al.* (2018) são: a capacidade de geração contínua, possibilidade de armazenamento a baixos custos, e sua estabilidade permite que ele atue como mecanismo intermitente de outras fontes de combustíveis. Além disso, o processo de produção de biogás também gera biofertilizantes que possuem aplicações principalmente em setores agroindustriais.

Segundo a CIBiogás (2021), aponta que no ano de 2021, 71% do biogás produzido no Brasil foram destinados para produção de energia elétrica, o que corresponde a 1,7 bi Nm^3 /ano de biogás destinados a essa aplicação, gerando 2,9 TWh/ano, o que equivale ao abastecimento elétrico de mais de 1 milhão de residências. A empresa também afirma que aproximadamente 7% do biogás produzido foram destinados a geração de energia térmica, com aplicações em queima em caldeiras, secagem de grãos e lodo de esgoto, entre outras.

De acordo com o Milanez *et al.* (2018) as principais aplicações do biogás são: geração de energia elétrica, produção de biometano em substituição ao gás natural, em especial ao abastecimento veicular e o uso dos biofertilizantes que são produzidos junto ao biogás durante o processo de digestão anaeróbica nos biodigestores.

Em concordância com Viera e Polli (2020) o biogás em sua forma natural pode ser utilizado como substituto a vários combustíveis, possuindo aplicações em objetos como: fogões, geladeiras, lâmpões, refrigeradores entre outros equipamentos que possuem adaptação para utilização do biogás, já para motores e outros equipamentos, se faz necessário o processo de purificação para retirada do gás sulfídrico que provoca corrosão.

3. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo geral discorrer sobre o processo de produção industrial do biogás, baseando-se em revisão de literatura através de produções científicas, com a finalidade de informar aos leitores sobre a formação do biogás a nível industrial, para isso, foi apresentado informações de relevância quanto a esse produto.

Sendo assim, este trabalho foi dividido em temas que informasse ao leitor os pontos-chaves para entendimento acerca da produção industrial do biogás, tais como: a definição do biogás, os equipamentos (biodigestores) para sua produção, as etapas em seu processo industrial e os fatores que o influenciam, as vantagens em sua fabricação, e sua aplicação/utilização após sua produção.

A busca por combustíveis menos poluentes e de origem renováveis é um assunto bastante discutido, principalmente pelos benefícios ambientais atrelados a economia, com desenvolvimento mais sustentável, sobretudo como forma de alternativa aos combustíveis de origem fóssil. Sendo vantajoso a produção do biogás, pois além de dar uma destinação final aos passivos ambientais, ainda há a produção de produtos com valor comercial, como o biogás e o biofertilizante.

O presente trabalho atendeu ao seu objetivo geral de discorrer sobre o processo de produção industrial do biogás, mostrando que este processo possui vantagens ambientais devido a sua produção oriunda da matéria orgânica, e que geram resíduos que podem ser utilizados para produção de biofertilizantes. A produção do biogás é mais barata quando comparada a outros combustíveis e possui várias aplicações industriais devido ao seu alto poder energético, tais como: produção de energia elétrica, geração de energia térmica e produção de biometano.

Referências

- ANDRIATTA, Andressa Amorim. **Avaliação teórica de diferentes processos de purificação de biogás**. 2021. 48f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo. 2021. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/60627>. Acesso em: 23 de abr. 2023.
- ARAÚJO, Ana Paula Caixeta *et al.* **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. 2017. 40f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, São Paulo. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20292>. Acesso em: 16 de maio. 2023.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO (BNDES). **Biogás: a próxima fronteira da energia renovável**. 2018. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/biogas>. Acesso em: 27 de abr. 2023.
- BARROS, R. T. V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Ed. Tessitura, 2012, 424p.
- BARROS, Talita Delgrossi. **Biogás**. Embrapa. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas>. Acesso em 16 abr. 2023.
- BEZERRA, Gabriela Pecorelli Figueiredo *et al.* **Avaliação de diferentes modelos de biodigestores para tratamento de resíduos sólidos urbanos gerados no Restaurante Universitário da UFPB**. 2016. 61f. Dissertação (Mestrado em Gestão de resíduos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba. Paraíba. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/9120>. Acesso em 23 abr. 2023.
- CIBIOGÁS. **PANORAMA DO BIOGÁS NO BRASIL 2021**. 2021. Disponível em: <https://cibiogas.org/wp-content/uploads/2022/04/NT-PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2021.pdf>. Acesso em 26 abr. 2023.
- DARONCO, Neila Fabiane. **Vamos saber mais sobre a produção de energia renovável por meio dos biodigestores?** 2019. Disponível em: <https://fahor.com.br/noticias/2664-vamos-saber-mais-sobre-a-producao-de-energia-renovavel-por-meio-dos-biodigestores>. Acesso em 23 abr. 2023.
- DE SOUZA FERREIRA, Ramon. **Biodigesters and the factors that determine their maximum production. Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e544972677-e544972677, 2020. Disponível em: <https://rsd-journal.org/index.php/rsd/article/view/2677>. Acesso em 29 abr. 2023.
- Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). **Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ)**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://www.feam.br>

images/stories/2015/PRODUCAO_SUSATENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/Guia_Biogás.pdf. Acesso em 25 abr. 2023.

IANNICELLI, André Luiz. **Reaproveitamento energético do biogás de uma indústria cervejeira**. 2008. 84f. Dissertação (Mestrado em Energia e Gestão Ambiental na indústria) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté. São Paulo. 2008. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/702>. Acesso em 16 abr. 2023.

MACHADO, Gleysson B. **Biodigestão anaeróbia**. Portal do Biogás. 2023. Disponível em: <https://portaldobio-gas.com/biodigestao-anaerobia>. Acesso em 23 abr. 2023.

MARCUCCI, Leandro Willian. **Otimização da produção de biogás em biodigestores batelada**. 2018. 63f. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo. 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/153157>. Acesso em 23 maio 2023.

MATIAS, Kervyson Cavalcante. **Produção de Biogás a partir de resíduos orgânicos visando aplicação em aquecimento e cocção de alimentos em substituição ao gás natural**. 2022. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/46186>. Acesso em 27 abr. 2023.

MILANEZ, Artur. Biogás de resíduos agroindustriais: panorama e perspectivas. **BNDES Setorial 47**, Rio de Janeiro, BNDES Setorial, n. 47, mar. 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15221>. Acesso em 06 maio 2023.

SILVA, José Lucas Lemos da. **Biodigestores: O uso do gás metano como fonte de energia limpa e sustentável**. 2022. Dissertação (Mestrado em Docência para o Ensino Profissional e Tecnológico). Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Paraíba. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2613>. Acesso em 23 abr. 2023.

SILVA, Laíse Nathaine Medeiros; DE SÁ, Franciéli Lima. **Biodigestor em propriedades rurais: uma alternativa para confinamentos bovinos**. 2018. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/4b497-silva,-l.-n.-m.-biodigestor-em-propriedades-rurais-uma-alternativa-para-confinamentos-bovinos.-tcc,-2019..pdf>. Acesso em 24 abr. 2023.

SILVA, Marcio; Mezzari Melissa. TRATAMENTO E PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS. In: KUNZ, Airton; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis; DO AMARAL, André Cestonaro. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1141618/fundamentos-da-digestao-anaerobia-purificacao-do-biogas-uso-e-tratamento-do-digestato>. Acesso em 23 abr. 2023.

SOARES, Fabrício Vitor; PINA, Marcelo Augusto Jacob da Silva. **ANÁLISE DA PRODUÇÃO E APLICAÇÕES DO BIOGÁS**. 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/1469>. Acesso em 27 abr. 2023.

STEINMTZ, Ricardo. **Os modelos de biodigestores e bases para o seu dimensionamento**. Embrapa. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Curso+Biogás+-+03+-+Os+modelos+de+biodigestores+e+bases+para+seu+dimensionamento.pdf>. Acesso em 25 abr. 2023.

TORRES, Aline; PEDROSA, João Felipe; Moura, Johnson. **Fundamentos de implantação de biodigestores em propriedades rurais**. 2012. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1248>. Acesso em 23 abr. 2023.

VIEIRA, Henrique Gois; POLLI, Henrique Quero. **O biogás como fonte alternativa de energia**. Revista Interface Tecnológica, v. 17, n. 1, p. 388-400, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/766>. Acesso em 26 abr. 2023.

ZANETTI, A.; ARRIECHE, L. S.; SARTORI, D. J. M. **Estudo da composição ótima de diferentes resíduos orgânicos para a produção de biogás**. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química-COBEQ. 2014. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/8503/eca04402fc934e886902e3850d46d5f995c5.pdf>. Acesso em 16 abr. 2023.



33

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA PRODUÇÃO DE
BIOCOMBUSTÍVEIS
USING ORGANIC WASTE TO PRODUCE BIOFUELS

Leandra de Sousa Castro

Resumo

Realizada sob a forma de uma revisão bibliográfica, o presente artigo consistiu em reunir e analisar criticamente os estudos atuais sobre a conversão de resíduos orgânicos para biocombustíveis. Descobriu-se que a utilização dos resíduos, tais como resíduos agrícolas e resíduos alimentares, pode constituir uma fonte sustentável de matéria-prima para a produção de biocombustíveis, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e as emissões de gases com efeito de estufa. O estudo sublinha a necessidade de selecionar as técnicas de conversão corretas, como a digestão anaeróbia e a pirólise, para melhorar a produção a partir de várias formas de resíduos orgânicos, além de investigar a viabilidade e as vantagens ambientais. No entanto, há obstáculos tecnológicos e econômicos que têm ainda de ser ultrapassados antes de proceder à sua adoção em grande escala. Por último, o estudo salienta o potencial promissor dos resíduos orgânicos como alternativa sustentável na produção de biocombustíveis, apelando a mais investimento e apoiando políticas que promovam a mudança para fontes de energia mais limpas e renováveis.

Palavras-chave: Biomassa, Biodiesel, Etanol lignocelulósico, Biogás.

Abstract

Carried out in the form of a literature review, this article consisted of gathering and critically analyzing current studies on the conversion of organic waste to biofuels. It found that the use of waste, such as agricultural waste and food waste, can be a sustainable source of raw material for biofuel production, reducing dependence on fossil fuels and greenhouse gas emissions. The study underlines the need to select the right conversion techniques, such as anaerobic digestion and pyrolysis, to improve production from various forms of organic waste, as well as investigating feasibility and environmental advantages. However, there are technological and economic obstacles that still need to be overcome before they can be adopted on a large scale. Finally, the study highlights the promising potential of organic waste as a sustainable alternative in the production of biofuels, calling for more investment and supporting policies that promote the shift towards cleaner, renewable energy sources.

Keywords: Biomass, Biodiesel, Lignocellulosic Ethanol, Biogas.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos orgânicos no fabrico de biocombustíveis é um assunto de suma importância. Os biocombustíveis são combustíveis derivados de fontes biológicas. Plantas como o milho, soja, cana-de-açúcar, mamona e canola são alguns exemplos. Podem ser produzidos a partir de resíduos orgânicos, tema central deste artigo. Seu uso tem a vantagem de reduzir drasticamente as emissões de gases nocivos. Eles também são vantajosos pois, ao contrário dos combustíveis fósseis como diesel, gasolina, querosene e carvão, são uma fonte renovável de energia.

A procura por substitutos de combustíveis fósseis tem sido alimentada por crescentes preocupações com a sustentabilidade ambiental e a busca por fontes de energia limpas e renováveis. A utilização de resíduos orgânicos na geração de biocombustíveis surgiu como uma opção viável nesta situação. O uso de biocombustíveis pode ajudar a tornar o gerenciamento de resíduos mais eficaz, diminuindo a quantidade de lixo transportado para aterros e, como resultado, diminuindo os efeitos ambientais associados ao descarte inadequado de resíduos. Comparada a outras fontes de biomassa, a geração de biocombustíveis a partir de resíduos orgânicos apresenta benefícios, incluindo menor impacto ambiental e menor rivalidade com a produção de alimentos.

A pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias eficientes para a produção de biocombustíveis, são fundamentais para promover a transição para um modelo de economia mais sustentável e extinguir os impactos negativos do consumo de combustíveis fósseis, e da má gestão de resíduos no meio ambiente e na saúde pública.

Além de contribuir para o avanço do conhecimento científico na área, explorando diferentes abordagens e técnicas para produção a partir de resíduos orgânicos. Isso pode ser especialmente importante para aprimorar a eficiência e a viabilidade econômica dessas tecnologias. Desta maneira, a problemática do estudo se enfatiza no seguinte questionamento: Qual é o impacto do uso de diferentes tipos de resíduos orgânicos na produção de biocombustíveis?

O consumo global de alimentos e energia tem consequências negativas para o meio ambiente, especialmente devido à má gestão dos resíduos orgânicos. Nesse contexto, uma maneira de mitigar esses impactos é tratando adequadamente os resíduos gerados em todos os setores.

Portanto, o objetivo geral deste artigo de revisão foi realizar uma revisão bibliográfica embasada em publicações que empregam resíduos orgânicos e a biomassa de algas como matéria-prima para a produção de biocombustíveis e como objetivo específico destacar que é possível manter o ciclo de vida dos resíduos, que de outra forma seriam descartados no meio ambiente, ao transformá-los em fonte de renda e contribuir para a redução das emissões de poluentes.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O trabalho consiste em uma revisão integrativa de literatura, com buscas em artigos científicos, teses, monografias e revistas veiculadas nas bases de dados do Google acadêmico, Scielo e Biblioteca Digital no período de 2010 a 2023. A busca dos estudos foi realiza-



da no período entre agosto e novembro de 2023 e, para isso, foram utilizadas palavras-chaves ou descritores na língua portuguesa: Biocombustíveis. Biomassa. Resíduos Orgânicos. Biomassa de Algas. Etanol Lignocelulósico.

