

Organizadores:
Eduardo Mendonça Pinheiro
Patrício Moreira de Araújo Filho
Glauber Tulio Fonseca Coelho

ENGENHARIA

40

a era da produção
inteligente

2023


Pascal
Editora

11^o
Volume

**EDUARDO MENDONÇA PINHEIRO
PATRÍCIO MOREIRA DE ARAÚJO FILHO
GLAUBER TULIO FONSECA COELHO
(Organizadores)**

ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

VOLUME 11

EDITORA PASCAL

2023

2023 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Prof. Dr. 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. Raimundo Luna Neres

Dr. Saulo José Figueredo Mendes

Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda

Dr^a. Selma Maria Rodrigues

Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57prod

Engenharia 4.0: a era da produção inteligente / Eduardo Mendonça Pinheiro, Patrício Moreira de Araújo Filho, Glauber Tulio Fonseca Coelho (Orgs). São Luís - Editora Pascal, 2023.

149 f. : il. : (Engenharia 4.0; v. 11)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-80751-60-0

D.O.I.: 10.29327/5170404

1. Engenharia. 2. Gestão inteligente. 3. Miscelânea. I. Pinheiro, Eduardo Mendonça, II. Araújo Filho, Patrício Moreira de. III. Coelho, Glauber Tulio Fonseca. IV. Título.

CDU: 089.3

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

2023

www.editorapascal.com.br

contato@editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

Esta edição da série “Engenharia 4.0: a era da produção inteligente” é o resultado da seleção de vários artigos científicos publicados sobre a temática central da obra. A equipe editorial buscou oportunizar aos acadêmicos, professores e profissionais da atuantes da área, espaço de discussão a respeito da produção inteligente e sua nova fronteira. Vale dizer que esta série pode ter números adicionais no futuro, devido à grande repercussão, interesse de vários pesquisadores e difusão deste novo conhecimento.

O presente volume é composto por 11 capítulos que foram apresentados em eventos regionais, nacionais e internacionais, além de estudos inéditos, e aqui estão agrupados segundo temática para facilitar a leitura quanto aos interesses difundidos em cada artigo, transformado em capítulo de livro e direcionados a discentes, docentes, pesquisadores e profissionais de Engenharia e áreas afins.

Os Organizadores ressaltam que as temáticas ilustradas nos capítulos desta série científica confirmam o valor da Engenharia 4.0 no contexto empresarial, científico e seus utilitários, mas principalmente vem reforçar a importância do tema de vanguarda e sua aplicabilidade, contribuindo para que as empresas e centros de pesquisa possam identificar projetos com o potencial de desenvolvimento de novas tecnologias e inovação para o futuro da indústria.

Os Organizadores

ORGANIZADORES

Eduardo Mendonça Pinheiro



Doutorado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA, em andamento). Mestre em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA, 2017). Pós Graduação em Gestão de Projetos pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER, 2021). Especialista em Gestão Agroindustrial pela Universidade Federal de Lavras-MG (UFLA, 2006), Especialista em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER, 2017). Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA, 2004), Licenciatura Plena pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL, 2008). Mestrado em Engenharia pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA, interrompido em 2014). Engenheiro Agrônomo concursado pela Secretaria Municipal de Agricultura, Pesca e Abastecimento de São Luís (SEMAPA). Sócio Proprietário da Editora Pascal LTDA. Professor substituto da Universidade Estadual do Maranhão. Professor pela Faculdade Pitágoras/Anhanguera. Professor Conteudista pela UEMANET. Consultor pelo Programa Alimentos Seguros (PAS).

Patrício Moreira de Araújo Filho



Doutor e Mestre em Engenharia Mecânica, na área de Projetos e Materiais, pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Licenciado em Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Consultor da Fundação de Amparo à Pesquisa no Maranhão (FAPEMA), é Professor/pesquisador Adjunto na Universidade do CEUMA (UniCeuma), Líder de grupo de pesquisa em engenharia aeronáutica e aeroespacial (GPEAA) e Coordena o Projeto SAE-UniCeuma desenvolvendo atividades nas áreas de Engenharia e Ensino.

Glauber Tulio Fonseca Coelho



Possui Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional - UNIDERP (2020), mestrado em Engenharia Civil (Concentração: Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2009), MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas - FGV e graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (2006). Discente do curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atualmente é Coordenador Acadêmico da Faculdade Anhanguera de São Luís, bem como professor de disciplinas na área de Meio Ambiente e Tecnologia da Construção. Possui experiência em Construção Civil, Gestão de Projetos, Meio Ambiente, Hidrologia e Drenagem. Empresário no setor de livros virtuais científicos, sócio proprietário da Editora Pascal LTDA.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	8
ANÁLISE DA EMISSÃO DE CO2 CONSIDERANDO DESPACHO DE GERAÇÃO TERMELÉTRICA, EÓLICA E FOTOVOLTAICA EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
Laura Stefanini Pereira Antonio Marcos Cossi	
CAPÍTULO 2.....	15
BATERIAS, CÉLULAS A COMBUSTÍVEL E HIDROGÊNIO: ALTERNATIVAS PARA O ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	
Lucas Macedo da Silva Vitor de Almeida Silva Fernando Nunes Belchior Marcelo Nunes Fonseca	
CAPÍTULO 3.....	27
ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE DO SETOR ALIMENTÍCIO EM SÃO LUÍS/MARANHÃO	
Marcos Felipe Nascimento Santana Hilton Seheris da Silva Santos Will Ribamar Mendes Almeida Patrício Moreira de Araújo Filho	
CAPÍTULO 4.....	48
ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS ACADÊMICOS DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ – UEAP EM RELAÇÃO AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
Jacqueline Pharlan de Camargo Pedro Henrique Pereira dos Santos Felipe Fernando da Costa Tavares Tito Lívio Pinto de Freitas	
CAPÍTULO 5.....	60
RASTREAMENTO DE PRODUTOS MÉDICOS HOSPITALARES COM APLICAÇÃO DO BLOCKCHAIN	
Julia Neves Cano Fernanda Alves Silva Ricardo Luiz Ciuccio	

CAPÍTULO 6.....	70
O EMPREGO DA TEORIA DAS FILAS NO ESTUDO DE VIABILIDADE DE REDIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ATENDIMENTO: UM ESTUDO DE CASO	
Gabriel dos Santos Maciel Marcos Gabriel Vieira de Vilhena	
CAPÍTULO 7.....	80
PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA 5S: UM ESTUDO DE CASO EM UMA DISTRIBUIDORA DE MEDICAMENTOS E PRODUTOS HOSPITALARES EM SÃO LUÍS/MA	
Aline Mirely Gonçalves Maia José Ribamar Santos Moraes Filho	
CAPÍTULO 8.....	101
APLICAÇÃO DE MÉTODO PSF COMBINADO COM SPAR-H PARA ANALISAR A INFLUÊNCIA HUMANA EM ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS	
Matheus Eiji Toriy Botelho Luana Aparecida Gracheki Da Costa Vinicius Martins Dias Toni Marjorie Maria Bellinello Emerson Rigoni Marcelo Rodrigues	
CAPÍTULO 9.....	113
A INFLUÊNCIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO E DAS TECNOLOGIAS DO SÉCULO XXI NA QUALIDADE DE VIDA DOS TRABALHADORES	
Leonardo Lima Gomes Bruno Leite Cruz	
CAPÍTULO 10.....	121
CORREÇÃO DE VIÉS POR MEIO DE BOOTSTRAP DE BLOCO MÓVEL PARA UM PROCESSO ARMA(1,1)	
Caroline Cogo Carneosso João Inácio Scrimini Cleber Bisognin	
CAPÍTULO 11.....	133
SIMULAÇÃO NUMÉRICA EM MEIOS POROSOS COM CONVECÇÃO NATURAL	
Bruno Leite Cruz	
AUTORES.....	141



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

1

**ANÁLISE DA EMISSÃO DE CO2 CONSIDERANDO
DESPACHO DE GERAÇÃO TERMELÉTRICA,
EÓLICA E FOTOVOLTAICA EM SISTEMAS DE
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

*ANALYSIS OF CO2 EMISSIONS CONSIDERING THERMAL,
WIND AND PHOTOVOLTAIC GENERATION IN ELECTRIC
POWER DISTRIBUTION SYSTEMS*

Laura Stefanini Pereira

Antonio Marcos Cossi



[10.29327/5170404.1-1](https://doi.org/10.29327/5170404.1-1)

Resumo

Neste trabalho é apresentado um modelo de cálculo de emissão de CO₂, considerando despacho de geração de energia de fontes termelétricas, eólicas e fotovoltaicas em sistemas de distribuição de energia elétrica. O objetivo é avaliar a redução do impacto ambiental causado pela geração de energia elétrica proveniente de unidades termelétricas, quando substituídas por fontes de geração eólica e fotovoltaica. Para avaliar o modelo, apresentam-se resultados de três cenários de geração para uma determinada demanda de carga em um sistema de distribuição.