A análise dos estudos seguiu critérios de elegibilidade previamente determinados, sendo eles: (1) estudos recentes para executar a escolha da temática, garantindo maior fidedignidade; (2) manuscrito em português; (3) estudos publicados nos últimos dez anos; (4) estudos que apresentassem o conteúdo do abordado.

Assim, foram adotados os seguintes critérios de exclusão: (1) estudos que não exibiram resultados pertinentes ao estudo; (2) estudos que limitaram o acesso; (3) estudos que para ter acesso na íntegra, tinham que ser pagos.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Etanol e Bioetanol

O etanol consiste em um biocombustível líquido que tem origem em fontes de açúcar bruto ou amido. É amplamente utilizado como aditivo na gasolina é produzido principalmente pelo método de fermentação, onde micro-organismos quebram os açúcares para transformá-los em etanol. Há também uma versão de bioetanol chamada etanol lignocelulósico, considerado um biocombustível de segunda geração, por não ser criado através de formas tradicionais (BARBOSA, 2011).

A biomassa lignocelulósica, como resíduos agrícolas, florestais e de processos industriais, representa uma fonte potencial para a produção de bioetanol. No entanto, o processo de hidrólise desses materiais é complexo e requer tecnologias avançadas para superar as barreiras de degradação da celulose e hemicelulose. Estudos demonstraram que a substituição de gasolina por etanol pode resultar em reduções significativas nas emissões de dióxido de carbono (CO₂) (WANG *et al.*, 2018).

O bioetanol também possui uma pegada de carbono relativamente baixa, principalmente quando produzido a partir de matérias-primas que não competem com a produção de alimentos (SINGH *et al.*, 2010). Outra vantagem é sua capacidade de diversificar a matriz energética de um país, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis importados e promovendo a segurança energética. O Brasil tem alcançado grande sucesso na produção de bioetanol a partir da cana-de-açúcar, tornando-se líder global nesse setor (GOLDEMBERG *et al.*, 2008).

Não obstante, é importante considerar alguns desafios e limitações associados ao bioetanol. A produção em larga escala pode exigir grandes áreas de cultivo, o que pode resultar na conversão de terras agrícolas ou desmatamento, com impactos negativos no meio ambiente e na biodiversidade. Também, a produção de bioetanol a partir de certas matérias-primas, como o milho, pode ter impactos sobre os preços dos alimentos, aumentando a pressão sobre a segurança alimentar. Em suma, o etanol possui vantagens ambientais e energéticas, mas se faz necessário considerar os impactos sociais, ambientais e econômicos associados à sua produção em larga escala (COSTA; BURNQUIST, 2016).

2.2.2 Biodiesel

De acordo com Reis e Almeida (2012), publicado na revista do Instituto Federal Fluminense, aponta que o biodiesel apresenta muitas vantagens ambientais, entre elas a dimi-

nuição das emissões de gás carbônico (CO_2), a ausência de enxofre e menor geração de partículas poluentes. Uma tonelada de biodiesel evita a emissão de 2,5 toneladas de CO_2 para a atmosfera.

O biodiesel emprega diferentes matérias-primas como: gordura animal, amendoim, algas e a biomassa através do processo de pirólise. O método utilizado para conversão fica por conta da transesterificação usando diferentes catalisadores químicos ou enzimáticos, como apresentado na figura 1 (SANTOS, 2015).

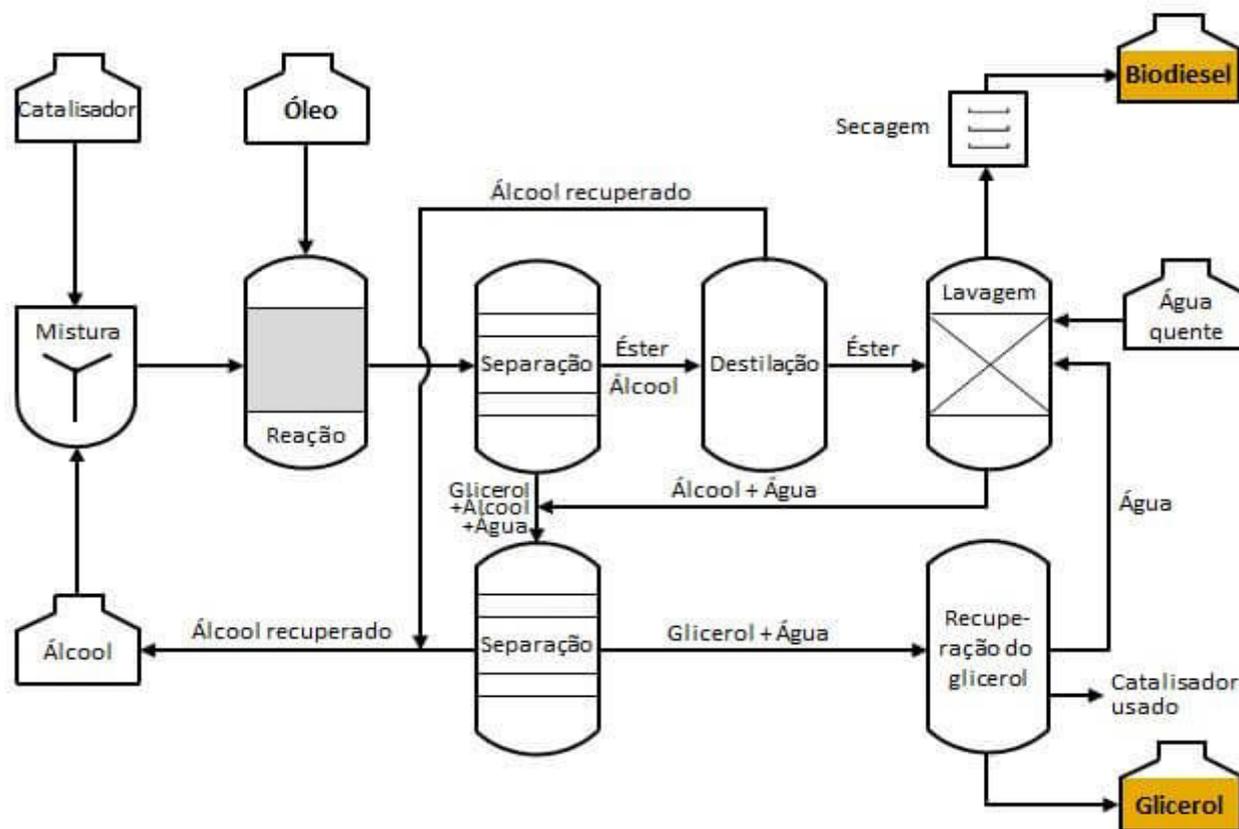


Figura 1. Fluxograma descrevendo o processo de produção do biodiesel

Fonte: Oliveira (2021)

Há diversas maneiras de se produzir biodiesel, entre elas estão a pirólise, micro emulsão, esterificação ácida, método do fluido supercrítico e transesterificação, sendo este último o mais utilizado é apontado na figura 1.

A pirólise pode ser definida como a degradação térmica do material orgânico na ausência parcial ou total de um agente oxidante, ou mesmo num ambiente com uma concentração de oxigênio capaz de impedir a gaseificação intensiva do material orgânico. A pirólise ocorre, a partir de uma temperatura de 400°C , até ao início do sistema de gaseificação (GUEDES, 2010).

Guerra (2010) a pirólise é um dos cinco processos de conversão térmica da biomassa que se caracteriza pela biodegradação térmica do combustível sólido, a qual pode ser realizada em ausência completa de oxidante ou em quantidades que a gaseificação não ocorra extensivamente, cujo objetivo principal é a obtenção de biocombustíveis tecnicamente mais avançados de forma econômica e ambientalmente competitiva e sustentável.

2.2.3 Biogás

O biogás é uma fonte de energia versátil, possuindo uma gama de aplicações, tais como: aquecimento, geração de eletricidade e combustível veicular. Ele é adquirido a partir da decomposição anaeróbia de matéria orgânica. Durante esse processo, a matéria orgânica libera gás metano (CH_4), que por sua vez é mais potente que o dióxido de carbono (CO_2). Portanto, capturar e fazer uso do metano do biogás evita sua liberação para a atmosfera, reduzindo o impacto no aquecimento global (MEIRA, 2011).

Contribuindo para a gestão sustentável de resíduos, ao utilizar resíduos orgânicos como matéria-prima para a produção de biogás, é possível reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários, prevenindo a liberação de gases poluentes e ocorrência de processos de decomposição anaeróbica não controlada (SANTOS, 2015). O desenvolvimento do biogás enfrenta desafios e limitações. A disponibilidade de matéria orgânica adequada e a infraestrutura necessária para a produção, captura e distribuição de biogás são fatores críticos.

Em síntese, o biogás possui grande potencial para gerenciar resíduos de forma eficaz. Todavia, o custo de implementação de sistemas de produção de biogás pode ser um obstáculo para sua adoção em larga escala (COSTA, 2016). Contudo, o avanço tecnológico, as políticas de incentivo, e considerando os aspectos regulatórios para promover sua adoção efetiva e sustentável, este desafio é superado.

Os biocombustíveis, como o etanol, biodiesel e biogás, representam uma alternativa promissora para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases de efeito estufa. No entanto, é crucial considerar cuidadosamente os desafios e impactos associados à produção e uso em larga escala desses biocombustíveis (MEIRE, 2011).

A produção em grande escala de biocombustíveis pode ter impactos significativos no meio ambiente e nas comunidades locais. Por exemplo, a expansão de cultivos para a produção de matérias-primas (como cana-de-açúcar, milho, entre outros) para biocombustíveis pode levar à conversão de terras naturais, desmatamento e perda de biodiversidade. Além disso, a competição por terras entre a produção de alimentos e biocombustíveis pode aumentar os preços dos alimentos, impactando a segurança alimentar em algumas regiões (GUEDES, 2010).

A eficiência na produção de biocombustíveis é um fator crítico. É essencial que os métodos de produção sejam sustentáveis e que a relação entre a energia investida na produção e a energia gerada pelo biocombustível seja favorável. Além disso, é fundamental o uso de matérias-primas que não concorram diretamente com a produção de alimentos para evitar pressões adicionais sobre a segurança alimentar (GUERRA, 2010).

A superação de barreiras tecnológicas é essencial para expandir a produção de biocombustíveis de forma eficaz e sustentável. Isso inclui o avanço em técnicas de hidrólise para a produção de bioetanol a partir de biomassa lignocelulósica e o desenvolvimento de métodos eficientes de transesterificação para a produção de biodiesel (SANTOS, 2015).

Políticas e regulamentações claras são cruciais para orientar o desenvolvimento e uso de biocombustíveis. Isso inclui incentivos fiscais, padrões de emissões, certificações de sustentabilidade e diretrizes para a gestão de resíduos e resíduos orgânicos (LOURENZANI; BERNARDO, 2016). É imperativo realizar avaliações de ciclo de vida para analisar o impacto ambiental completo dos biocombustíveis, desde a produção até o uso final. Isso inclui a consideração de emissões de gases de efeito estufa, uso de água, ocupação de terras, entre outros.

De acordo com Santos (2015), para atingir os objetivos associados à busca por fontes de energia mais limpas e sustentáveis, a redução das emissões de gases de efeito estufa, a promoção da segurança energética e a gestão eficaz de resíduos orgânicos, é fundamental abordar os desafios e considerar os impactos sociais, ambientais e econômicos associados à produção e uso de biocombustíveis em larga escala. Isso requer a colaboração de governos, indústrias e comunidades para desenvolver soluções sustentáveis e promover a transição para uma matriz energética mais verde e sustentável. A produção em larga escala desses combustíveis alternativos pode ter impactos significativos tanto no meio ambiente quanto nas comunidades locais.

Para Costa (2016), a expansão de cultivos para a produção de matérias-primas pode resultar em desmatamento, conversão de terras naturais e perda de biodiversidade. Além disso, a competição por terras entre a produção de alimentos e biocombustíveis pode gerar pressões adicionais sobre a segurança alimentar em algumas regiões.

A eficiência na produção de biocombustíveis é um elemento crítico. É imperativo que os métodos de produção sejam sustentáveis e que a relação entre a energia investida na produção e a energia gerada pelo biocombustível seja favorável. O uso de matérias-primas que não concorram diretamente com a produção de alimentos é essencial para mitigar possíveis impactos sobre a segurança alimentar (LOURENZANI; BERNARDO, 2016).

A superação de barreiras tecnológicas é outro ponto fundamental para expandir a produção de biocombustíveis de maneira eficaz e sustentável. Isso inclui avanços em técnicas de hidrólise para a produção de bioetanol a partir de biomassa lignocelulósica, bem como o desenvolvimento de métodos eficientes de transesterificação para a produção de biodiesel.

Políticas e regulamentações claras são cruciais para orientar o desenvolvimento e uso de biocombustíveis. Incentivos fiscais, padrões de emissões, certificações de sustentabilidade e diretrizes para a gestão de resíduos e resíduos orgânicos são aspectos que devem ser considerados (MEIRE, 2011).

A realização de avaliações de ciclo de vida é imperativa para analisar o impacto ambiental completo dos biocombustíveis, desde a produção até o uso final. Isso envolve a consideração de emissões de gases de efeito estufa, uso de água, ocupação de terras, entre outros fatores (BARBOSA, 2011). Além disso, a produção de biocombustíveis pode ter um impacto significativo no desenvolvimento rural e na economia local. Pode criar novas oportunidades de emprego, mas também é essencial garantir condições de trabalho adequadas e evitar o deslocamento de comunidades locais.

3. CONCLUSÃO

Em conclusão, os biocombustíveis representam uma valiosa alternativa na busca por fontes de energia mais sustentáveis e ambientalmente amigáveis. No entanto, sua produção em larga escala não está isenta de desafios e implicações significativas. É imperativo considerar cuidadosamente os impactos sociais, ambientais e econômicos associados à produção e utilização desses combustíveis alternativos.