Palavras-chave: Despacho ambiental, Emissão de poluentes, Geração de energia elétrica.

Abstract

In this work, a model for calculating CO₂ emissions is presented, considering the dispatch of thermal, wind and photovoltaic energy generation in electric energy distribution systems. The objective is to evaluate the reduction of the environmental impact caused by the generation of electric energy from thermal units, when replaced by sources of wind and photovoltaic generation. To evaluate the model, results from three generation scenarios are presented for a given load demand in a distribution system.

Keywords: Environmental dispatch, Emission of pollutants, Electricity generation.

1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo, os estudos para a instalação de usinas termelétricas consideravam apenas questões econômicas. No entanto, as usinas termelétricas (térmicas) utilizam da queima de combustíveis fósseis resultando no aumento da emissão de CO₂ no meio ambiente. Cada quilowatt produzido por essas fontes está associado a uma taxa de emissão através de um fator de emissão, que é obtido pela relação emissão de poluente/energia produzida ou combustível consumido, expresso em kg por unidade de energia (OLIVEIRA, 2013).

Ao longo dos anos, estudos surgiram a fim de criarem estratégias para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. A estratégia tem sido não apenas avaliar o despacho econômico mas também o despacho ambiental. A maioria dos trabalhos encontrados na literatura contribuem na modelagem do problema considerando a análise dos cenários de incerteza e a proposição de ferramentas para otimização multiobjetivo e auxílio à tomada de decisão.

O despacho ambiental visa minimizar a emissão de poluentes provenientes da combustão dos combustíveis fósseis utilizados na geração termelétrica. A diminuição significativa das emissões de CO₂ ocorre no mesmo período em que se reduz a utilização de usinas termoelétricas a combustível fóssil e se aumenta a utilização de fontes renováveis eólicas, fotovoltaica (solar) e térmicas a biomassa.

Como estratégia de mitigar os efeitos causados ao meio ambiente pelas usinas termelétricas, a utilização de fontes renováveis de energia tem se tornando promissora e palco de diversos estudos, como é o caso das fontes de energia eólica e fotovoltaica.

Assim, este trabalho apresenta um modelo matemático para avaliar o despacho ambiental em sistemas de geração considerando a presença de fontes termelétricas, eólicas e usinas fotovoltaicas. O objetivo é avaliar a redução do impacto ambiental causado pela geração de energia elétrica proveniente de unidades termelétricas, quando substituídas por fontes de geração eólica e fotovoltaica. Para avaliar o modelo, apresentam-se resultados de três cenários de geração para uma determinada demanda de carga em um sistema de distribuição.

Ressalta-se que apenas a análise do despacho ambiental não é suficiente para avaliar a viabilidade da implantação de um sistema considerando fontes poluentes e renováveis (não poluentes). Neste caso, deve-se promover também a análise do despacho econômico considerando os custos de geração e da implantação desses sistemas de geração.

2. DESPACHO AMBIENTAL

O despacho ambiental está relacionado ao sistema de geração termelétrica e tem como objetivo calcular a emissão dos poluentes que ocorrem através da queima de combustíveis fósseis, e ao mesmo tempo atender as restrições operacionais do problema. Assim, a função de emissão de poluentes das unidades termelétricas considera a potência gerada e os coeficientes de emissão de poluentes de cada unidade geradora. A equação 1 ilustra a função que calcula a emissão de poluentes. Essa função ambiental (FA) é modelada levando em consideração a relação entre a quantidade em kg/h de cada poluente e a saída de potência da unidade em MW/h, calculando os níveis de concentração resultantes de cada gerador e, considerando estas informações, também é formulada na literatura como uma função quadrática e convexa (MARTINS, 2019).

$$FA = \sum_{j=1}^m (\alpha_j Pt_j^2 + \beta_j Pt_j + \gamma_j) \quad (1)$$

em que: FA representa a função ambiental, ou seja, quantidade de poluentes emitida pela(s) unidade(s) termelétricas(s), em kg/h; α_j , β_j , γ_j são os valores dos coeficientes da função ambiental da unidade geradora j . Pt_j é a potência injetada no sistema pela unidade termelétrica j , para $j = 1, \dots, m$.

A geração de energia no sistema de distribuição, considerando diversas fontes de energia, para o atendimento à demanda, tem que operar dentro dos limites técnicos e operacionais de cada unidade geradora, bem como atender o balanço de potência do sistema. Assim, as equações de 2 a 4 representam os limites operacionais das fontes termelétrica, eólica e fotovoltaica, respectivamente. E, a equação 5 representa o balanço de potência do sistema elétrico.

$$Pt_j^{min} \leq Pt_j \leq Pt_j^{max} \quad (2)$$

$$0 \leq Pe_j \leq Pe_j^{max} \quad (3)$$

$$0 \leq Pf \leq Pf_{max} \quad (4)$$

$$Dt = Pt_j + Pe_j + Pf_j \quad (5)$$

em que: Pt_j^{min} e Pt_j^{max} são os limites mínimo e máximo de injeção de potência, em MW, de cada unidade termelétrica j , respectivamente; Pe_j é a potência, em MW, injetada no sistema por cada unidade eólica j ; Pe_j^{max} é o limite máximo de potência, em MW, que cada unidade eólica j pode injetar no sistema; Pf_j é a potência, em MW, injetada no sistema por cada usina fotovoltaica j ; Pf_j^{max} é o limite máximo de potência, em MW, que cada usina fotovoltaica j pode injetar no sistema; Dt é a potência total, em MW, injetada pelas unidades termelétricas, eólicas e usinas fotovoltaicas, para o atendimento à demanda do sistema.

3. TESTES E RESULTADOS

Para analisar o despacho ambiental, foram feitos testes considerando três cenários: 1) apenas unidades termelétrica; 2) unidades de geração termelétrica e eólica; 3) unidade de geração termelétrica, eólica e usinas fotovoltaicas. Os cenários consideram uma geração para atender uma demanda de 560 MW. Considera-se que o restante da potência injetada no sistema, descontando a injeção de potência dos sistemas de geração termelétrica, eólica e fotovoltaica, provém de usinas hidrelétricas. Os dados das unidades de geração termelétrica e eólica foram obtidos em Martins (2019). Os dados das usinas fotovoltaicas foram obtidos em Peng (2016).

3.1 Cenário 1: Geração termelétrica

Neste cenário, utilizou-se 6 unidades termelétricas. O objetivo é avaliar a emissão de carbono sem a presença de unidades eólicas e usinas fotovoltaicas, e poder comparar com os demais cenários. A tabela 1 ilustra os dados das unidades de geração termelétrica, bem como a emissão de poluentes dessas unidades.

Unidade termelétrica	Pt (kW)	FA (kg/h)
1	180,0	208,60
2	32,0	28,64
3	16,0	33,29
4	35,0	29,54
5	17,0	35,54
6	12,0	37,43
<i>Total</i>	292,0	373,02

Tabela 1. Potência injetada pelas termelétricas e suas respectivas emissões de carbono.

Fonte: Martins (2019)

De acordo com a Tabela 1, considerando apenas unidades termelétricas temos uma emissão de CO₂ de 373,02 kg/h.

3.2 Cenário 2: Geração termelétrica e eólica

Neste cenário, em substituição de 2 unidades termelétricas do cenário 1, utilizou-se 2 unidades eólicas para continuar a atender a mesma demanda. A Tabela 2 ilustra os dados das unidades de geração termelétrica e eólica, bem como as emissões de poluentes das termelétricas.

Unidade termelétrica	Pt (MW)	FA (kg/h)
1	180,0	208,60
2	32,0	28,64
3	16,0	33,29
4	35,0	29,54
<i>Total</i>	263,0	300,06

Unidade eólica	Pe (MW)
1	21,0
2	30,0
<i>Total</i>	51,0

Tabela 2. Potência das unidades termelétricas e eólicas e as respectivas emissões de carbono das termelétricas.

Fonte: Martins (2019)

De acordo com a Tabela 2, considerando unidades termelétricas e eólicas para atender a mesma demanda, temos uma emissão de CO₂ de 300,06 kg/h.

3.3 Cenário 3: Geração termelétrica, eólica e fotovoltaica

Neste cenário, em substituição de 4 unidades termelétricas do cenário 1, utilizou-se 2 unidades eólicas e 2 usinas fotovoltaicas para continuar a atender a mesma demanda.

A Tabela 3 ilustra os dados das unidades de geração termelétrica e eólica, bem como as emissões de poluentes das termelétricas. A Tabela 4 ilustra os dados de geração das usinas fotovoltaicas.

Unidade termelétrica	Pt (kW)	FA (kg/h)
1	180,0	208,60
2	32,0	28,64
<i>Total</i>	212,0	237,23

Unidade eólica	Pe (kW)
1	21,0
2	30,0
<i>Total</i>	51,0

Tabela 3. Potência das unidades termelétricas, eólicas e usinas fotovoltaicas, e as respectivas emissões de carbono das termelétricas.