A expansão dos cultivos para a produção de matérias-primas, embora promissora para a produção de biocombustíveis, pode ter consequências sérias, como desmatamento e pressões sobre a segurança alimentar. Portanto, a seleção criteriosa de matérias-primas e o desenvolvimento de tecnologias avançadas são essenciais para garantir a sustentabilidade dessa indústria.



Além disso, a integração de biocombustíveis com outras fontes de energia renovável e a promoção de políticas e regulamentações claras são passos cruciais na transição para uma matriz energética mais verde. A educação pública e a conscientização sobre os benefícios e desafios dos biocombustíveis também são elementos fundamentais para o sucesso desta transição.

Em última análise, a implementação bem-sucedida dos biocombustíveis requer uma abordagem abrangente que leve em conta uma variedade de fatores, desde considerações ambientais até impactos sociais e econômicos. Com a colaboração entre governos, indústrias e comunidades, é possível superar os desafios e maximizar os benefícios dos biocombustíveis, contribuindo assim para um futuro mais sustentável para as gerações futuras.

Referências

- BARBOSA, Vitor da Silva et al. Comportamento de cultivares de soja, em diferentes épocas de semeaduras, visando a produção de biocombustível. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 742-749, 2011.
- COSTA, Cinthia Cabral da; BURNQUIST, Heloisa Lee. Impactos do controle do preço da gasolina sobre o etanol biocombustível no Brasil. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 46, p. 1003-1028, 2016.
- GOLDEMBERG, José; COELHO, Suani; GUARDABASSI, Patricia. **The sustainability of ethanol production from sugarcane**. 2008. CENBIO—Centro Nacional de Referência em Biomassa, IEE— Instituto de Energia e Ambiente, USP—Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421508001080>.
- HOLMGREN, K; DAHLGREN, S; & BAKY, A. 2016. **Biogas from a Climate Perspective—The Case of Denmark**. *Renewable and Sustainable Energy reviews*, 59, 62-72.
- GUEDES, Carmen Luisa Barbosa et al. Avaliação de biocombustível derivado do bio-óleo obtido por pirólise rápida de biomassa lignocelulósica como aditivo para gasolina. **Química Nova**, v. 33, p. 781-786, 2010.
- GUERRA, Edson Perez; FUCHS, Werner. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 8, n. 1, p. 103-112, 2010.
- MEIRA, Marilena et al. Identificação de adulteração de biocombustível por adição de óleo residual ao diesel por espectrofluorimetria total 3d e análise das componentes principais. **Química Nova**, v. 34, p. 621-624, 2011.
- LOURENZANI, Wagner Luiz; BERNARDO, Roberto; CALDAS, Marcellus Marques. Produção de biocombustível e alteração da composição agropecuária no Centro-Oeste do Brasil. **Interações (Campo Grande)**, v. 17, p. 561-575, 2016.
- MOSCHINI, G, CUI, J; & LAPAN, H. **Economics of Biofuels: An Overview of Policies, Impacts and Prospects**. *Bio-Based and Applied Economics*. Set. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.13128/BAE-11143>.
- OLIVEIRA, Fernando. **Processo de Produção de Biodiesel**. Sustainare, 2021. Disponível em: <https://www.sustainare.com.br/producao-brasileira-de-etanol-caiu-em-2021/>.
- REIS, Gêssica; ALMEIDA, Rhallyme. **Biocombustíveis**. 2012. Instituto Federal Fluminense. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/issue/view/102>.
- SANTOS, Marcelo Costa et al. **Estudo do processo de craqueamento termocatalítico da borra de neutralização do óleo de palma para produção de biocombustível**. 2015.
- TRZCINSKI, Antoine. **Biofuels from food waste: applications of saccharification using fungal solid-state fermentation**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2018.
- WANG, Y; CHENG, M-H. **Greenhouse gas emissions embedded in US-China fuel ethanol trade: A comparative well-to-wheel estimate**. *Journal of Cleaner Production*, v. 183, p. 653-661, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.080>.



34

O PROCESSO INDUSTRIAL NA CONVERSÃO DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS AGROINDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DE
FERTILIZANTES

THE INDUSTRIAL PROCESS IN THE CONVERSION OF
AGROINDUSTRIAL ORGANIC WASTE FOR THE PRODUCTION OF
FERTILIZERS

Rayanne Oliveira do Nascimento
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Orlando Benício Santos
Flavia Cristina De Oliveira Maciel
Kleber Augusto Da Silva De Sousa
Unielson Conceição Pacheco

Resumo

Devido a problemática dos impactos ambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos orgânicos, de forma geral, e principalmente provenientes de agroindustriais, a presente pesquisa apresentou uma revisão de literatura sobre o processo industrial na conversão desses resíduos para a produção de fertilizantes, que visa compreender os processos industriais viáveis para produzir fertilizantes através de resíduos orgânicos oriundos de agroindústrias. Para a elaboração deste estudo, foi usada a pesquisa bibliográfica como metodologia, viabilizando a discussão sobre: o conceito de fertilizantes; os resíduos orgânicos agroindustriais; as vantagens e desvantagens do uso e da produção desse tipo de fertilizante; os tipos de processos industriais empregados para a produção. Com isso, os resultados da pesquisa evidenciam que os fertilizantes produzidos através dos resíduos orgânicos agroindustriais são uma alternativa viável para minimizar os impactos ambientais e atribuir valor comercial a um produto muito utilizado em diversos setores industriais e que esses resíduos podem ser reaproveitados sendo usados para um produto acabado, o fertilizante.

Palavras-chave: Descarte, Impactos, Agroindústria.

Abstract

Due to problems of environmental impacts caused by the disposal of organic waste, in general, and mainly from agro-industrial industries, this research presented a literature review on the industrial process in the conversion of these wastes to the production of fertilizers, which aims to understand viable industrial processes for producing fertilizers using organic waste from agro-industries. To prepare this study, bibliographical research was used as a methodology, enabling discussion on the concept of fertilizers; agro-industrial organic waste; the advantages and disadvantages of using and producing this type of fertilizer; the types of industrial processes used for production. Therefore, the research results show that fertilizers produced from agro-industrial organic waste are a viable alternative to minimize environmental impacts and consider commercial value for a product widely used in various industrial sectors and that these wastes can be reused by being used. to a final product, fertilizer.

Keywords: Disposal, Impacts, Agroindustry.

1. INTRODUÇÃO

O mundo vive uma problemática derivada do descarte incorreto de resíduos orgânicos. O descarte irregular de resíduos orgânicos proveniente tanto da sociedade como um todo, quanto de setores industriais, vem ocasionando problemas sérios ao meio ambiente. Os setores agroindustriais produzem grandes quantidades de resíduos sendo estes líquidos e sólidos, gerados, como exemplo, no processamento de alimentos, nos abatedouros, na fabricação de couro, madeira, fibras, na produção de açúcar e álcool. Esses resíduos podem ser reaproveitados sendo usados para um produto acabado, o fertilizante.

Compreender os processos industriais viáveis para produzir fertilizantes através de resíduos orgânicos oriundos de agroindústrias, ao longo tempo, aumentou o número de pessoas que despertam interesse nesse assunto e transformam os resíduos de suas empresas em fertilizantes. Assim a presente pesquisa visa responder ao questionamento: Como são realizados os processos industriais para a produção de fertilizantes a partir dos resíduos orgânicos agroindustriais?

Para alcançarmos as respostas para o questionamento proposto temos como objetivos entender os processos industriais para produzir fertilizantes através de resíduos orgânicos; demonstrar as vantagens e desvantagens dos processos industriais na produção de fertilizantes de resíduos orgânicos; destacar os tipos de processos industriais para a produção de fertilizante por meio de resíduos orgânicos oriundos da agroindústria.

Torna-se relevante a pesquisa, pois apresenta os processos para a produção de fertilizantes através de resíduos orgânicos, além disso, proporcionará aos leitores um conhecimento sobre a importância do descarte adequado dos resíduos nas agroindústrias. Portanto, é importante que se tenha meios funcionais de como enfrentar esses problemas ocasionado pelo descarte incorreto de lixo, entre as opções temos a conversão de resíduos orgânicos para produção de fertilizantes. Sendo essa uma alternativa que pode transformar um problema ambiental, em um produto com valor comercial e com utilização em setores industriais.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O tipo de pesquisa que foi realizada neste trabalho tratou-se de uma revisão de literatura, de caráter qualitativo e descritivo. Foram pesquisados livros, revistas, bem como trabalhos científicos como dissertações, teses e artigos publicados nos últimos trinta anos. Foram utilizados bases de dados como o Google Acadêmico e a Scielo. As palavras-chaves usadas foram: resíduos; orgânicos, fertilizantes; agroindústria.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Fertilizantes

Os fertilizantes são produtos orgânicos ou não, originado naturalmente ou não, que quando lançado ao solo forneça suprimentos fundamentais para o crescimento saudável da planta, apontando que os adubos minerais precisam de uma certa gama de características, mas que todos eles podem ser apresentados de forma sólidas, solúveis e em



poucos casos gasosos (LOPES, GUILHERME, 2010). O controle da qualidade de fertilizantes orgânicos de origem urbana utilizados na agricultura é hoje de suma importância para classe produtora rural, em detrimento da necessidade de planejamento de fertilização de menor custo e que pode ser usado como insumo.

Considera-se que 50% da produtividade das lavouras esteja associada a utilização correta dos fertilizantes, evidenciando a importância de conhecer as premissas básicas da aplicação de fertilizantes e corretivos agrícolas, sabendo o que este produto irá causar ao solo, a planta e ao planeta, buscando sempre sua melhor utilização (LOPES, GUILHERME, 2010).

Entende-se que fertilizantes são substâncias minerais ou não minerais, de origem natural ou sintética, que são capazes de fornecer às plantas nutrientes essenciais a seu desenvolvimento, proporcionando o aumento da produção agrícola e que sua utilização representa cerca de 30 a 40% das despesas variáveis no plantio de grãos no território brasileiro. Porém, sua utilização dependente dos padrões mínimos de qualidade e segurança alimentar, para evitar, assim, a contaminação do solo, da água e dos produtos plantados (TRANI, TRANI, 2011).

A conversão de resíduos orgânicos em fertilizantes é um processo que envolve a decomposição e transformação desses resíduos em nutrientes úteis para plantas e solo. Tendo em vista que para se desenvolver e crescer de forma saudável as plantas em geral necessitam de muitos nutrientes que a terra não dispõe de maneira natural ou não dispõe nas quantidades necessárias, principalmente os chamados macro nutrientes que são o Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), evidenciando assim a necessidade da utilização de produtos químicos que supram tais necessidades. (LOPES, GUILHERME, 2010)

Os fertilizantes são substâncias que são utilizadas para enriquecer o solo e fornecer nutrientes às plantas, o que acaba por aumentar seu crescimento e produção. Esses nutrientes podem incluir nitrogênio, fósforo e potássio. O nitrogênio é utilizado pelos vegetais para a metabolização de proteínas fundamentais para o crescimento e desenvolvimento da planta. O fósforo é utilizado na geração de energia pela planta, sendo necessário ao processo de fotossíntese e de reprodução, bem como ao processo de crescimento e sustentação dos vegetais e animais (LOPES, 1998). O potássio é o responsável por resistência a doenças, manuseio e durabilidade das plantas. O enxofre, apesar de ser um macronutriente secundário, é essencial na solubilização do fósforo e, conseqüentemente, em sua absorção pelos vegetais (LOBO, 2008).

De acordo com Lopes (1998) os elementos não minerais encontrados nos fertilizantes são carbono, hidrogênio e oxigênio. Entre os minerais, os mais importantes são divididos em três grupos segundo o grau de importância e a quantidade necessária às plantas:

- Macronutrientes primários – assim denominados por serem absorvidos em grandes quantidades pelas plantas, como: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), normalmente fornecidos às plantas na forma de misturas ou formulações, pertencentes ao grupo NPK;
- Macronutrientes secundários – que são absorvidos em menores quantidades pelas plantas, como: cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e enxofre (S);
- Micronutrientes – assim chamados por serem administrados em quantidades menores do que as dos macronutrientes, como: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), zinco (Zn), níquel (Ni) – se presentes no solo em quantidade excessiva à demanda das plantas, podem ser tóxicos aos vegetais.

2.2.2 Resíduos orgânicos agroindustriais

De acordo com Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2017), a união de uma nova geração de ambientalistas com proposições racionais para a agricultura trouxe técnicas para o aproveitamento de resíduos, fechando o ciclo produtivo de certa cadeia agroindustrial com o mínimo de rejeitos dispostos em aterros ou lançados diretamente no solo, atmosfera ou corpos de água. Esses resíduos são uma fonte importante de matéria orgânica que pode ser transformada em adubo e utilizada na agricultura e jardinagem.

A FAO relatou em seu estudo que a demanda mundial de alimentos em 2022 deverá aumentar 20% sobre o consumo de 2012. Consequentemente, com o aumento da produtividade nas plantações a necessidade da utilização de fertilizantes aumenta (FAO, 2017).

A crescente preocupação com as implicações ambientais dos processos tradicionais de tratamento e disposição de resíduos, somada à demanda pela Produção Mais Limpa (P + L) no setor agrícola são os principais catalisadores para o interesse na compostagem de resíduos e subprodutos para a produção de composto orgânico, assim os nutrientes presentes no resíduo retornam ao ciclo produtivo, proporcionando racionamento na utilização de insumos minerais, trazendo benefícios para o solo onde é produzida a matéria-prima industrial, além da manutenção do equilíbrio dos ciclos biológicos no ecossistema com a inexistência da disposição em aterros. Por isso, é importante que haja uma gestão e um processamento adequado dos resíduos, para que possam ser reciclados e transformados em adubo, conforme (FAO, 2012).

A agroindústria é um mercado em crescimento no mundo e um dos maiores responsáveis por movimentar a economia brasileira. Somente em 2016 foram entregues no mercado brasileiro 31,4 milhões de toneladas de fertilizantes de janeiro a novembro, representando uma ampliação de 4% em relação a 2015 (CRUZ; PEREIRA; FIGUEREDO, 2017).

Segundo Carlos Eduardo Florence, Diretor Executivo da Associação dos Misturadores de Adubo do Brasil (CRUZ; PEREIRA; FIGUEREDO, 2017), o consumo de fertilizantes está aumentando gradativamente, causando ganhos significativos na produção e na produtividade agrícola, não somente em termos de volume, mas principalmente em exigência de produtos mais sofisticados que exigem uma maior aplicação de fertilizantes (CRUZ; PEREIRA; FIGUEREDO, 2017).

2.2.3 Vantagens e desvantagens

A agricultura brasileira têm sido o principal cliente da massa que engloba os fertilizantes no Brasil, desse modo, o desempenho do agronegócio no Brasil é de fundamental importância para a indústria de fertilizantes nacional. O agronegócio é um importante segmento da economia brasileira e um dos mais dinâmicos e competitivos no mundo. O setor do agronegócio é composto por grandes elos, dentre eles tem o segmento de insumos, do qual a indústria de fertilizantes faz parte (OCDE; FAO, 2015).

A indústria química desempenha um importante papel na cadeia produtiva brasileira, pois fornece insumos para diversos segmentos. Os fertilizantes são usados no mundo todo e são essenciais para apoiar a produção agrícola sustentável, para aumentar o rendimento das colheitas e produção global de alimentos, garantindo a segurança alimentar mundial e diminuição do descarte incorreto de resíduos orgânicos. Quando aplicados usando práticas de gestão corretas, os fertilizantes minerais podem cumprir sua função primária de fornecer às plantas nutrientes com mais eficiência, minimizando os efeitos negativos do



uso excessivo, insuficiente ou incorreto. O uso de fertilizantes proporciona o aumento da produção agrícola (IFA, 2019).

Segundo Cardoso *et al.* (2013), existem muitas vantagens em usar resíduos agroindustriais para a fabricação de fertilizantes como a criação de lagoas de decantação auxiliando na construção, manutenção e operação de baixo custo dos processos, o baixo custo de instalação e melhor aproveitamento dos resíduos como fertilizante através da esterqueira, a redução da carga orgânica dos resíduos e melhora da qualidade do esterco que serve como adubo, aumenta a valorização dos resíduos para usos agrônômicos e industriais, melhora da saúde do solo, aumento da capacidade de infiltração da água reduzindo a erosão, são exemplos citados pelos autores.

O Brasil conta com uma significativa produção de fertilizantes. Porém, sua capacidade de produção é insuficiente para atender a sua demanda (CONAB, 2016). De acordo com a Fiesp (2016), mesmo o Brasil sendo um grande produtor, sua demanda por fertilizantes ainda ultrapassa à produção local, acarretando um desbalanceamento entre sua oferta e sua demanda. Isso se deve pois o processo de fermentação anaeróbica é lento, resultando em longo tempo de retenção dos sólidos e obrigatoriamente necessita da homogeneização dos resíduos para garantir a eficiência do sistema, retardando a sua produção em curta ou longa escala e na compostagem se o composto estiver úmido pode originar uma compactação e impedir a entrada do oxigênio, causando maus cheiros e caso as pilhas de composto forem maiores, existe a tendência de aquecer rapidamente, enquanto que as pilhas menores não aquecem o suficiente, impedindo que o processo da compostagem ocorra de maneira correta devido ao fato de não haver ambiente para o desenvolvimento dos micro-organismos que atuam no processo (CARDOSO *et al.*, 2013).

2.2.4 Processos industriais para a produção de fertilizantes e seus tipos

O processo de compostagem é uma das formas mais empregada para o aproveitamento de resíduos, para atividades agroindustriais. De acordo com Kiehl (1998), define-se compostagem como um processo controlado de decomposição microbiana, oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: uma inicial e rápida de fitotoxicidade, caracterizada pela formação de ácidos orgânicos e toxinas de curta duração, geradas pelo metabolismo dos organismos existentes no substrato orgânico, desde que os resíduos orgânicos estejam em condições favoráveis para a atividade microbiana.

A compostagem é um processo relativamente simples, no entanto necessita de cuidados e atenção na sua condução para um melhor resultado e qualidade. O processo é prático, econômico e acessível, não exige equipamentos ou procedimentos de custo elevado ou mão de obra especializada, além do produto apresentar elevada qualidade nutricional e biológica, apresentando-se como alternativa viável para a produção de adubos orgânicos (ARRUDA; BORGHESI; OETTERER, 2007). Acrescentando à essa informação, temos que a elevação dos teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, o aumento pH e da saturação por bases e da capacidade de troca catiônica, pela adição dos adubos orgânicos, permitem melhorar a fertilidade dos solos nos sistemas de produção orgânicos (OLIVEIRA; LIMA; CAJAZEIRA, 2004).

Existem várias técnicas disponíveis para realizar a conversão dos resíduos orgânicos em fertilizantes, incluindo a compostagem, a vermicompostagem e a digestão anaeróbica. O aproveitamento dos resíduos orgânicos pode ser realizado por meio de um processamento, denominado compostagem, em pequena, média e grande escala. É uma alter-

nativa para transformação dos resíduos sólidos orgânicos através da biodegradação por microrganismos (PEREIRA, NETO, 2007). O material húmico formado pela compostagem, em razão de suas propriedades coloidais, possui grande importância na constituição do solo, onde é fonte de nutrientes para a vegetação, favorecendo a estrutura do solo e a retenção de água, estabilizando os nutrientes ao longo do tempo (DICK; McCOY, 1993).

Embora a compostagem de resíduos orgânicos seja uma prática antiga, a vermicompostagem foi desenvolvida a partir de pesquisas básicas mais recentes realizadas por programas de manejo de minhocas em Rothamstead (Inglaterra), no período de 1940 a 1950. A vermicompostagem é uma variação da compostagem que envolve o uso de minhocas para ajudar a decompor os resíduos orgânicos em fertilizantes de alta qualidade. O processo de compostagem e a ação das minhocas alteram, quantitativa e qualitativamente, a composição das substâncias húmicas dos materiais orgânicos (EMBRAPA, 1992).

A vermicompostagem, segundo Keihl (1985) é um método de degradação da matéria orgânica através do trabalho realizado por minhocas, ou seja, é o processo de reciclagem de resíduos orgânicos, sendo uma excelente e importante alternativa para solucionar questões econômicas, sociais e ambientais do descarte incorreto de resíduos agroindustriais, o húmus da minhoca é um excelente fertilizante devido suas boas propriedades e qualidades. O produto gerado no processo é o vermicomposto, também chamado húmus de minhoca, o qual possuiu teores de matéria orgânica estabilizada maiores que os compostos orgânicos tradicionais e elementos minerais de uma forma mais assimilável pelas plantas (RICCI, 1996).

Torna-se evidente a necessidade de se encontrar medidas economicamente viáveis e ambientalmente corretas na destinação de resíduos. Dentre os processos de tratamento biológicos de resíduos orgânicos destaca-se a digestão anaeróbia, face ao potencial de mineralização desses resíduos e a redução de seu volume e da produção de energia, ocasionados pela queima do metano originado (VANDEVIVERE *et al.*, 2002).

A digestão anaeróbia é uma tecnologia ainda emergente no Brasil (Kunz *et al.*, 2009), apesar do grande potencial para aproveitamento energético dos resíduos agroindustriais disponíveis no país (Kunz *et al.*, 2015). A busca por recursos alternativos e renováveis, juntamente ao desafio que o gerenciamento dos resíduos e seus descartes causados pelo crescimento populacional e pelo desenvolvimento da indústria representa, tem impulsionado a pesquisa por tecnologias de produção de fertilizantes por meio do reaproveitamento de resíduos orgânicos provindos das agroindústrias. A digestão anaeróbia destaca-se como uma tecnologia promissora nesta área (SIMIONI, 2021).

3. CONCLUSÃO

A seguinte pesquisa abordou o processo industrial na conversão de resíduos orgânicos agroindustriais para a produção de fertilizantes, baseando-se em revisões de literaturas e trabalhos com tema semelhante, encontrados em produções de caráter científico, com a finalidade de informar aos leitores sobre os temas propostos ao decorrer do trabalho.

Diante do problema apresentado, para compreender de que forma são realizados os processos industriais na produção dos fertilizantes oriundos de resíduos agroindustriais orgânicos, foram levantados temas para melhor entendimento do leitor em detrimento do assunto, tais como: o conceito de fertilizantes, os processos industriais para a sua produção, suas vantagens e desvantagens e os tipos de processos mais usados.

O processo de compostagem para a produção de fertilizantes é o método mais em-



pregado devido a sua gama de vantagens e por apresentar baixo custo dentre os demais métodos, pois não precisa fazer uso de equipamentos, nem investir em procedimentos de alto custo e mão de obra especializada para que o processo de produção do fertilizante por meio da compostagem ocorra.

Com isso, ao longo dos tempos, os donos de agroindústrias mostraram-se interessadas no assunto e motivadas a encontrar meios viáveis como alternativa para o descarte irregular desses resíduos, onde fica claro que é possível produzir fertilizantes provindos de resíduos agroindustriais e minimizar seus impactos no meio ambiente, transformando o que seria um problema grave em uma solução econômica e sustentável.

Sendo assim, o problema de pesquisa e o objetivo geral foram atendidos com base nas informações citadas, no qual ficou claro cada etapa para a produção do fertilizante, as vantagens do seu uso e no quanto pode impactar positivamente o descarte e a empregabilidade correta desses resíduos, atribuindo a eles valor comercial e um ótimo produto acabado.

Referências

BORGES, Ana Lúcia. Embrapa. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/226951/1/livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 15 de abr. de 2023.

CARDOSO, Bárbara Françoise; OYAMADA, Graciela Cristine; DA SILVA, Carlos Magno. Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil. **Desenvolvimento em questão**, v. 13, n. 32, p. 127-145, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/752/75241745007.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

CASARIL, Camila Elis. **Estudo da aplicação de vermicompostagem sobre fertilizantes orgânicos**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/90e3d57f-d4c6-4c2a-abd3-534b5bed33d8/content>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

CHANG, Kindlly Miranda. **Gestão ambiental na indústria de fertilizantes: diagnóstico inicial dos resíduos**. 2017. 36 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20597/5/Gestaoambientalna.pdf>. Acesso em: 13 de abr. de 2023.

CRUZ, André Camargo; PEREIRA, Felipe dos Santos; FIGUEIREDO, Vinicius Samu de. **Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 45, p. [137-187], mar. 2017. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11814>. Acesso em: 29 de abr. de 2023.

FRANCO, Leonardo Gabriel Donadoni. Fema. **COMPARATIVO DE FERTILIZANTES USADOS NO PLANTIO: FERTILIZANTES TIPO NPK**. 202. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis, 2021. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1811430172.pdf>. Acesso em: 27 de abr. de 2023.

MENEGALE, V. L. de C.; LEÃO, A. L.; FILHO, H. G.; CAMPOS MENEGALE, M. L. de. RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA ENRIQUECIMENTO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 113-123, 2012. DOI: 10.17224/EnergAgric.2012v27n2p113-123. Disponível em: <https://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/630>. Acesso em: 01 maio de 2023.

SANES, Fernanda San Martins *et al.* **Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânico**. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1241-1251, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744148006.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

SIMIONI, Taysnara. **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos da indústria coureira, co-digestão com resíduos agrícolas e utilização de digestato em cultivo agrícola**. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/237452>. Acesso em: 17 de maio de 2023.

ZONTA, Everaldo *et al.*, **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais**. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227063/1/cap14-livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 20 de abr. de 2023.





35

PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE COSMÉTICOS A PARTIR DA
UTILIZAÇÃO DE EXTRATOS VEGETAIS
INDUSTRIAL PRODUCTION OF COSMETICS FROM THE USE OF
PLANT EXTRACTS

Flavia Cristina de Oliveira Maciel
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Orlando Benício Santos
Rayanne Oliveira do Nascimento
Kleber Augusto da Silva de Sousa
Unielson Conceição Pacheco

Resumo

O presente artigo aborda o notável aumento na preferência por cosméticos com extratos vegetais, assim como seu processo industrial e efetividade. A pesquisa utilizou fontes como “Google Acadêmico” e “SciELO”, além de livros, revistas recentes e estudos anteriores relevantes para analisar os métodos de extração de ingredientes ativos de plantas, formulação, fabricação e controle de qualidade dos cosméticos. Diante disso, surge a seguinte problemática: como é realizado o processo industrial de desenvolvimento dos cosméticos a partir de extratos vegetais e qual a efetividade e benefícios do uso desse tipo de matéria-prima? Definiu-se como objetivo geral analisar o processo industrial utilizado na fabricação de cosméticos que fazem uso de extratos vegetais como componentes-chave. Os objetivos específicos incluíram compreender os fitocosméticos, identificar os benefícios dos extratos vegetais na fabricação de cosméticos e descrever as etapas do processo industrial para criar esses produtos. Com esta revisão, buscou-se fornecer uma visão abrangente do processo industrial e da eficácia dos cosméticos naturais na indústria da beleza e bem-estar. Os resultados destacam a crescente demanda por produtos naturais e a importância de estratégias de produção de alta qualidade.

Palavras-chave: Extratos vegetais, Fitocosméticos, Formulação, Efetividade, Controle de qualidade.

Abstract

This article discusses the remarkable increase in the preference for cosmetics with plant extracts, as well as their industrial process and effectiveness. The research used sources such as “Google Scholar” and “SciELO”, as well as books, recent journals and previous relevant studies to analyze the methods of extraction of active ingredients from plants, formulation, manufacturing and quality control of cosmetics. In view of this, the following problem arises: how is the industrial process of developing cosmetics from plant extracts carried out and what is the effectiveness and benefits of using this type of raw material? The general objective was to analyze the industrial process used in the manufacture of cosmetics that make use of plant extracts as key components. The specific objectives included understanding phytocosmetics, identifying the benefits of plant extracts in the manufacture of cosmetics, and describing the steps of the industrial process to create these products. With this review, we sought to provide a comprehensive overview of the industrial process and the effectiveness of natural cosmetics in the beauty and wellness industry. The results highlight the growing demand for natural products and the importance of high-quality production strategies.