Fonte: Martins (2019)

Usina fotovoltaica	Pf (kW)
1	17,0
2	12,0
<i>Total</i>	29,0

Tabela 4. Potência injetada das usinas fotovoltaicas.

Fonte: Peng (2016)

De acordo com a Tabela 3, considerando unidades termelétricas, eólicas e usinas fotovoltaicas para atender a mesma demanda, temos uma emissão de CO₂ de 237,23 kg/h.

4. CONCLUSÕES

O trabalho apresenta um modelo para calcular e avaliar o despacho ambiental em sistemas de distribuição, considerando fontes de geração de unidades termelétricas, eólicas e usinas fotovoltaicas. Trata-se do cálculo da emissão de CO₂ devido a geração de energia pelas unidades termelétricas, as quais utilizam para a geração de energia a queima de combustíveis fósseis.

Assim, o objetivo foi avaliar o impacto ambiental devido a redução na emissão de CO₂ proveniente das usinas termelétricas. Neste caso, a redução na emissão de CO₂ pode ser feita pela substituição das unidades de geração termelétrica por fontes de energia limpa, como eólica e fotovoltaica. Com a redução na geração pelas unidades termelétricas ocorre a diminuição da queima de combustíveis fósseis e consequentemente a redução na emissão de CO₂. Este fato fica claro nos testes realizados comparando-se os cenários 2 e 3 com o cenário 1. Para o cenário 2 teve-se uma redução na emissão de CO₂ de 19,56% e para o cenário 3 uma redução de CO₂ de 36,40 %.

No entanto, ressalta-se que para avaliar a viabilidade da utilização de fontes de energia limpa em conjunto com fontes poluentes, deve-se analisar também o custo do des-

pacho de geração dessas fontes, bem como os seus respectivos custos de implantação. Assim, o problema deve analisar tantos os objetivos econômicos quanto ambiental.

Referências

MARTINS, A. C. dos S.; BALBO, A. R.; JONES, D. A modelagem matemática de um problema de despacho térmico e eólico e sua influência na redução da emissão de CO₂. **Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, v. 14, p. 230-253, 2019. Edição Ermac.

PENG, C; XIE, P; PAN, L; YU, R. Flexible robust optimization dispatch for hybrid wind/photovoltaic/hydro/thermal power system. **IEEE Trans. Smart Grid**, v. 7, n. 2, p. 751-762, 2016.

OLIVEIRA, L. T.; STANZANI, A. L.; BALBO, A. R. Método primal-dual de pontos interiores aplicado ao problema de despacho econômico e ambiental. **Revista CQD**, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/135149>>.



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

2

**BATERIAS, CÉLULAS A COMBUSTÍVEL E
HIDROGÊNIO: ALTERNATIVAS PARA O
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA**

*BATTERIES, FUEL CELLS AND HYDROGEN: ALTERNATIVES
FOR ENERGY STORAGE*

Lucas Macedo da Silva
Vitor de Almeida Silva
Fernando Nunes Belchior
Marcelo Nunes Fonseca



[10.29327/5170404.1-2](https://doi.org/10.29327/5170404.1-2)

Resumo

A crise energética é um problema global que está diretamente atrelado ao uso de combustíveis fósseis para a produção da energia consumida diariamente. Esses combustíveis não renováveis são altamente prejudiciais ao meio ambiente, contribuindo para o grande problema: a poluição. Assim, tem-se cada vez mais buscado por fontes alternativas de energia que são mais vantajosas e baratas. Além disso, essas fontes podem ser facilmente utilizadas em residências, facilitando a produção de energia. Essa facilidade, contudo, pode causar a produção de energia sobressalente que de alguma forma deve ser armazenada para consumo posterior. Existe uma busca por alternativas para o armazenamento de energia. Dentre as tecnologias usadas para este fim, destacam-se a bateria, células a combustível e o hidrogênio. Cada alternativa apresenta certas vantagens e desvantagens que trazem peculiaridades para cada uma. Desta forma, o presente trabalho explora as vantagens e desvantagens dessas três formas de armazenamento de energia por uma revisão sistemática.

Palavras-chave: Armazenamento de energia, Hidrogênio, Bateria, Células a combustível, Energia.

Abstract

The energy crisis is a global problem that is directly linked to the use of fossil fuels for the production of energy consumed daily. These non-renewable fuels are highly harmful to the environment, contributing to the big issue: pollution. Thus, there has been an increasing search for alternative sources of energy that are more advantageous and cheaper. In addition, these sources can be easily used in homes, facilitating energy production. This facility, however, can cause the production of spare energy that somehow must be stored for later consumption. There is a search for alternatives for energy storage. Among the technologies used for this purpose, the battery, fuel cells and hydrogen stand out. Each alternative has certain advantages and disadvantages that bring peculiarities to each one. In this way, the present work explores the advantages and disadvantages of these three forms of energy storage through a systematic review.

Keywords: Energy management, Hydrogen, Battery, Fuel cells, Energy.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento nas áreas de tecnologia, energia e automobilística representam um sinal de avanço para o uso sustentável dos recursos do planeta (FLÁVIA *et al.*, 2006). Muitos desses avanços estão diretamente ligados à indústria 4.0, vertente em que as empresas adquirem competitividade e qualidade por meio do avanço tecnológico em áreas como visão computacional, inteligência artificial (IA), internet das coisas (do inglês, *Internet of Things* — IoT), manufatura aditiva entre outros (SANTOS; MANHÃES; LIMA, 2018).

Também, nesse contexto, existem movimentos para substituição de carros a combustível por carros elétricos, pois esta ação contribui para a redução da poluição do ar (FERRERO; ALESSANDRINI; BALANZINO, 2016). Além disso, estão se popularizando gradativamente os automóveis autônomos, capazes de operar sem a intervenção humana por sensores tais como, câmeras, sistema de posicionamento global (do inglês, *global positioning system* — GPS) e sensores de proximidade (HUSSAIN; ZEADALLY, 2019). Estes automóveis tanto diminuem os acidentes de trânsito e congestionamentos quanto reduzem a emissão de gases do efeito estufa (MASSAR *et al.*, 2021; FORREST, KONCA, PAVLOV, 2007).

A evolução no setor de energia não é diferente, as pessoas têm cada vez mais buscado por soluções alternativas às concessionárias de energia, como, por exemplo, o uso de sistemas fotovoltaicos (FV). O Brasil apresenta grande capacidade de captação de energia solar, sendo, portanto, viável utilizar a energia proveniente do sol para suprir as demandas residenciais brasileiras (RELLA, 2017). Contudo, o principal limitante do uso generalizado de sistemas fotovoltaicos em residências brasileiras é sua viabilidade financeira (CABRAL, 2012). Mesmo com essa restrição, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR) desde 2013 a geração de energia fotovoltaica vem crescendo 150% ao ano (ABSOLAR, 2020). Tais dados indicam que mesmo com o custo expressivo para montar uma usina residencial, a população brasileira tem cada vez mais adotado novas fontes para reduzir o custo da conta de energia.

Os dados supracitados são reforçados em Pires e Pires (2021), onde foi realizado um estudo de caso sobre a geração de energia fotovoltaica em Manaus, os resultados mostraram que mesmo com a grande variação de chuva na região, não houve alterações nos índices de radiação solar. Isso indica que o Brasil possui um grande potencial para a geração de energia solar.

Todos esses avanços compartilham de um mesmo fator, a forma eficiente de armazenar e consumir a energia produzida. Esse aspecto é inerente a qualquer dispositivo eletrônico. A energia, quando produzida em excesso, deve ser armazenada, seja em baterias ou adicionada como créditos na concessionária, conforme descrito na lei 14300 (NACIONAL, 2022). Existem diversos esforços para buscar melhorar a forma de armazenamento da energia sobressalente produzida, contudo, as tecnologias conseguem armazenar apenas cerca de 1% de toda a energia produzida (LARCHER; TARASCON, 2014). O armazenamento da energia apresenta impactos positivos, pois reduzem o uso de usinas de reserva e preenchem a lacuna durante a interrupção do fornecimento de eletricidade (OULD AMROUCHE *et al.*, 2016). Assim sendo, o uso de fontes alternativas de energia, com o armazenamento eficiente das mesmas, podem ser a solução sustentável para a crise energética (HANNAN *et al.*, 2021).

Dentre as tecnologias para o armazenamento de energia destacam-se a bateria, o hidrogênio e as células a combustível. As baterias são dispositivos de armazenamento

altamente maduros, com altas capacidades de armazenamento e altas tensões (KOOHI-FAYEGH; ROSEN, 2020). As células a combustível são uma alternativa renovável para os combustíveis fósseis, podendo ser utilizadas em diversos meios (RAMEZANIZADEH *et al.*, 2019). O hidrogênio é uma das tecnologias fundamentais para as energias renováveis, pois é um combustível com alta capacidade energética e produz água como resultado da produção de eletricidade. Entre a célula de combustível e o hidrogênio, o segundo é o mais recomendado, pois não emite gases poluentes (FAN; TU; CHAN, 2021).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as vantagens e desvantagens das seguintes alternativas para armazenamento de energia: bateria, hidrogênio e células a combustível. Os objetivos específicos são realizar uma revisão sistemática acerca do tema, analisar artigos das bases do *web of science* e *google scholar* e expor os métodos de armazenamento utilizados pelos artigos analisados.