Keywords: Plant Extracts, Phytocosmetics, Formulation, Effectiveness, Quality Control.



1. INTRODUÇÃO

A produção industrial de cosméticos a partir da utilização de extratos vegetais é uma abordagem inovadora na indústria cosmética. Trata-se de um campo em constante evolução, busca aprimorar os processos industriais para atender às demandas dos consumidores por produtos mais naturais e eficazes. Diante disso, surge a seguinte problemática: como é realizado o processo industrial de desenvolvimento de cosméticos a partir de extratos vegetais e qual a efetividade e benefícios do uso desse tipo de matéria-prima?

Para elucidar ao questionamento definiu-se como objetivo geral deste estudo analisar o processo industrial utilizado na fabricação de cosméticos que fazem uso de extratos vegetais como componentes-chave. Adicionalmente, buscou-se alcançar objetivos específicos como compreender o conceito de fitocosméticos, identificar os benefícios proporcionados pela incorporação de extratos vegetais no processo de fabricação de cosméticos, descrever as etapas do processo industrial de produção de cosméticos a partir de extratos vegetais.

O processo de formulação e fabricação industrial de cosméticos com extratos vegetais envolve a seleção adequada dos ingredientes, a otimização das proporções e a realização de testes de estabilidade e segurança, por isso requer um entendimento aprofundado do processo, pois algumas plantas utilizadas podem conter substâncias bioativas que apesar de oferecerem benefícios para a pele e os cabelos, podem conter toxinas ou compostos indesejáveis que podem prejudicar a saúde ou causar reações alérgicas. Diante disso faz-se cada vez mais importante conhecer o processo de fabricação de cosméticos a partir de extratos vegetais, para assim, garantir segurança na produção industrial e também obter um produto eficaz no resultado final.

É fundamental realizar pesquisas sobre o processo de produção de fitocosméticos, pois isso pode levar ao desenvolvimento de produtos com melhores propriedades e maior eficácia. Além disso, tais estudos contribuem para a oferta de cosméticos mais seguros e saudáveis. Portanto, ampliar o conhecimento sobre as propriedades dos extratos vegetais, aprimorar as técnicas de produção, desenvolver novos produtos e garantir a segurança dos cosméticos finais são aspectos essenciais para essa área.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O estudo realizado tratou-se de uma revisão bibliográfica que abordou os diferentes métodos de extração dos ingredientes ativos presentes nas plantas, bem como as etapas de formulação, fabricação industrial e controle de qualidade dos produtos cosméticos, na qual foram investigadas dissertações e artigos científicos selecionados por meio de buscas nas seguintes bases de dados: “Google Acadêmico” e “SciELO”, bem como em livros e revistas. O período abrangido pelos artigos pesquisados foi dos trabalhos publicados nos últimos dez anos, sendo necessário citar estudos anteriores a este período devido a sua importância para o assunto. As palavras-chave empregadas na busca foram: “Processo industrial”, “Fitocosméticos”, “Formulação”, “Efetividade” e “Controle de qualidade”.

2.2 Resultados e Discussão

Fitocosméticos são produtos de cuidado pessoal que utilizam como base matérias-primas de origem vegetal, como extratos, óleos, manteigas, entre outros (FIGUEIREDO, 2014). Os fitocosméticos têm aplicabilidade em diversas áreas, tais como higiene pessoal, produtos específicos para a estética e regeneração, além de proporcionar benefícios para a saúde da pele e cabelos (ARAÚJO *et al.*, 2010).

De acordo com Ruivo (2012), os fitocosméticos possuem em sua composição um amplo espectro de compostos bioativos, incluindo polifenóis, flavonoides, terpenos, ácidos graxos, vitaminas e minerais, que podem fornecer propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas, hidratantes e regenerativas. Segundo Lentz e Blau (2018), atualmente, o uso de extratos vegetais tem sido considerado uma opção viável para substituir os derivados minerais e animais na composição de produtos cosméticos, tendo em vista os estudos científicos mais recentes.

Os fitocosméticos apresentam diversas vantagens em relação aos cosméticos convencionais, sendo uma opção interessante para quem busca um cosmético mais natural e sustentável, além de produtos com baixo potencial alergênico e propriedades benéficas para a pele (THOMAZ, 2014). Além disso, de acordo com Balasundram, Sudran e Summan (2006), o fato dos fitocosméticos apresentarem baixo potencial alergênico é uma característica particularmente importante, considerando que diversas substâncias sintéticas frequentemente utilizadas na indústria de cosméticos são conhecidas por causar irritações e reações alérgicas.

No entanto, vale ressaltar que a eficácia dos fitocosméticos depende da seleção adequada das plantas, da extração e do processamento dos extratos, bem como da concentração e combinação dos compostos bioativos em sua formulação. Por isso, é essencial que a pesquisa científica continue avançando nessa área, a fim de validar a segurança e a eficácia desses produtos para o uso humano (SIMÕES *et al.*, 2001).

A inclusão de extratos vegetais em produtos cosméticos potencializa suas propriedades naturais para melhorar a qualidade e eficácia. Esses extratos são ricos em nutrientes essenciais, como vitaminas e minerais, proporcionando benefícios nutritivos à pele e cabelos. Sua ação antioxidante auxilia na neutralização de radicais livres, prevenindo danos celulares (RUIVO, 2012). Além disso, tais extratos possuem características calmantes e anti-inflamatórias que aliviam a sensibilidade cutânea, reduzem vermelhidão e mitigam problemas como acne e dermatite (CUNHA *et al.*, 2008).

Alguns extratos possuem propriedades hidratantes e auxiliam na retenção de umidade da pele. Essa capacidade de manter a pele hidratada é especialmente benéfica para pessoas com pele seca ou desidratada, ajudando a restaurar a hidratação e deixando a pele macia e suave (GIANETI, 2013). Na produção de cosméticos naturais são utilizadas partes diversas de plantas, como caule, folhas, raízes, frutos, sementes e flores, como matérias-primas para produtos como hidratantes, sabonetes, máscaras faciais, loções e produtos capilares. Existem duas categorias principais: grau I e grau II. Os de grau I são produtos de higiene e fragrâncias sem requisitos rigorosos de segurança ou restrições. Já os de grau II exigem comprovação de segurança e eficácia, bem como informações detalhadas sobre uso e cuidados (ANVISA, 2020). De acordo com Carvalho (2015), a produção do fitocosmético pode ser dividida em fases de transformações até chegar ao produto final, conforme o **Quadro 1**.



FASE	CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS	DEFINIÇÃO	PRODUTOS
1	Matéria-prima IN NATURA	Partes de uma planta utilizada em seu estado bruto, fresca ou seca, sem processos de transformação e/ou industrialização.	Folhas, cascas, frutos, raízes, sementes.
2	Semielaborado 01	Óleos da primeira extração podendo ser realizada de forma artesanal/manual ou com máquinas de pouca tecnologia agregada.	Óleo vegetal bruto
3	Semielaborado 02	Óleos com uma extração mais refinada realizada em indústrias com mais tecnologia agregada.	Óleo vegetal refinado, óleo essencial, extrato vegetal.
4	Mercadoria final BIOPRODUTO	Produto acabado/finalizado já embalado.	Fitoterápico, fitocosméticos.

Quadro 1. As fases de transformação dos produtos naturais

Fonte: Adaptado de Carvalho (2015, p.52)

Como pode ser observado no **Quadro 1**, a cadeia produtiva dos fitocosméticos é composta por diferentes fases, sendo a primeira delas decorrente das relações de trabalho, infraestrutura e condições sociopolíticas necessárias para a produção da matéria-prima em seu estado natural. Em seguida, ocorre a produção dos semielaborados, representados pelas etapas 01 e 02, onde ocorrem processos de transformação e preparação dos ingredientes vegetais. Essas etapas envolvem atividades como extração, purificação, filtragem e formulação dos princípios ativos. Por fim, temos a etapa de produção do produto final, na qual os semielaborados são combinados com outros componentes, como emolientes, espessantes e conservantes, resultando nos fitocosméticos prontos para o uso. Essa sequência de etapas ao longo da cadeia produtiva é fundamental para garantir a qualidade e eficácia dos fitocosméticos (CARVALHO, 2015).

De acordo com Costa et al. (2017), o processo primordial e frequentemente adotado para obtenção de óleos essenciais utilizados na fabricação de cosméticos ocorre conforme a **Figura 1**.

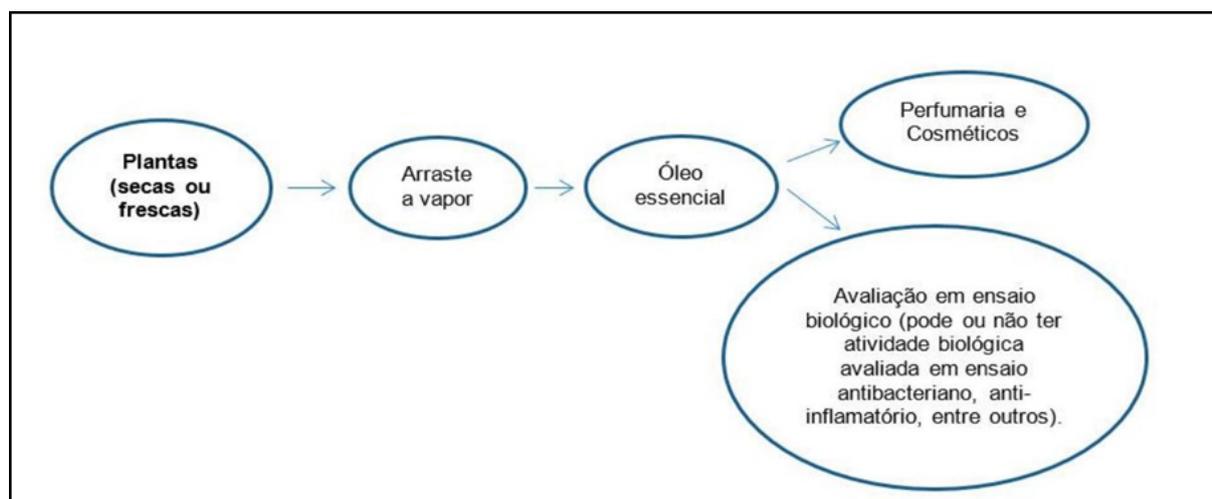


Figura 1. Processo básico para obtenção de óleos essenciais para insumos.

Fonte: Costa et al. (2017, p.299)

O processo básico para obtenção de óleos essenciais como insumos envolve várias etapas. Inicialmente, selecionam-se as plantas ou partes específicas das plantas que possuem altos teores de compostos voláteis desejados. Em seguida, ocorre a extração dos óleos essenciais. Após a extração, os óleos essenciais são submetidos a processos de purificação e separação para remover impurezas e garantir a qualidade do produto final. Por fim, os óleos essenciais obtidos são utilizados como insumos em uma variedade de setores, incluindo cosméticos, perfumaria, aromaterapia e indústria alimentícia (COSTA *et al.* 2017).

Os óleos essenciais, obtidos de várias plantas, são compostos químicos voláteis com densidade menor e viscosidade maior do que a água à temperatura ambiente. Frequentemente, são encontrados em concentrações reduzidas nas glândulas especiais das plantas, conhecidas como tricomas. Sua fragrância distintiva e propriedades antimicrobianas e antioxidantes os tornam amplamente empregados nas indústrias de perfume, aditivos naturais para aromatização de alimentos, farmacêutica e cosmética. Graças às suas estruturas fenólicas ativas contra microrganismos, os óleos essenciais desempenham um papel relevante em diversas aplicações industriais (NAVARRETE *et al.*, 2011).

Diversos métodos são empregados na extração dos óleos essenciais de plantas aromáticas, tais como hidrodestilação, extração por solventes orgânicos, destilação a vapor, extração por fluido supercrítico, enfloração e maceração. Devido à sua alta volatilidade, ou seja, sua tendência a evaporar rapidamente em resposta ao aumento da temperatura, a técnica de destilação se destaca e é amplamente utilizada na maioria das plantas produtoras, principalmente quando se extrai o óleo das folhas (SILVEIRA *et al.*, 2012).

A hidrodestilação é um método tradicional de extrair óleos essenciais de plantas usando água fervente. Isso leva à evaporação do óleo nas células da planta. A mistura resultante de óleo e água é resfriada em um condensador, formando duas fases líquidas separáveis. Embora útil na extração de óleos de diferentes partes de plantas, como flores, raízes e cascas, é necessário notar que a exposição prolongada à água quente pode degradar alguns compostos do óleo (SILVEIRA *et al.*, 2012).

Já destilação por arraste a vapor, segundo Silveira *et al.* (2012), é uma técnica usada em operações unitárias, especialmente para materiais vegetais sensíveis à temperatura. Durante o processo, o material vegetal é moído e submetido ao vapor gerado em uma caldeira, que arrasta o óleo essencial. O óleo é então separado por diferenças de polaridade em um condensador e vaso florentino. Após a extração, o óleo essencial é armazenado em recipientes de vidro âmbar, protegido de altas temperaturas e luz.

Outro método de extração é a extração por arraste a vapor, que é a escolha preferencial das indústrias devido a diversos benefícios. Além de produzir um óleo de alta qualidade, esse método é conhecido por sua simplicidade operacional em comparação com outras técnicas. Uma vantagem adicional é a sua menor agressão ao meio ambiente, tornando-o uma opção mais sustentável e ecologicamente amigável (ROMDHANE; TIZAOUI, 2005).