As próximas seções estão organizadas da seguinte forma: Seção 2 materiais e métodos, discorre sobre os passos definidos e seguidos para a revisão sistemática; Seção 3, exposição da análise pontual de cada artigo e dos resultados obtidos; Seção 4, conclusão do trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODO

A presente pesquisa foi dividida em três etapas, sendo elas: a revisão da literatura com foco nas alternativas para armazenamento de energia; a avaliação das alternativas quanto às suas vantagens e desvantagens; e pôr fim, a sistematização e discussão dos dados bibliográficos obtidos.

Na etapa de revisão da literatura foi realizada uma revisão sistematizada, baseada nos passos citados por Gil (2002). Esse modelo garante padronização e possibilita que outros pesquisadores repliquem a busca e cheguem aos mesmos resultados. A Figura 1 mostra a sequência de passos definidos para a revisão sistemática.

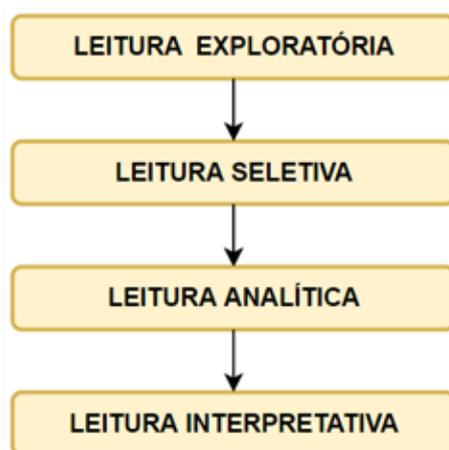


Figura 1 – Fluxograma da revisão sistemática

Fonte: Autoral (2022)

Para apoiar a seleção dos relatos durante as etapas da revisão foram estabelecidos alguns critérios de escolha, que atuaram com um filtro de seleção dos trabalhos. Esses são referentes ao problema e são os seguintes:

- Descartar artigos que não utilizam alguma das tecnologias de armazenamento

citadas;

- Descartar artigos que utilizam alguma das alternativas, mas não expõe nenhum dado acerca da mesma;
- Descartar artigos que utilizam alguma das alternativas e citam, porém, não expõem os motivos do uso.
- Tomando como referência a Figura 1, cada passo é descrito nas subseções seguintes.

2.1 Passo 1: Leitura exploratória

No primeiro passo da revisão foi realizado um levantamento geral dos relatos ligados ao problema abordado. Para tanto, foram definidas as bases do *Web of Science* e *Google Scholar* como fontes de busca. Em seguida, foi construída uma *string* de busca, a partir de testes nas bases e avaliação dos resultados obtidos. A mesma é composta pelas seguintes palavras-chave:

- (*Solar Energy OR Alternativas para armazenamento de energia, Renewable energy OR Energy storage OR Solar energy*) AND;
- (*Hidrogênio OR Hydrogen OR Solar hydrogen OR Wind-to-hydrogen OR Renewable hydrogen*) OR;
- (*Células a combustível OR Fuel Cell*) OR;
- (*Battery OR Photovoltaic Battery OR Solar-wind-battery*).

Com isso, mediante a aplicação da *string* citada, nessa etapa foram listados o total de relatos encontrados nas bases.

2.2 Passo 2: Leitura seletiva

Esta etapa teve o intuito de selecionar os trabalhos com potencial para serem analisados em mais detalhes. A seleção se deu pela leitura do título e do *abstract* de cada relato encontrado. Sendo assim, essa etapa teve como resultado o *número de relatos total após seleção e eliminação dos duplicados*.

2.3 Passo 3: Leitura analítica

Nessa fase foi realizada a leitura aprofundada dos artigos. Com base nos critérios de escolha, os trabalhos foram selecionados pela leitura do *abstract*, introdução e conclusão. De modo a listar o que os autores realizaram, aplicaram e obtiveram resultados. Sendo assim, essa etapa foi dividida em dois sub-passos:

- Divisão de relatos: foram selecionados do conjunto de artigos obtidos no Passo 2, um subconjunto para leitura completa, isso, com base nos critérios de seleção;
- Leitura de relatos em texto completo: os artigos do subconjunto criado, foram lidos em texto completo, em paralelo, foram confeccionados os fichamentos; ao final dessa

etapa, foram obtidos como resultados o número de relatos da divisão, número de relatos avaliados elegidos e número de relatos avaliados excluídos.

2.4 Passo 4: Leitura interpretativa

A presente fase foi reservada para estabelecer a relação dos conteúdos estudados com o problema de pesquisa. Para tanto, foi realizada a avaliação pontual e comparativa de cada trabalho obtido no Passo 3. É importante destacar que os Passos 3 e 4 foram realizados em paralelo, devido ao aspecto em comum dos dois, os fichamentos. Ao final, foram obtidos o número de estudos incluídos em síntese qualitativa e quantitativa. Os dados obtidos nos Passos 3 e 4 deram suporte a comparação das formas de armazenamento de energia em vantagens e desvantagens.

3. ANÁLISE DE ARTIGOS E PRINCIPAIS RESULTADOS

A partir da revisão sistemática descrita na Seção 2, aplicada em um período de 10 anos a partir de 2011, os seguintes resultados foram obtidos:

- Leitura exploratória: 585 842 relatos encontrados nas bases de 2001 a 2021;
- Leitura seletiva: 50 relatos totais após seleção e eliminação dos duplicados;
- Leitura analítica: 12 relatos avaliados e elegidos e 38 relatos avaliados e excluídos;
- Leitura interpretativa: 12 estudos incluídos em síntese qualitativa e quantitativa.

Os resultados supracitados são representados em forma de gráfico nas Figuras 2 e 3. O gráfico demonstra o intervalo de tempo das publicações assim como a quantidade de relatos por ano.

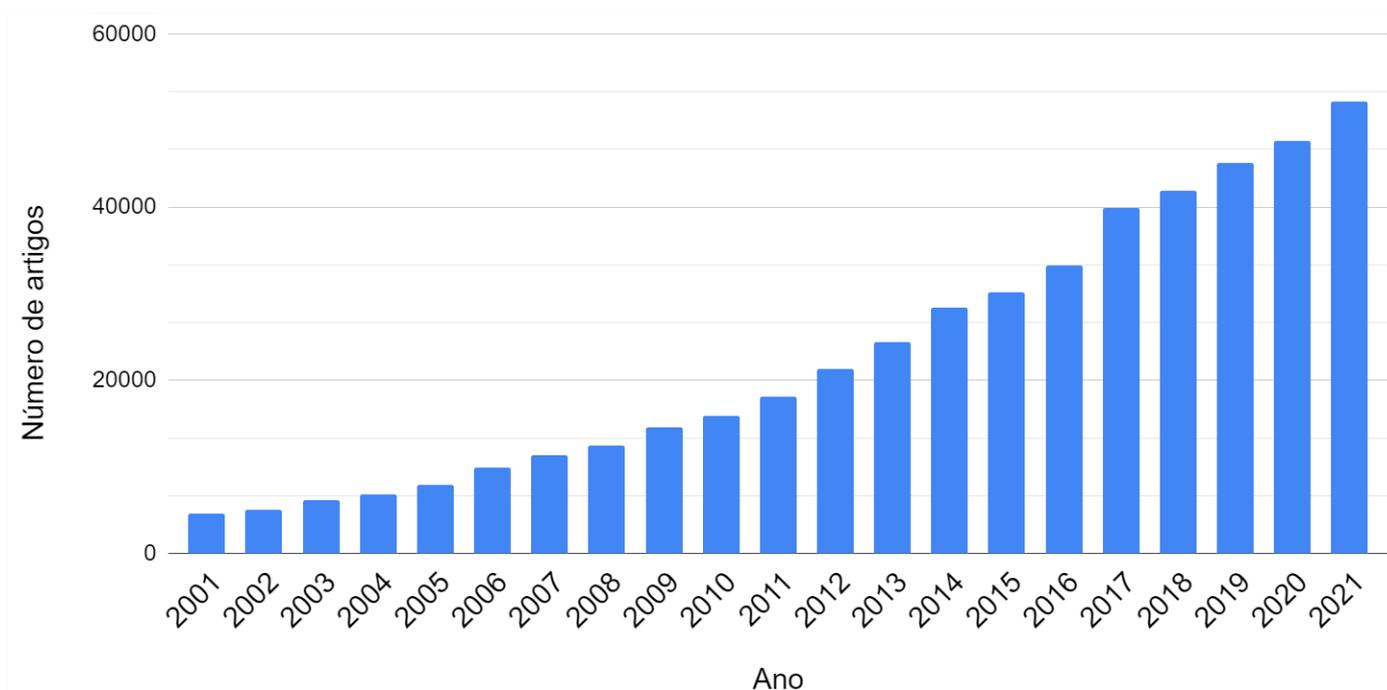


Figura 2 – Número de artigos da leitura exploratória (*web of science*)