Existe também a extração por solventes orgânicos, que é empregada para óleos insustentáveis e sensíveis à temperatura. Solventes como hexano, benzeno, metanol, etanol, propanol, acetona, pentano e solventes clorados são usados. A escolha do solvente é baseada em seletividade, baixa temperatura de ebulição, inércia química e custo. No entanto, a remoção do solvente residual e compostos não voláteis demanda energia e custos elevados. Esses solventes podem causar alterações químicas e efeitos tóxicos, tornando o solvente residual indesejável devido à toxicidade e interferência no aroma do extrato, exigindo atenção à segurança e qualidade (SILVEIRA *et al.*, 2012).

De acordo com estudos de Silveira *et al.* (2012), outro método de extração é a extração supercrítica, um método baseado na solubilidade de compostos orgânicos em fluidos su-

percríticos, como o CO₂ sob alta pressão e temperatura. Essa técnica preserva a integridade dos extratos e seus compostos ativos, resultando em óleos essenciais de alta qualidade e potencial terapêutico. Uma vantagem é a operação em baixas temperaturas, permitindo a extração de produtos termossensíveis sem alterações nas propriedades. É considerada uma tecnologia limpa, usando solventes atóxicos e altamente solúveis. No entanto, a desvantagem é o alto grau de periculosidade devido às altas pressões envolvidas no processo.

Outra técnica de extração é a enfloração, usada por indústrias de perfumes para extrair óleos voláteis de flores como jasmim, laranjeira e rosas. É aplicada em flores com baixo teor de óleo essencial, que não podem ser destiladas a vapor devido ao risco de perda de compostos aromáticos. Nesse processo, pétalas são dispostas sobre gordura, substituídas até saturar a gordura, que é tratada com álcool para obter o óleo volátil. A gordura absorve os compostos voláteis das flores, mas o método é lento, complexo e custoso (SILVEIRA et al., 2012).

Pode-se realizar a extração das essências também através da maceração, que é um processo no qual o material a ser extraído é cuidadosamente reduzido em partículas de tamanho adequado e submetido a um contato prolongado com o líquido extrator, cujo tempo é determinado experimentalmente. Esse contato ocorre em um recipiente hermético, garantindo condições ideais para a extração. Ao final do procedimento, o extrato é cuidadosamente separado do resíduo sólido resultante. Para aproveitar completamente os componentes desejados, o resíduo é prensado e o líquido resultante é adicionado ao extrato, proporcionando uma extração completa e eficiente (FARMACOPÉIA BRASILEIRA, 2001).

Para alcançar uma mistura estável e homogênea em produtos que combinam fases oleosas e aquosas, como loções e cremes, é imprescindível realizar a emulsificação. Esse procedimento é essencial para garantir a qualidade do produto. Além disso, em certas situações, é recomendado passar pelo processo de filtração, que tem como objetivo eliminar partículas indesejadas e assegurar que o produto final esteja livre de impurezas (MEZADRI, 2010).

Segundo Luiz (2010), uma vez que a formulação e a mistura do cosmético são concluídas, o produto é delicadamente colocado em embalagens apropriadas, selecionadas de acordo com suas características específicas. Cada embalagem é cuidadosamente rotulada, contendo informações obrigatórias, tais como a lista completa de ingredientes utilizados na composição, instruções detalhadas de uso e dados relevantes sobre o fabricante, conforme mostra a **Figura 2**.

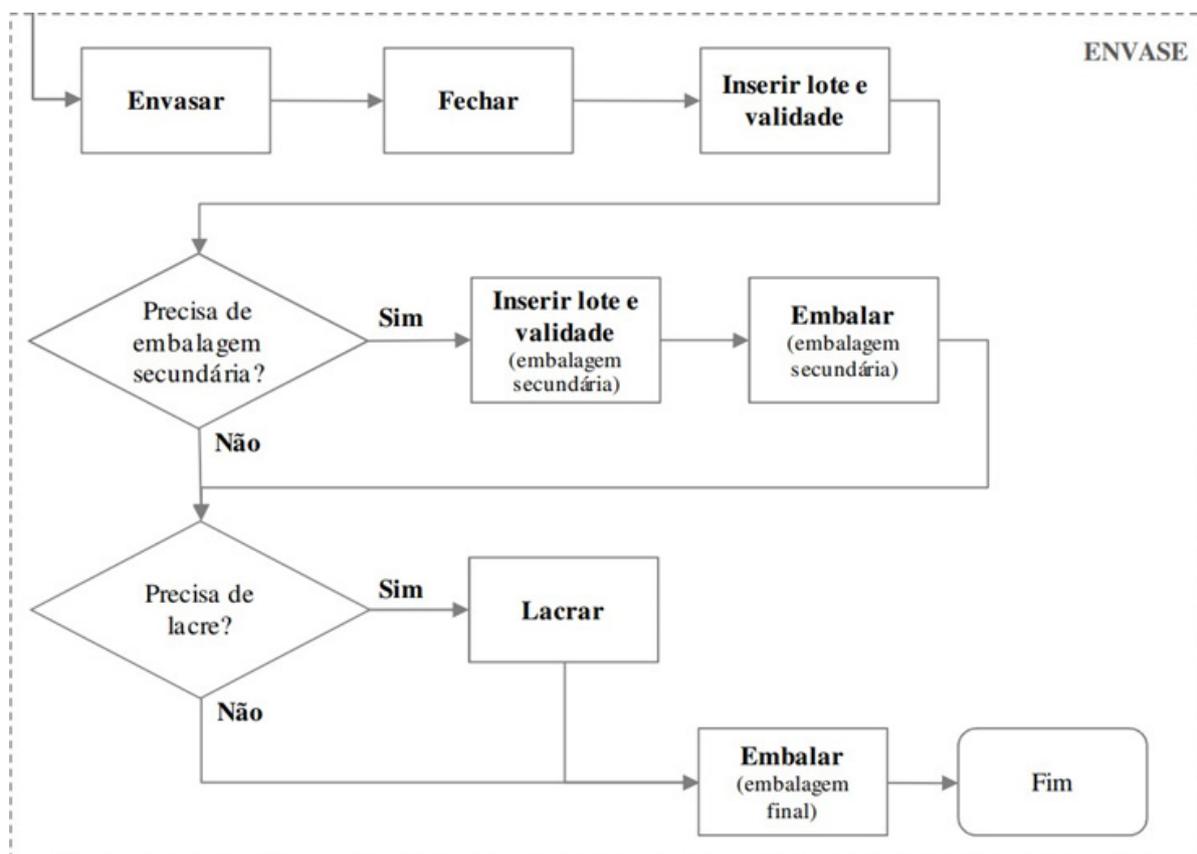


Figura 2. Processo de Envase e Embalagem.

Fonte: Luiz (2010, p.45)

Essa etapa garante que os consumidores tenham acesso às informações essenciais para o uso adequado e seguro do produto. O processo de envase e embalagem dos cosméticos envolve o uso de máquinas para inserir os semi-sólidos e líquidos nas embalagens, enquanto os sólidos são envasados manualmente. Após o envase, as embalagens são tampadas manualmente e têm o número de lote e data de validade inseridos por meio de uma esteira e impressora. Produtos com embalagens secundárias passam pela esteira novamente. As embalagens secundárias são montadas com papel cartão, abraçadas com plástico e lacradas em um túnel de ar quente, pronta para ser submetida ao teste de controle de qualidade (LUIZ, 2010).

De acordo com estudos de Silva (2021), um controle de qualidade efetivo em todas as etapas, desde a extração das matérias-primas até o produto finalizado, é crucial para estabelecer os parâmetros de qualidade dos cosméticos e extratos vegetais. Devido à sua origem vegetal, o controle dessas substâncias se torna imprescindível na produção de um fitocosmético.

Diversas variáveis, como a formulação, o processo de fabricação, o material de acondicionamento e as condições ambientais, podem afetar a estabilidade de um produto. Essas alterações podem ser extrínsecas (tempo, temperatura, luz, oxigênio, umidade, material de acondicionamento, microrganismos e vibração) ou intrínsecas (incompatibilidades físicas e químicas, como pH, reações de óxido-redução e hidrólise). É importante considerar a interação entre os ingredientes da formulação e o material de acondicionamento para garantir a estabilidade do produto (ISAAC *et al.*, 2008).

Segundo a ANVISA (2004), a análise da estabilidade oferece informações sobre como o produto se comporta ao longo de um determinado período de tempo, diante das condições ambientais a que pode ser exposto, desde a sua fabricação até o final da sua validade.

Essas condições de armazenamento abrangem diferentes aspectos, como temperatura (alta, ambiente e baixa), exposição à luz e ciclos de congelamento e descongelamento. No que diz respeito à temperatura, é essencial monitorar a temperatura ambiente, permitindo uma variação aceitável de até $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ISAAC *et al.*, 2008).

Antes de iniciar os Estudos de Estabilidade, é essencial realizar um teste de centrifugação no produto. Uma amostra é submetida a uma centrifugação a 3.000 rpm por 30 minutos. Manter a estabilidade do produto nesse procedimento é crucial, pois qualquer sinal de instabilidade requer ajustes e reformulações. Após a aprovação nessa etapa, os testes subsequentes de estabilidade são realizados, fornecendo informações fundamentais sobre a durabilidade e capacidade do produto em manter suas características inalteradas ao longo do tempo (ANVISA, 2004).

O teste de estabilidade preliminar é o primeiro passo crucial para avaliar a qualidade de uma amostra cosmética. Ao submeter a amostra a condições extremas de temperatura e realizar ensaios abrangentes, incluindo diversos parâmetros específicos, o teste tem uma duração de 15 dias. Durante esse período, o produto amadurece, atingindo sua viscosidade e consistência finais, enquanto avaliações diárias monitoram aspecto, cor, odor, pH, viscosidade, densidade e condutividade elétrica. Os resultados obtidos em triplicata fornecem uma visão completa da estabilidade e qualidade da amostra cosmética (ISAAC *et al.*, 2008).

Após o teste de estabilidade preliminar, o produto passa pelo teste de estabilidade acelerada, com o propósito de prever a estabilidade, vida útil e compatibilidade da formulação com a embalagem. Esse teste utiliza condições não extremas e é uma ferramenta complementar para determinar a estabilidade do produto. Ele é útil para estimar o prazo de validade, verificar mudanças na composição ou processo de fabricação, validar equipamentos e garantir a estabilidade em casos de fabricação terceirizada. Para avaliar a compatibilidade entre formulação e embalagem, é essencial armazenar as amostras em frascos de vidro neutro ou nas embalagens finais, deixando um terço da capacidade disponível para permitir trocas gasosas e preservar a integridade e estabilidade do produto durante o armazenamento (ANVISA, 2004).

Se faz importante também realizar o teste de estabilidade acelerada, pois ele simula as condições de longo prazo de forma mais rápida, permitindo uma avaliação antecipada da estabilidade do produto. O teste é conduzido por 90 dias, podendo ser estendido para até seis meses ou um ano, dependendo das características do produto em análise. As amostras são submetidas a condições controladas, como aquecimento, resfriamento, exposição à luz e ambiente, e diversos parâmetros são avaliados para prever possíveis alterações no produto e garantir sua qualidade ao longo do prazo de validade (ANVISA, 2007).

Após o teste de estabilidade acelerada, o próximo passo é o teste de prateleira, onde a amostra é mantida em embalagem apropriada à temperatura ambiente e analisada periodicamente até o fim do prazo de validade. São avaliados parâmetros como aspecto, cor, odor, pH, viscosidade e densidade para garantir a estabilidade do produto. A amostra também é submetida a condições extremas de temperatura ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $45\text{ }^{\circ}\text{C}$) para observar possíveis separações de fases, indicando sua estabilidade frente a mudanças térmicas (ISAAC *et al.*, 2008).

Realiza-se também o teste de ciclos de congelamento e descongelamento, que consiste em submeter uma amostra do produto cosmético a condições extremas de temperatura, alternando entre temperaturas elevadas e baixas em ciclos de 24 horas. Recomenda-se pelo menos seis ciclos completos, utilizando conjuntos de temperatura específicos, para avaliar a estabilidade do produto diante das variações extremas de temperatura e garantir sua integridade e qualidade ao longo do tempo (ISAAC *et al.*, 2008).

O próximo teste consiste em expor a amostra, devidamente acondicionada em uma

embalagem adequada, a condições extremas de exposição direta à luz intensa, similar àquela encontrada durante a distribuição do produto cosmético. Cerca de 10 g da amostra serão submetidos a essa incidência luminosa, com o objetivo de detectar possíveis sinais de instabilidade resultantes da exposição à luz. A estabilidade do produto será determinada pela ausência de separação de fases e pela manutenção inalterada de sua coloração durante essa exposição. Essa análise fornecerá informações essenciais sobre a capacidade do produto em preservar sua integridade diante da exposição à luz (ANVISA, 2004).

A análise do aspecto da amostra é essencial para avaliar sua estabilidade. O aspecto pode variar entre granulado, pó seco, pó úmido, cristalino, pasta, gel, fluido, viscoso, volátil, homogêneo, heterogêneo, transparente, opaco ou leitoso. Durante a análise, a amostra pode ser classificada como normal, sem alteração; levemente separada, precipitada ou turva; ou separada, precipitada ou turva, o que indica possíveis instabilidades. Essa avaliação visual fornece informações cruciais sobre a estabilidade do produto (ISAAC *et al.*, 2008).

A estabilidade do produto é avaliada por meio da análise da cor, tanto visualmente quanto por espectrofotometria, podendo ser classificada como normal, levemente modificada, modificada ou intensamente modificada. Já a avaliação olfativa compara o aroma da amostra ao padrão, classificando-a de acordo com seu odor. E para determinar o pH, prepara-se uma dispersão aquosa com 10% do produto em peso, medindo-o com um pHmetro digital e mantendo-o entre 5,5 e 6,5, garantindo a estabilidade físico-química do fitocosmético. Essas análises são cruciais para assegurar a integridade e qualidade do produto ao longo do tempo (ANVISA, 2007; ISAAC *et al.*, 2008).