Fonte: Autoral (2022)

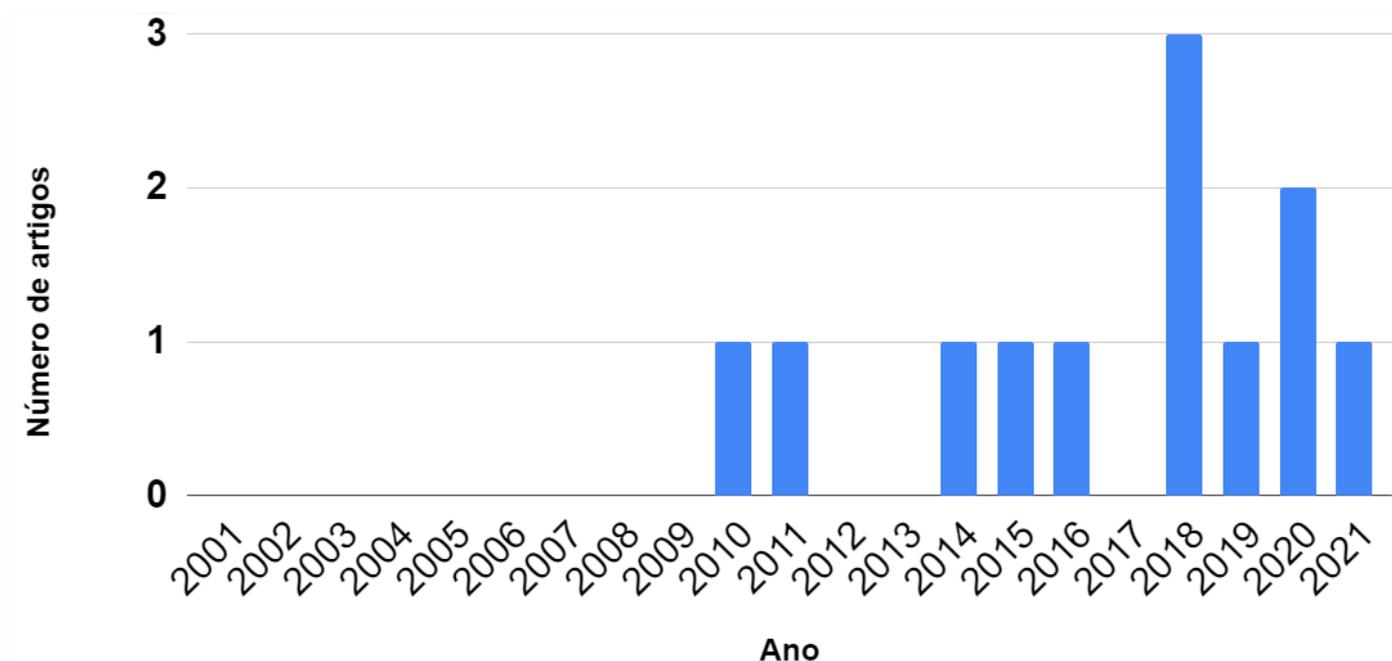


Figura 3 – Número de artigos final - 12

Fonte: Autoral (2022)

3.1 Análise dos artigos selecionados

A presente subseção traz a análise dos artigos selecionados na Fase 4 da revisão sistemática. No trabalho de Ma, Yang e Lu (2014) foi desenvolvida uma simulação de um sistema de energia sustentável para uma ilha de Hong Kong. Essa era abastecida por um gerador a diesel. Os autores utilizaram o simulador *Home Software* (*software* de casa), em que foi montado o cenário estudado. A incidência solar média da ilha é de 250 kWh/mês, sendo que foram consideradas as estações de verão e inverno. Na simulação, foi integrada uma placa fotovoltaica de 145Wp, 2 turbinas eólicas de 10,4kW e 6 baterias de 30kW. Após os testes, foi constatado que o sistema proposto consegue substituir 100% o gerador a diesel. Foi argumentado que o banco de baterias teria capacidade para suprir toda a necessidade na ausência de sol e vento. O preço do sistema ficou em \$ 0,595/kWh, equivalente a R\$ 2,80 atuais, o qual justificaria a instalação física do mesmo.

No trabalho de Jia *et al.* (2016) foi proposto um sistema de conversão de energia solar para hidrogênio (do inglês *Solar Energy To Hydrogen* – STH). O objetivo era garantir o máximo possível de eficiência para o sistema. Para tanto, foram utilizados um módulo fotovoltaico, um recipiente de água iluminado por uma luz branca, duas membranas de polímero para eletrólise (PEM) e um potenciômetro. O sistema foi testado em operação constante durante 48 horas. Nesse período, a corrente foi de 177 mA para 160 mA (10% de queda), com temperatura máxima de 80 °C. Para a avaliação dos resultados, foi utilizada a medida de eficiência de Faraday.

Os cálculos realizados indicaram que a eficiência do STH proposto foi de 31% nos 20 minutos iniciais, variando até 28% no tempo seguinte, resultando em 30%, em média. Com isso, os autores argumentaram que, até a presente data, essa era a maior eficiência de um STH já alcançada, nos limites da revisão realizada (JIA *et al.*, 2016).

Prosseguindo, no trabalho de Chi e Yu (2018) realizou-se uma comparação entre ti-

pos diferentes de eletrólises para geração de hidrogênio com energia renovável. Algumas vantagens do hidrogênio são: ser um meio de armazenamento mais adequado que combustíveis sólidos (140 MJ/kg contra 50 MJ/kg), por exemplo, carvão; sua queima produzir água; pode ser gerado pelo uso de eletricidade (eletrólise). Outro dado levantado foi de que 95% da produção de hidrogênio é feita por queima de combustível fóssil, motivação para a busca de alternativas renováveis.

A partir dos resultados da revisão, foram comparadas quatro categorias de sistemas para eletrólise. Estes sistemas produzem hidrogênio com 99,9% de pureza, gerando 0% de CO₂. São eles o *Alkaline water electrolysis* (AWE), *Proton exchange membranes* (PEMs), *Alkaline Anion Exchange Membranes* (AEMs) e *Solid Oxide Electrolysis* (SOE). Os resultados indicaram que o PEM é a melhor opção no futuro, por ter rápida resposta, eficiência e ser compacto. No entanto, é argumentado que a viabilidade do PEM só será possível a partir da redução do custo do material das reações químicas (CHI; YU, 2018).

Abbasi e Abbasi (2011) apresentam uma revisão de literatura acerca do hidrogênio, como fonte de energia, com foco nas vantagens e desvantagens de seu uso. Segundo os autores supracitados, o hidrogênio, diferentemente de fontes, como, a eólica e a solar, é não intermitente, isto é, não depende do clima para produzir energia. Uma das suas principais vantagens de uso é a produção de água como um dos subprodutos da sua geração. Contudo, o hidrogênio ainda apresenta como principal limitante o preço para a sua produção. Os autores analisaram o custo para a produção eficiente de eletricidade com hidrogênio usando energia de fonte solar ou eólica, eles concluíram que o custo da eletricidade deve ser quatro vezes menor que os preços da eletricidade comercial.

Ramezanizadeh *et al.* (2019) apresentam um artigo que avalia as vantagens e desvantagens do uso de células a combustível para armazenamento de energia. Dentre as vantagens da célula de combustível a que mais se destaca é a alta eficiência e baixa emissão de gases do efeito estufa, isso por não necessitar de combustíveis fósseis para operar. Essa alternativa, contudo, requer um modelo de resfriamento robusto, por serem altamente sensíveis a mudanças de temperatura, somado a este fato elas são altamente difíceis de serem produzidas. Os autores analisaram as diferentes abordagens para o resfriamento das células e encontraram que a abordagem que utiliza ar é a melhor alternativa, pois resulta em uma melhor transferência de calor e resfriamento. Além disso, os autores concluíram que o uso do hidrogênio como combustível para a célula é o mais recomendado por não emitir gases do efeito estufa.

Ishaq e Dincer (2021) realizaram uma revisão sistemática para investigar três modelos de energia renovável baseado em hidrogênio. Para os testes, foi utilizado o *software Aspen Plus* industrial e um simulador de sistemas industriais, onde a Figura 4 mostra um exemplo. Os três modelos avaliados pelos autores foram os seguintes: gaseificação de biomassa: teve 53,6% de eficiência e 106,9 g/s de produção; geração de energia geotérmica com hidrogênio: 10,4% de eficiência e 32,02 g/s de produção; geração de hidrogênio com uso de painéis fotovoltaicos: 17,45% de eficiência e 2,26 mol/s de produção. Os resultados mostram que a eficiência dos sistemas é baixa, porém, os autores indicam que eles podem ser viáveis em situações onde sejam combinados com outra categoria de suprimento de energia.

Prosseguindo, no trabalho de Hossein e Wahid (2019) foram explorados os principais problemas de sistemas geradores de hidrogênio com energia renovável. Através de uma revisão sistemática, os autores analisaram 14 sistemas diferentes, dentre eles o PEM, AWE e SOE. Conclui-se que todos os sistemas têm em comum a necessidade de melhoria de consumo do material, preço do material, gasto de energia, eficiência e maturidade. A

partir disso, foi destacada a necessidade de investimento em tecnologias para redução dos preços, uma alternativa citada foram os semicondutores. Os autores encerram indicando que o sistema AWE é o mais promissor para explorações futuras.

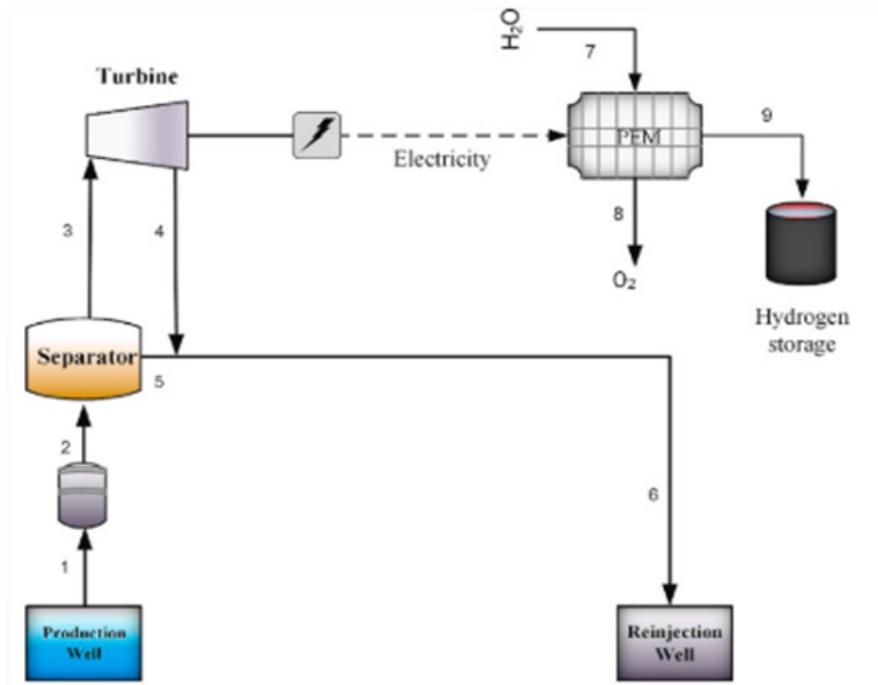


Figura 4 – Simulação do sistema de geração de hidrogênio por energia geotérmica

Fonte: Adaptado de Ishaq e Dincer, (2021)

Em um trabalho aplicando técnicas de ciência da computação, Pham *et al.* (2018) desenvolveram um modelo para otimizar a determinação do tamanho de um sistema de armazenamento de energia baseado em baterias. Para o teste do modelo utilizaram um sistema de energia heterogêneo composto por diferentes fontes de energia. O sistema foi desenvolvido na linguagem Matlab e o problema de otimização foi resolvido aplicando programação dinâmica. Como resultado do trabalho, o modelo consegue fornecer o melhor dimensionamento para o sistema de armazenamento.

Koohi-Fayegh e Rosen (2020) realizaram uma revisão de literatura sobre as categorias de armazenamento de energia, além de discutirem sobre as categorizações e comparações de cada tipo. Como principal resultado da discussão, os autores concluíram que sistemas de armazenamento com alta densidade de potência costuma ser usados em aplicações de tempo curto. Enquanto sistemas de armazenamento com alta densidade de energia são usados para aplicações de longa duração. Desta forma, é preciso ponderar sobre cada categoria de uso antes de realizar a escolha do sistema de armazenamento. Este trabalho também enfatizou que os sistemas de armazenamento de energia baseados em hidrogênio são os que podem resultar em grandes mudanças no sistema de energia atual.

No trabalho de Geoffrey *et al.* (2017) realizou-se uma revisão bibliográfica com o propósito de levantar a eficiência de materiais químicos para produção de baterias. Os autores focaram na pesquisa do *lítio*. Foi constatado que os três materiais de maior eficiência são: *Li-ion* com 90% de eficiência, 2,5k ciclos de vida e cerca de US\$ 1250,00/kWh; *Ni-Cd*, com 85% de eficiência, 2k ciclos e US\$ 1200,00/kWh; *Lead-acid* com 85% de eficiência, 2k ciclos e US\$ 600/kWh. Os autores destacaram que existem materiais com boa eficiência, no entanto, o ciclo de vida pode prejudicar o sistema, assim como o preço do material. Como exemplo, foi citado que o *Lead-acid* é utilizado eficazmente no banco de baterias da estação do Lyon na Pennsylvania, mostrada na Figura 5.



Figura 5 – Ultra Bateria de *Lead-acid*, estação de Lyon Pennsylvania

Fonte: Geoffrey *et al.* (2017)

3.2 Análise dos artigos selecionados

A partir dos trabalhos analisados na fase 4 da revisão, foram cruzados dados de cada tipo de armazenamento e suas vantagens nos contextos aplicados. Com isso, foi gerada a Tabela 1, que expõe as principais vantagens e desvantagens das três categorias exploradas.

Alternativa	Vantagem	Desvantagem
Célula de combustível	<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de combustíveis fósseis; • Apresenta alta eficiência; • Baixa emissão de gases do efeito estufa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altamente sensíveis; • Insumos caros; • Difícil de ser produzidas.
Hidrogênio	<ul style="list-style-type: none"> • Pode gerar grandes mudanças no sistema de energia atual; • Não produz carbono; • Não é intermitente; • Meio de armazenamento mais adequado que o combustível; • A queima do hidrogênio produz água. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado para geração química; • Custo elevado no processo de eletrólise; • Difícil armazenagem.
Bateria	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia mais madura; • Mais barato que as outras opções; • Resposta rápida; • Portabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo de vida limitado; • Desempenho dependente da temperatura; • Falhas nos circuitos; • Prejudicial ao meio ambiente; • O preço pode ser elevado dependendo do material e o ciclo de vida pode ser pequeno.

Tabela 1 - Comparativo das alternativas de armazenamento, suas vantagens e desvantagens

Fonte: Autoral (2022)

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as vantagens e desvantagens da aplicação de baterias, hidrogênio e células a combustível como alternativas para armazenamento de energia. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática nas bases do *web of science* e *Google scholar*, de modo a identificar e expor os métodos de armazenamento explorados nos artigos do tema.

A partir dos resultados retornados, foi apresentada uma análise das soluções aplicadas em cada trabalho. O comparativo entre as formas de armazenamento foi reunido na Tabela 1. Os dados obtidos indicam que o hidrogênio é uma opção com grande potencial, pois é altamente eficiente e produz água como um dos subprodutos do processo de produção de energia, contudo, seu principal limitante é o preço elevado. Por outro lado, a bateria é uma tecnologia mais barata e madura, mas é muito dependente do meio em que está operando para obter sua eficiência total. No que concerne às células a combustível, essas são altamente eficientes e independem de combustíveis fósseis, mas são difíceis de serem produzidas e dependem do meio para operar corretamente. Por fim, foi possível notar que apenas a produção sustentável de energia não é suficiente para solucionar a crise energética, é necessário também armazenar eficientemente a energia sobressalente produzida.

Os trabalhos futuros decorrentes da presente pesquisa serão divididos em três linhas: i) Análise da viabilidade econômica e ambiental do uso destas tecnologias no Brasil; ii) Exploração de outras formas de armazenamento de energia, visando incrementar as discussões aqui propostas e iii) Procurar na literatura, técnicas que permitam contornar os problemas atrelados a cada tecnologia.

Referências

ABBASI, T.; ABBASI, S. A. "Renewable" hydrogen: Prospects and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 6, p. 3034–3040, ago. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.026>>. Acesso em: 4 mar. 2022.

ABSOLAR. **Geração distribuída fotovoltaica cresce 230% ao ano no Brasil**. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/geracao-distribuida-fotovoltaica-cresce-230-ao-ano-no-brasil/>>. Acesso em: 4 mar. 2022.

CABRAL, I. **VIABILIDADE ECONÔMICA X VIABILIDADE AMBIENTAL DO USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO CASO BRASILEIRO: UMA ABORDAGEM NO PERÍODO RECENTE**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/X-003.pdf>>.

CHI, JUN; YU, HONGMEI. Water electrolysis based on renewable energy for hydrogen production. **Chinese Journal Of Catalysis**, [S.L.], v. 39, n. 3, p. 390–394, mar. 2018. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1872-2067\(17\)62949-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1872-2067(17)62949-8). Acesso em: 15 de mar. 2022.