No Brasil, o Instituto Biodinâmico (IBD) e o Ecocert desempenham o papel de garantir a autenticidade dos cosméticos naturais e orgânicos. Essas entidades estabelecem os critérios e diretrizes referentes às substâncias e procedimentos permitidos, a fim de assegurar que o produto final seja genuinamente um cosmético natural. Após cumprir tais requisitos, o cosmético é agraciado com o selo de certificação correspondente e estará pronto para a comercialização (SILVA, 2021).

Apesar das vantagens dos fitocosméticos, é importante ressaltar que a eficácia desses produtos depende da seleção adequada das plantas, do processo de extração e do controle de qualidade. A pesquisa científica contínua é essencial para validar a segurança e eficácia dos fitocosméticos, proporcionando inovações e avanços na indústria cosmética.

3. CONCLUSÃO

Em conclusão, este estudo proporcionou uma análise abrangente do processo de fabricação de cosméticos com base em extratos vegetais, bem como a efetividade dessa abordagem na indústria de beleza. Ao atingir os objetivos propostos, foi possível entender cada etapa desse processo, desde seu conceito até a produção final, destacando a importância dos fitocosméticos como uma alternativa benéfica para a saúde da pele e dos cabelos, além disso, a compreensão aprofundada dos fitocosméticos como alternativas naturais e de baixo potencial alergênico pode ser evidenciada.

Os objetivos estabelecidos no início deste estudo foram alcançados por meio da análise criteriosa da literatura existente, e os resultados ressaltaram a crescente demanda por produtos naturais na indústria de beleza. Com o contínuo avanço da pesquisa nessa área, é esperado que os fitocosméticos desempenhem um papel cada vez mais importante na indústria cosmética, oferecendo opções mais saudáveis e ecologicamente amigáveis para os consumidores.



Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Gerência Geral de cosméticos. Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos**. Brasília, 2007. Disponível em: https://www.crq4.org.br/downloads/guia_cosmetico.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Conceitos e definições**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/perguntasfrequentes/cosmeticos/conceitos-e-definicoes>. Acesso em: 19 jul. de 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos**. 1. ed. Brasília: ANVISA, 2004. 52 p. (Série Qualidade em Cosméticos; v. 1). ISBN 85-88233-15-0. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cosmeticos.pdf>. Acesso em: 06 maio. 2023.
- ARAÚJO, A. I. F. *et al.* **Plantas nativas do Brasil empregadas em fitocosmética**. X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO-JEPEX, 2010. UFRPE, 2010. Recife. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/84711614/plantas-nativas-do-brasil-empregadas-em-fitocosmetica>. Acesso em: 20 de abr. 2023.
- BALASUNDRAM, N.; SUDRAN, K.; SUMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by products: antioxidant activity, occurrence and potencial uses. **Food Chemistry**, Barking, v.99, p.191-203, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605006242>. Acesso em: 30 de abr. 2023.
- CARVALHO, Talita Pedrosa Vieira de. **Mercado de Fitoterápicos e Fitocosméticos em Manaus (AM)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Humanas e Letras, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Manaus, 2015. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4636>. Acesso em: 15 jul. 2023.
- COSTA, R. C.; NUNEZ, C. V. Mercado de bioprodutos fitoterápicos e fitocosméticos: gestão, tecnologias e inovação. **Revista Fitos**, [S.l.], v. 10, n. 3, p. 295-306, fev. 2017. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/19260>. Acesso em: 06 jul. 2023.
- FARMACOPÉIA Brasileira**. 4.ed. São Paulo: Atheneu; 2001. pt.2. p.146. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/farmacopeia-brasileira/arquivos/8038json-file-1>. Acesso em: 03 de jul. 2023.
- FIGUEIREDO, Bruna. Desenvolvimento e estabilidade preliminar de um fitocosmético contendo extrato de chá verde (*Camelliasinensis*) (L.) Kuntze (Theaceae). **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v. 95, n. 2, p. 770-788, 2014. Disponível em: www.rbfarma.org.br/files. Acesso em: 28 abr. 2023.
- ISAAC, V. L. B. *et al.* Protocolo para ensaios físico-químicos de estabilidade de fitocosméticos. **Revista de Ciências Farmacêuticas básica e aplicada**, v. 29, n. 1, 2008. Disponível em: <http://rcfba.fcfar.unesp.br/index.php/ojs/article/view/497>. Acesso em: 12 jul. 2023.
- LUIZ, Guilherme. **Estruturação do método da unidade de esforço de produção em uma indústria de cosméticos**. 2010. 89 f. Monografia (Bacharel em Ciências Contábeis) – Centro Sócio Econômico Departamento De Ciências Contábeis, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/120814>. Acesso em: 07 jul. 2023.
- MEZADRI, Hygor. **Desenvolvimento de nanoemulsões contendo extratos dos frutos de Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman e estudo fitoquímico destes extratos**. 2010. 94 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas) – Escola de Farmácia de Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufop.br/handle/123456789/2154>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- NAVARRETE, A. *et al.* Improvement of essential oil steam distillation by microwave pretreatment. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 50, n. 8, p. 4667- 4671, 2011. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie102218g>. Acesso em 10 jul. 2023.
- ROMDHANE, Mehrez; TIZAOUI, Chedly. The kinetic modelling of a steam distillation unit for the extraction of aniseed (*Pimpinella anisum*) essential oil. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology**, v. 80, n. 7, p. 759-766, 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jctb.1221>. Acesso em 06 jul. 2023.
- RUIVO, Joana Sofia Pais. **Fitocosmética: aplicação de extratos vegetais em Cosmética e Dermatologia**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2012. Disponível em: <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/3574>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- SILVA, Rauane Soares da. **Extratos vegetais de plantas nativas com potencial para produção de fitocosméticos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/29450>.

Acesso em: 07 jul. 2023.

SILVEIRA, J. C. *et al.* Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318211608_LEVANTAMENTO_E_ANALISE_DE_METODOS_DE_EXTRACAO_DE_OLEOS_ESSENCIAIS. Acesso em 10 jul. 2023.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. (Org.). **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 3.ed. Porto Alegre- Florianópolis: Editora da Universidade, 2001. p.13-40. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/377628211/Farmacognosia-Da-Planta-Ao-Medicamento>. Acesso em: 06 maio. 2023.

THOMAZ, Ana Maria Athayde Uchôa. **Avaliação das potencialidades biotecnológicas da semente de goiaba (Psidium guajava L.)**. 2014. 225 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014 Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/14873>. Acesso em: 30 abr. 2023.





36

GERENCIAMENTO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS QUÍMICOS NA
INDUSTRIA
SUSTAINABLE CHEMICAL WASTE MANAGEMENT IN INDUSTRY

Unielson Conceição Pacheco
Kleber Augusto da Silva de Sousa
Rayanne Oliveira do Nascimento
Flavia Cristina de Oliveira Maciel
Orlando Benicio Santos

Resumo

O gerenciamento de resíduos químicos é um desafio crescente em todo o mundo, devido ao aumento da produção industrial e à natureza tóxica desses materiais. No Brasil, esse desafio é ainda mais complexo, devido à necessidade de conciliar sustentabilidade, saúde pública e desenvolvimento econômico. As estratégias mais comuns para o tratamento de resíduos químicos são a biodegradação, a incineração e a estabilização química. A biodegradação, especialmente quando associada à compostagem, é uma técnica eficaz e sustentável. A incineração, por sua vez, é útil na redução de volume e toxicidade, mas requer controle rigoroso para evitar a emissão de poluentes atmosféricos. A estabilização química também é uma técnica promissora para atenuar a toxicidade dos resíduos. Além dessas estratégias, a Química Verde propõe uma abordagem mais sustentável para o gerenciamento de resíduos químicos. Essa abordagem prioriza a redução da geração de resíduos e a reutilização de materiais. No Brasil, a legislação ambiental incentiva a utilização de práticas mais sustentáveis, como a reciclagem e a reutilização. No entanto, a prática mais comum é o processamento de resíduos em aterros. A longo prazo, é necessário um esforço conjunto entre empresas, governo e sociedade para garantir um gerenciamento de resíduos químicos eficaz e sustentável. A conscientização, a adoção de tecnologias limpas e a implementação rigorosa de políticas são essenciais para conciliar crescimento econômico e preservação ambiental.

Palavras-chave: Gerenciamento de resíduos químicos, Sustentabilidade, Química Verde.

Abstract

The management of chemical waste is an increasing challenge worldwide due to the rise in industrial production and the toxic nature of these materials. In Brazil, this challenge is even more intricate due to the need to balance sustainability, public health, and economic development. The most common strategies for treating chemical waste are biodegradation, incineration, and chemical stabilization. Biodegradation, especially when paired with composting, is an effective and sustainable method. Incineration, on the other hand, is useful in reducing volume and toxicity but requires stringent control to prevent the emission of atmospheric pollutants. Chemical stabilization is also a promising technique to mitigate the toxicity of waste. Beyond these strategies, Green Chemistry proposes a more sustainable approach to chemical waste management. This approach emphasizes waste reduction and material reuse. In Brazil, environmental regulations encourage the adoption of more sustainable practices, such as recycling and reuse. However, the most prevalent practice is waste processing in landfills. In the long run, a joint effort between businesses, government, and society is necessary to ensure effective and sustainable chemical waste management. Raising awareness, adopting clean technologies, and implementing stringent policies are crucial to reconcile economic growth and environmental conservation.

Keywords: Chemical waste management, Sustainability, Green Chemistry.



1. INTRODUÇÃO

A evolução constante da sociedade, impulsionada por um ritmo intenso de produção e consumo, destacam dilemas cruciais associados à sustentabilidade. A expansão das atividades industriais tem culminado em uma vasta produção de resíduos. Quando mal geridos, estes têm o poder de afetar significativamente o meio ambiente e a saúde pública. Portanto, a questão não se resume à mera técnica, mas entrelaça ética e responsabilidade socioambiental.

No vasto território brasileiro, rico em diversidade industrial, tais desafios tornam-se ainda mais complexos. A legislação nacional busca regular a gestão de resíduos industriais, estabelecendo diretrizes precisas. Entretanto, a real efetividade e aderência destas diretrizes e às melhores práticas internacionais são constantemente postas à prova e debatidas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por sua vez, delinea princípios e metas fundamentais, mas a sua implementação concreta e resultados ainda são tópicos em constante estudo.

Com esta realidade, emerge a urgente necessidade de aprofundar a compreensão sobre as metodologias empregadas no tratamento desses resíduos e discernir sua real eficácia. Para tal, uma abordagem alicerçada em rigor científico e dados robustos é imperativa. Esta inquirição, com foco nos desenvolvimentos mais recentes - particularmente nos últimos 17 anos - ambiciona desvendar as tendências, desafios e avanços no campo da gestão de resíduos no país.

O gerenciamento desses resíduos não é apenas uma necessidade, mas uma oportunidade. A análise meticulosa das práticas atuais, contrastando-as com os ideais propostos pela legislação, poderá lançar luz sobre possíveis caminhos inovadores e sustentáveis para a indústria brasileira. Ao conciliar progresso industrial com práticas sustentáveis, o Brasil pode se posicionar como líder na gestão ambientalmente consciente.

Esta análise busca não somente fornecer uma perspectiva clara sobre o cenário atual, mas também inspirar a adoção de práticas que conduzam a uma harmonia mais profunda entre produção industrial e preservação ambiental, garantindo um futuro mais equilibrado e sustentável para as próximas gerações.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A pesquisa qualitativa e descritiva proposta foi realizada através de uma extensa revisão de literatura. A intenção foi compilar e analisar obras científicas relevantes ao tema, incluindo, mas não se limitando a artigos acadêmicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, periódicos especializados, livros-texto e materiais publicados em sites e bancos de dados confiáveis.

A coleta de dados foi realizada em plataformas acadêmicas de referência como Google Scholar, SciELO, PubMed, Portal da CAPES e outras fontes relevantes. Palavras-chave relacionadas ao tema, tais como “resíduos químicos”, “gestão industrial de resíduos”, “indústria verde”, “tecnologias limpas”, “sustentabilidade” e “Política Nacional de Resíduos Sólidos”, foram utilizadas para direcionar a pesquisa.

Esta investigação foi focada em trabalhos publicados nos últimos 17 anos para ga-

rantir que as informações coletadas estivessem atualizadas e refletissem as tendências, desafios e melhores práticas mais recentes na gestão sustentável de resíduos químicos na indústria.

A análise dos dados coletados consistiu em resumir, categorizar e interpretar as informações de forma a responder à pergunta de pesquisa. As informações foram analisadas à luz das teorias e dos modelos existentes sobre a gestão de resíduos industriais e a sustentabilidade.

2.2 Resultados e Discussão

A gestão adequada de resíduos é um tema de importância crescente no cenário global. Conforme destacado por Corrêa e Corrêa (2012), a prevenção e a minimização da geração de resíduos são fundamentais nesse contexto. Para atingir uma gestão sustentável, tanto do ponto de vista ambiental quanto financeiro, é imperativo repensar estratégias para a redução de resíduos. Isso implica na adoção de práticas de consumo consciente e na otimização dos processos produtivos, o que exige uma significativa mudança de paradigma por parte das empresas e da sociedade como um todo.

Enquanto práticas como a reutilização e reciclagem se consolidam como soluções para o que já foi gerado, transformando resíduos em novos produtos ou matérias-primas, é essencial reconhecer que nem todos os resíduos podem ser reciclados ou reutilizados. Diante disso, a necessidade de tratamentos adequados torna-se evidente. A depender do tipo e natureza do resíduo, processos químicos, físicos ou biológicos são empregados para sua neutralização. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010, guia a disposição final desses resíduos, que geralmente ocorre em aterros sanitários.