FAN, LIXIN; TU, ZHENGKAI; CHAN, SIEW HWA. Recent development of hydrogen and fuel cell technologies: A review. **Energy Reports**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 8421–8446, nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.08.003>. Acesso em: 10 mar. 2022.

FERRERO, E.; ALESSANDRINI, S.; BALANZINO, A. Impact of the electric vehicles on the air pollution from a highway. **Applied Energy**, v. 169, p. 450–459, maio 2016. GEOFFREY *et al.* Lead batteries for utility energy storage: A review. **Journal Of Energy Storage**, [s. l.], v. 15, p. 145–157, ago. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.est.2017.11.008>. Acesso em: 25 mar. 2022.

FLÁVIA, A. *et al.* **Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental:**



- O uso sustentável da biodiversidade brasileira.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.scielo.br/jgp/a/WFhGRtPynkBTGJYPctH77zr/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 8 mar. 2022.
- FORREST, A.; KONCA, M.; PAVLOV, O. **Autonomous Cars and Society.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-043007-205701/unrestricted/IQPOVP06B1.pdf>>.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** [s.l.] Atlas, 2002.
- HANNAN, M. A. *et al.* Battery energy-storage system: A review of technologies, optimization objectives, constraints, approaches, and outstanding issues. **Journal of Energy Storage**, v. 42, p. 103023, out. 2021.
- HOSSEIN, Seyed; WAHID, Mazlan. Hydrogen from solar energy, a clean energy carrier from a sustainable source of energy. **International journal of energy research**, [S. l.], 2019, v. 44, n. 6, p. 4110-4131, 29 nov. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/er.4930>. Acesso em: 29 mar. 2022.
- HUSSAIN, R.; ZEADALLY, S. Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 21, n. 2, p. 1275-1313, 2019.
- ISHAQ, H.; DINCER, I. Comparative assessment of renewable energy-based hydrogen production methods. **Renewable And Sustainable Energy Reviews.** Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110192>>. Acesso em: 15 de mar. 2022.
- JIA, Jieyang *et al.* Solar water splitting by photovoltaic-electrolysis with a solar-to-hydrogen efficiency over 30%. **Nature Communications**, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 1-6, 31 out. 2016. Springer Science and Business Media LLC.
- KOOHI-FAYEGH, S.; ROSEN, M. A. A review of energy storage types, applications and recent developments. **Journal of Energy Storage**, v. 27, p. 101047, fev. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.est.2019.101047>>. Acesso em: 29 mar. 2022.
- LARCHER, D.; TARASCON, J-M. Towards greener and more sustainable batteries for electrical energy storage. **Nature Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 19-29, 17 nov. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nchem.2085>>. Acesso em: 8 mar. 2022.
- MA, Tao; YANG, Hongxing; LU, Lin. A feasibility study of a stand-alone hybrid solar-wind-battery system for a remote island. **Applied Energy**, [S.L.], v. 121, p. 149-158, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.01.090>. Acesso em: 15 de mar. 2022.
- MASSAR, M. *et al.* Impacts of Autonomous Vehicles on Greenhouse Gas Emissions—Positive or Negative? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 11, p. 5567, 23 maio 2021. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph18115567>>. Acesso em: 15 de mar. 2022.
- NACIONAL, I. **LEI No 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022 - DOU - Imprensa Nacional.** Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- OULD AMROUCHE, S. *et al.* Overview of energy storage in renewable energy systems. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41, n. 45, p. 20914-20927, dez. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.06.243>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- PHAM, M. C. *et al.* Optimal Sizing of Battery Energy Storage System for an Islanded Microgrid. **IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society**, out. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/IECON.2018.8591391>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- PIRES, M.; PIRES, M. **Análise da Viabilidade do Uso da Energia Solar como Fonte Alternativa de Geração de Energia na Cidade de Manaus.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_362_1868_41834.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2022.
- RAMEZANIZADEH, M. *et al.* A review on the approaches applied for cooling fuel cells. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 139, p. 517-525, ago. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.05.032>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- RELLA, R. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/iniciacaocientifica/article/viewFile/2937/3523>>. Acesso em: 15 de mar. 2022.
- SANTOS, M.; MANHÃES, A. M.; LIMA, A. R. **Indústria 4.0: Desafios e oportunidades para o Brasil.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10423/2/Industria_4_0.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2022.



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

3

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA
QUALIDADE EM UMA EMPRESA DE PEQUENO
PORTE DO SETOR ALIMENTÍCIO EM SÃO LUÍS/
MARANHÃO**

*STUDY ON THE APPLICATION OF QUALITY TOOLS IN A
SMALL COMPANY IN THE FOOD SECTOR IN SÃO LUÍS/
MARANHÃO*

Marcos Felipe Nascimento Santana
Hilton Seheris da Silva Santos
Will Ribamar Mendes Almeida
Patrício Moreira de Araújo Filho



[10.29327/5170404.1-3](https://doi.org/10.29327/5170404.1-3)

Resumo

A indústria brasileira de alimentos e bebidas é a maior do Brasil pois é responsável por 10,6% do PIB e resultam em 1,68 milhão de empregos formais e diretos. Uso de métodos que ampliam o crescimento dos processos se torna um grande aliado na busca de vantagem competitiva, por tanto, as empresas em que utilizarem estratégias da qualidade para desenvolver seus resultados, irão se destacar, o estudo de caso realizou-se na Confeitaria Artesanal Boluhh, em São Luís/Maranhão. Com o objetivo geral aplicar determinadas ferramentas da qualidade no processo de produção e serviços de uma empresa do setor alimentício. O trabalho é um estudo de caso e segue uma abordagem qualitativa. As ferramentas da qualidade utilizadas foram a análise de SWOT, fluxograma, diagrama de causa e efeito e a utilização do método *Brainstorming*, para análise do processo produtivo e identificação dos desafios encontrados, o método de 5W1H para propor um plano de ação para a empresa. Através das ferramentas da qualidade foi possível identificar, entender o problema, sua causa, descobrir o potencial competitivo da empresa e propor melhorias.

Palavras-chave: Vantagem competitiva. Estratégias da qualidade. Processo de produção.

Abstract

The Brazilian food and beverage industry is the largest in Brazil as it is responsible for 10.6% of the GDP and results in 1.68 million formal and direct jobs. The use of methods that enhance the growth of processes becomes a great ally in the search for competitive advantage, therefore, companies that use quality strategies to develop their results will stand out. The case study was carried out in the Boluhh Artisan Confectionery, in São Luís/Maranhão. The general objective was to apply certain quality tools in the production and service process of a company in the food sector. The work is a case study and follows a qualitative approach. The quality tools used were SWOT analysis, flowchart, cause and effect diagram and the use of the Brainstorming method, to analyze the production process and identify the challenges found, the 5W1H method to propose an action plan for the company. Through the quality tools it was possible to identify, understand the problem, its cause, discover the competitive potential of the company and propose improvements.

Keywords: Competitive advantage. Quality strategies. Production process.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor alimentício tem crescido a cada ano, se tornando um dos setores de grande importância para a economia do Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO, 2016). Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (2020) a indústria brasileira de alimentos e bebidas é a maior do Brasil pois é responsável por 10,6% do PIB e resultam em 1,68 milhão de empregos formais e diretos. O Brasil está em segundo lugar em exportação de alimentos industrializados do mundo, responsável por levar alimentos para 190 países. A produção do setor alimentício com qualidade, segurança, sustentabilidade, e que investe continuamente em inovação e tecnologia para acompanhar a demanda do crescimento da população mundial e a variedade de estilos de vida.

Com o aumento da competitividade no mercado alimentício, resulta em uma preocupação do seu processo produtivo e o resultado final que é o produto, se ele possui qualidade e segurança para o consumidor. Assim é trabalho de em sistema de gestão da qualidade encontrar estratégias que tornem a empresa capacitada para entrar em um mercado competitivo (CARVALHO e PALADINI, 2005). A qualidade é a combinação de padrões previamente definidos, que quando relacionadas a empresa resultam em estratégias. E um produto com qualidade é quando ele atende aos padrões de um produto, realizando sua função e segue a legislação sanitária brasileira (NEGREIROS e OLIVEIRA, 2012).

Em relação a ampliar o processo produtivo, segundo Chirolí e Vieira (2013), enfatizam que o uso de ferramentas tem grande relevância no que tem como objetivo o avanço da qualidade e, ao aplica-las através dos dados é possível analisar e encontrar falhas para aplicar as melhorias necessárias para que empresas entendam em que e onde será necessário desenvolver seus processos e de modo consequente qualificar seus produtos e serviços. A procura por evolução dos processos sempre ocorre e, portanto, a utilização de ferramentas da qualidade é um importante diferencial.