Esta política é complementada por várias resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A título de exemplo, a Resolução CONAMA 313/2002 define critérios para a gestão de resíduos sólidos industriais, enquanto a Resolução CONAMA 358/2005 trata da disposição final dos resíduos. Já a Resolução CONAMA 404/2008 estabelece parâmetros para aterros de pequeno e médio porte.

Em relação à classificação dos resíduos industriais, o CONAMA categoriza-os em metálicos, orgânicos, inorgânicos e químicos. Esses resíduos também são categorizados por periculosidade:

- **Classe I (Perigosos):** Riscos ao ambiente e à saúde devido à toxicidade e reatividade.
- **Classe II (Não Inertes):** Geralmente são resíduos orgânicos biodegradáveis.
- **Classe II (Inertes):** Resíduos que não liberam substâncias prejudiciais, como areia e cerâmicas.

Além das regulamentações, as indústrias devem adotar práticas sustentáveis na gestão de resíduos. Isso envolve a implementação de sistemas de gestão ambiental, estratégias de redução e reciclagem, e uso de tecnologias verdes. A Química Verde, por exemplo, propõe a redução ou eliminação da produção e uso de substâncias perigosas.

O foco deste estudo é identificar os processos industriais de gestão de resíduos visando minimizar impactos ambientais. Com o cumprimento rigoroso das normas, as empresas fortalecem a sustentabilidade ambiental, alinhando-se com as demandas globais e contribuindo para um desenvolvimento responsável.



No Brasil, o gerenciamento de resíduos é regulamentado por diversas leis e normativas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece princípios, objetivos e diretrizes para o manejo integrado e ambientalmente adequado de resíduos. Adicionalmente, resoluções como a CONAMA nº 307/2002 (BRASIL, 2002b) e a Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 222/2018 da ANVISA (BRASIL, 2018) fornecem critérios para o manejo de resíduos sólidos em serviços de saúde. Todos esses regulamentos são vitais para assegurar a adequada e sustentável gestão de resíduos no país, conforme Cardozo, Mannarino e Ferreira (2021).

Os impactos ambientais advindos da geração e disposição inadequada de resíduos são expressivos e podem resultar na contaminação de solos, água e ar, afetando a biodiversidade, a qualidade de vida das pessoas e a segurança alimentar, conforme Corrêa e Corrêa (2012). Além disso, a disposição inadequada pode levar a problemas como enchentes, proliferação de vetores de doenças e custos econômicos para os setores público e privado, como apontado por Almeida, Garrido e Almeida (2017).

Dentro do contexto industrial, a importância de tratar os resíduos gerados antes de seu descarte no meio ambiente é essencial para assegurar a preservação ambiental e a segurança da saúde da população. A falta de atenção na administração correta destes materiais pode resultar em desastres ecológicos, incluindo a poluição das águas, contaminação atmosférica e comprometimento do solo. Tratar devidamente os resíduos industriais, além de ser um compromisso ético e cívico, pode trazer benefícios econômicos, possibilitando a reutilização e reciclagem de insumos importantes e diminuindo despesas ligadas a descartes inapropriados. Assim, uma gestão criteriosa dos resíduos não apenas salvaguarda o ambiente, mas também potencializa operações industriais e favorece um progresso mais sustentável. Existem diversas tecnologias à disposição para o tratamento de resíduos industriais, incluindo a biodegradação, incineração, estabilização química e a disposição em aterros. Estas abordagens são discutidas por Cardozo, Mannarino e Ferreira (2021), Santos, dos (2011) e Souza Júnior, de et al. (2021).

A gestão efetiva de resíduos é um desafio que exige a adoção de práticas sustentáveis por empresas e a sociedade em geral. Rodriguez e Kapusta (2016) destacam que a implementação de políticas públicas eficazes, a conformidade com os regulamentos, a adoção de tecnologias verdes e a educação da população são essenciais para assegurar um manejo adequado e ambientalmente correto dos resíduos.

As empresas, por sua vez, podem colher benefícios econômicos e de reputação com o adequado manejo de resíduos. Rodriguez e Kapusta (2016) apontam que isso inclui a redução de custos associados à disposição de resíduos. Betiol *et al.* (2012) destacam a adoção de processos produtivos mais limpos e a reutilização de materiais. Além disso, é importante que as empresas gerenciem adequadamente os resíduos perigosos, que incluem substâncias químicas tóxicas, materiais radioativos e resíduos hospitalares. Corrêa e Corrêa (2012) enfatizam que o manuseio inadequado desses materiais pode representar riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

A abordagem da Química Verde aplicada à indústria, visa implementar práticas e processos que buscam reduzir ou eliminar o uso e geração de substâncias prejudiciais durante a produção. Seu foco é a eficiência e a redução de substâncias tóxicas. Além de trazer benefícios ambientais, a Química Verde oferece vantagens econômicas, pois processos otimizados e sustentáveis podem resultar em redução de custos e inovação de produtos e mercados. Essencialmente, simboliza uma transição para práticas industriais mais limpas e alinhadas às demandas ecológicas e normativas atuais. Enfatiza a minimização da geração de resíduos, a reutilização e reciclagem de materiais, bem como o desenvolvi-

mento de processos produtivos mais limpos. Empresas podem incentivar a reciclagem e a reutilização de materiais por seus consumidores, por exemplo, disponibilizando pontos de coleta de materiais recicláveis, informando sobre o descarte adequado de produtos em suas embalagens e adotando programas de logística reversa. Essas práticas, de acordo com os princípios da Química Verde, representam avanços significativos para um futuro mais sustentável.

No contexto da Química Verde, técnicas de biodegradação são fundamentais para o tratamento de resíduos industriais, pois permitem a decomposição de compostos orgânicos pela ação de microrganismos em ambientes aeróbicos ou anaeróbicos. Santos, dos (2011) destaca que esta abordagem tem sido adotada em vários setores industriais – como alimentício, papel e celulose, têxtil e químico – devido à sua capacidade de eficientemente eliminar compostos orgânicos dos resíduos.

Estudos de Singh e Fulekar (2014), Almeida *et al.* (2018) e Lin *et al.* (2013) evidenciam a eficiência da biodegradação como um método sustentável para o tratamento de resíduos industriais. O processo contribui significativamente para a redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários, diminuindo assim o impacto ambiental decorrente da disposição inadequada desses materiais. A combinação da biodegradação com outros métodos de tratamento, como a compostagem, pode potencializar a eficiência do processo e resultar em produtos de alta qualidade, como composto orgânico, que pode ser utilizado como adubo em áreas agrícolas, conforme Betiol *et al.* (2012).

Outro método de tratamento de resíduos industriais bastante utilizado é a incineração, conforme Santos (2011). Esta tecnologia envolve a queima de resíduos em altas temperaturas, reduzindo seu volume, destruindo substâncias tóxicas e perigosas, e gerando energia térmica. No entanto, Santos, dos (2011) também ressalta que a incineração pode gerar emissões de poluentes atmosféricos, que exigem monitoramento e controle adequados para evitar efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente.

A estabilização química, conforme descrito por Souza Júnior *et al.* (2021), busca reduzir a toxicidade dos resíduos e torná-los menos perigosos para o meio ambiente, modificando suas propriedades químicas para reduzir sua solubilidade, volatilidade ou reatividade. Esta técnica é empregada em vários tipos de resíduos industriais, como químicos, perigosos, efluentes e lamas contaminadas.

No Brasil, a quantidade de resíduos industriais processados em aterros varia de acordo com o porte das indústrias e a região do país. Os aterros industriais devem atender a critérios técnicos para minimizar os impactos ambientais, incluindo a construção de sistemas de impermeabilização e drenagem para evitar a contaminação do solo e da água. No entanto, a disposição em aterro de resíduos industriais deve ser considerada como a última opção. As práticas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos devem ser priorizadas, conforme os princípios da Química Verde e a Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

A adoção de práticas e técnicas sustentáveis no gerenciamento de resíduos é, portanto, uma necessidade urgente. A implementação de políticas públicas efetivas, a adoção de tecnologias limpas e a educação da população são essenciais para assegurar um gerenciamento adequado de resíduos. As empresas que adotam práticas sustentáveis não só contribuem para a preservação do meio ambiente, mas também podem colher benefícios econômicos e de reputação.

A gestão adequada de resíduos é crucial para promover a sustentabilidade ambiental e salvaguardar a saúde pública, sendo estruturada no Brasil por regulamentações significativas, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) ressalta a necessidade de métodos adequados para o tratamento de resíduos. A biodegradação, por exemplo, é uma



estratégia altamente eficiente e sustentável, sobretudo quando combinada à compostagem, permitindo a transformação de resíduos em produtos úteis como adubos. Enquanto a biodegradação e a compostagem são técnicas para diminuir a quantidade de resíduos, a incineração é uma abordagem para reduzir a toxicidade dos mesmos. No entanto, é fundamental um monitoramento rigoroso na incineração para evitar a liberação potencial de poluentes. Na análise, a Química Verde é destacada como uma opção preferencial no gerenciamento de resíduos, com foco na redução e reutilização de materiais e na minimização do descarte. Embora o aterramento de resíduos seja regulado e praticado no Brasil, ele é considerado a última alternativa, com a Lei nº 12.305/2010 incentivando práticas mais sustentáveis. A efetividade desses métodos e a necessidade de conscientização ambiental, implementação de tecnologias verdes e estabelecimento de políticas públicas efetivas ilustram a importância e a complexidade do gerenciamento de resíduos para garantir um futuro sustentável para o país.

3. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar a gestão eficaz de resíduos em sua relação com a sustentabilidade ambiental e a saúde pública. Refletindo sobre o que foi apresentado ao longo de nosso estudo, podemos afirmar que um gerenciamento de resíduos efetivo e colaborativo entre empresas, governo e sociedade é não apenas vital, mas indispensável para garantir um equilíbrio entre desenvolvimento e preservação ambiental.

Os métodos de tratamento de resíduos, incluindo biodegradação e estabilização química, desempenham um papel significativo nesse contexto. No entanto, a ênfase em nosso estudo se direcionou fortemente para a minimização de resíduos através da Química Verde, destacando-se como uma das abordagens mais promissoras para um futuro sustentável.

Com base nas informações presentes, identificamos que, embora o Brasil tenha estabelecido regulamentações como a Política Nacional de Resíduos Sólidos para orientar as práticas sustentáveis, ainda há um caminho considerável a ser percorrido. A conscientização da população, a adoção contínua de tecnologias limpas e a implementação de políticas públicas mais eficazes são componentes críticos para garantir que o crescimento econômico coexista harmoniosamente com a sustentabilidade ambiental.

Referências

- ALMEIDA, A. L.; OLIVEIRA, A. R.; ROCHA, M. M. **Bioremediation of organic pollutants in wastewater: a review**. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, n. 14, p. 13270-13283, 2018.
- ALMEIDA, F. S.; GARRIDO, F. DE S. R. G.; ALMEIDA, Â. A. **Avaliação de impactos ambientais: uma introdução ao tema com ênfase na atuação do Gestor Ambiental**. *Revista Diversidade e Gestão*, v. 1, n. 1, p. 70-87, 2017.
- ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. *Principles of green chemistry*. *Green Chemistry: Theory and Practice*, v. 29, p. 14821-14842, 1998.
- BETIOL, L. S. et al. **Compra Sustentável: a força do consumo público e empresarial para uma economia verde e inclusiva**. *Programa Gestão Pública e Cidadania*, FGV, v. 1, 2012.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o inventário Nacional de Resíduos Sólidos industriais**. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2002a.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, Seção 1, p. 95, 17 jun. 2002b.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 29 abr. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008. Define critérios técnicos para a disposição de resíduos em aterros industriais. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 13 nov. 2008.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p. 68, 29 mar. 2018.

CARDOZO, B. C.; MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A. **Análise do monitoramento ambiental da incineração de resíduos sólidos urbanos na Europa e a necessidade de alterações na legislação brasileira**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, p. 123-131, 2021.

CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B. **Gestão de resíduos sólidos. Pelotas**: Evangraf, 2012.

GOMES, Rachel Novaes; LIMA, Paula Siqueira; KURIYAMA, Sergio Noboru; NETO, Antonio Augusto Fidalgo. **Desenvolvimento da química verde no cenário industrial brasileiro**. Rio de Janeiro, RJ: Instituto SENAI de Inovação em Química Verde, Serviços tecnológicos, 2018.

LIN, L. et al. **A review of bioremediation of petroleum hydrocarbons in soil**. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, v. 396, p. 1-10, 2013.

RODRIGUEZ, Maria Teresa Monica Raya; KAPUSTA, Simone Caterina. **Gerenciamento de Resíduos Industriais**. Porto Alegre, RS: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2009. ISBN 978-85-64270-03-9.

SANTOS, G. G. dos. **Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: o caso da incineração e da disposição em aterros**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária, Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SINGH, P. P.; FULEKAR, M. H. **Bioremediation of industrial wastewater: a review**. Environmental Progress & Sustainable Energy, v. 33, n. 4, p. 1020-1033, 2014.

SOUZA JÚNIOR, A. de et al. **Comparação entre as técnicas de estabilização química e reforço com geossintético na melhoria da resistência ao cisalhamento de solo com baixa capacidade de suporte**. Revista Princípios-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, n. 57, p. 134-149, 2021..

SUÁREZ TAMAYO, S.; MOLINA ESQUIVEL, E. **El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente**. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, v. 52, n. 3, p. 357-363, 2014.

TOCCHETTO, Marta Regina Lopes. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Química, Curso de Química Industrial, 2005.



O livro apresenta vários estudos da engenharia ambiental, engenharia produção, engenharia mecânica, engenharia de controle e automação, engenharia elétrica e engenharia química, onde abordam temas sobre processo produtivo, manutenção industrial, computação, comunicação, redes, IoT, resíduos sólidos, indústria 4.0, segurança do trabalho, sustentabilidade, projeto, dentre outros.