Segundo Rebello (2005) existem diversas ferramentas, técnicas, métodos e modelos que devem ser utilizados no processo de gestão da qualidade e produtividade de uma empresa. Técnicas muito utilizadas como o Programa 5S e o *Brainstorming*, juntamente com as ferramentas da qualidade, que são Ciclo PDCA, Análise SWOT, Diagrama de Pareto, Fluxograma, Diagrama de Ishikawa (ou Diagrama de causa e efeito), Histograma, entre muitas outras ferramentas.

Com uma grande quantidade de concorrentes no mercado, o setor alimentício vem crescendo constantemente, o uso de métodos que ampliam o crescimento dos processos se torna um grande aliado na busca de vantagem competitiva, por tanto, as empresas em que utilizarem estratégias da qualidade para desenvolver seus resultados, irão se destacar, o estudo de caso foi realizado na Confeitaria Artesanal Boluhh, em São Luís no Maranhão, uma empresa de pequeno porte e trazendo um benefício social para uma comunidade local, a confeitaria é responsável por produzir e vender salgados, sobremesas e tortas, que estava em processo de mudança de local, com uma localização mais acessível e um ambiente maior.

As ferramentas da qualidade que foram utilizadas foram a análise de SWOT, fluxograma e diagrama de causa e efeito e a utilização dos métodos *Brainstorming* e 5W1H. Com tanta concorrência, o que as ferramentas da qualidade podem trazer de diferencial para a empresa do setor alimentício?



Com a crescente demanda da concorrência sentiu-se a necessidade de aumentar a eficiência do sistema produtivo no processo de fabricação da confeitaria para atender a demanda de mercado.

Faz-se necessário entender as ferramentas da qualidade, e sua significância para uma empresa, e demonstrar os resultados. Portanto é de fundamental importância gerencial o presente trabalho em uma aplicação em campo. Mostrando os índices de desempenho do negócio, a variação da produtividade e desperdício, identificando sua força no mercado competitivo.

Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo geral estudar a aplicação de determinadas ferramentas da qualidade no processo de produção e serviços de uma empresa do setor alimentício em São Luís – Maranhão para obtenção de resultados e melhorias para a empresa, tendo como objetivos específicos, analisar todo processo produtivo da empresa, encontrar possíveis desafios durante a linha de produção e vendas, e propor soluções aos problemas que atingem no desempenho e no resultado da empresa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção demonstra conceitos encontrados na literatura que são a base do desenvolvimento do estudo de caso, com o conhecimento sobre o assunto e uma explicação sobre as ferramentas e métodos da qualidade, para que fosse possível a sua aplicação na organização.

2.1 Gestão da qualidade

Segundo Andreoli e Barros (2017), a gestão de qualidade tem como objetivos manter e garantir aceitação de acordo com o padrão da concorrência e especificações necessárias; melhorar os processos de organização, através do encontro e a diminuição de falhas; amenizar os desperdícios e o retrabalho, tendo como resultado a diminuição de custos causados por eles; realizar treinamentos e capacitação dos funcionários para possuir uma melhoria contínua; tornar o desempenho organizacional um ciclo entre o controle e reavaliar com frequência, buscando possíveis controle de manutenção; ajustando e adaptando a organização frequentemente, trazendo uma flexibilidade.

Para Falconi (2013), uma organização ou uma instituição, necessita criar limitações internas para permanecer no mercado ao longo prazo, o produto e/ou serviço deve possuir qualidade, portanto, eles devem atender necessidades do público alvo, levando confiança, acessibilidade, segurança e em todo tempo. Ou seja, a Gestão da Qualidade tem foco na sobrevivência da empresa através da fidelização das necessidades dos clientes.

De acordo com Toledo *et al.* (2013) a Gestão da Qualidade Total ou *Total Quality Management* em países ocidentais, retrata o desenvolvimento contínuo de produtos e processos, para agradar os clientes. A Gestão da Qualidade trabalha diretamente com a educação e treinamento dos funcionários, trabalho em equipe, compromisso e a relação de todos com os processos para que a qualidade seja aplicada. Também sendo representada como a junção de práticas sistemáticas aplicadas pela empresa para alcançar, de maneira eficiente e eficaz, o melhor potencial dos produtos e/ou serviços.

Para Al-bourini *et al.* (2013), as noções básicas da gestão da qualidade possuem

grande importância no meio da aplicação prática deles, em diferentes empresas. Tem importância em enfatizar que através da gestão da qualidade irá gerar muitos benefícios à empresa. Entretanto esses benefícios podem demorar a aparecer.

Segundo Forza e Filippini (1998), é importante enfatizar o aspecto temporal na gestão da qualidade, porque são trabalhadas várias mudanças em diversas áreas, portanto o impacto pode não ser imediato. Possui grande importância no aspecto temporal na gestão da qualidade exemplificando, como uma mudança de cultura dentro de uma organização, sendo um processo devagar, e é necessário tempo para que as mudanças sejam correspondidas, e uma nova cultura seja colocada dentro da organização.

2.2 Gestão da qualidade no setor alimentício e satisfação do consumidor

Segundo Scalco e Toledo (2002), o setor alimentício está sempre dependendo da gestão da qualidade para lidar com a competitividade e a sobrevivência das organizações. Responsável por encontrar uma melhoria contínua da qualidade dos serviços ou produtos prestados pela empresa, como a fidelização e satisfação do cliente, e sua segurança para que não afetem a saúde do consumidor. A gestão da qualidade e a utilização de ferramentas são de grande importância para o setor alimentício, porque além de garantir o aumento da qualidade dos produtos finais, melhorias na satisfação da clientela e do valor flexível do produto, e possibilitando uma redução de custos e amenizando os desperdícios dentro do processo produtivo.

A gestão da qualidade no setor alimentício está diretamente ligada a satisfação do consumidor. Porém a satisfação do consumidor, possui diversos significados. Segundo Oliver (2010) a satisfação representa uma avaliação espontânea, que acontece durante o consumo do produto ou serviço. Para Marchetti e Prado (2011), o cliente satisfeito é considerado um dos principais objetivos da gestão da qualidade de uma empresa ou organização, portanto, manter o controle do nível de satisfação é uma ótima maneira de avaliar o desenvolvimento da empresa.

Conforme Caon e Corrêa (2009), os consumidores que frequentam sua organização e serão leais, foram os que saíram satisfeito após consumirem o produto, esses consumidores são responsáveis por trazer um maior lucro para a empresa, porque eles estão predispostos a pagar um valor diferenciado, amenizam os custos operacionais e compram com mais frequência pela organização. Concordando com Oliver (2010), consumidores com lealdade é um comprometimento com uma empresa.

Para Rossi e Slongo (1998) afirmam que o *feedback* é uma pesquisa que ajuda na tomada de decisão de uma empresa que trabalha com comercialização e *marketing*, como o setor alimentício. Ainda com Rossi e Slongo (1998), itens responsáveis pelo grau de satisfação do consumidor é muito importante para avaliação dos critérios do Prêmio Nacional de Qualidade (PNQ), retirando qualquer dúvida de que a satisfação do consumidor é uma peça chave da gestão da qualidade. Segundo a Fundação Nacional de Qualidade (2021), em 1992 foi instituído o *Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ)*, e ainda é realizado em 2021, o prêmio é responsável por estimular o crescimento do País, proporcionando a melhoria da gestão da qualidade e o aumento da competitividade entre as empresas.

2.3 Ferramentas da qualidade

Para Gozzi (2015), as ferramentas da qualidade são responsáveis por definir, calcular, analisar e propor não só soluções para os problemas, mas melhorar o processo organizacional de uma empresa. Se aplicadas da maneira correta, permite aumentar a qualidade dos produtos, a redução de desperdícios, o fim do retrabalho, e uma padronização dos processos e do produto final, trazendo como resultado, a redução dos custos e prejuízos para a empresa e para a sociedade. Corroborando com Freitas *et al.* (2014), são indispensáveis a utilização das ferramentas da qualidade pois elas são responsáveis pelo bom desempenho dos processos realizados e, possui um grande papel para solucionar problemas eventuais que são encontrados.

Afirmam Correa e Correa (2012), que as ferramentas da qualidade é o principal apoio nas tomadas de decisão, pois cada ferramenta auxilia os gestores na administração dos processos, como também, encontrar alternativas para as resoluções dos problemas encontrados durante o processo.

Segundo Carvalho e Paladini (2013), apontam em comprovação a importância da utilização de técnicas que aumentam a eficiência e a eficácia de processos, pois as empresas precisam analisar os seus sistemas, identificar pontos fortes e fracos, para depois, destacar a qualidade e estar preparado competitivamente sua empresa para o mercado.

Para Visveshwar *et al.* (2017) as ferramentas da qualidade possuem grande importância não somente na área industrial, por conta da sua praticidade na aplicação e baixo custo, também é importante na área acadêmica. E por consequência, a aplicação dessas ferramentas faz com que indicadores de qualidades responsáveis pela reputação da organização no mercado aumentem.

Os próximos tópicos enfatizaram cada ferramenta da qualidade e as técnicas que foram escolhidas para aplicação dentro da organização, mostrando seus conceito e definições dentro da literatura.

2.3.1 *Brainstorming*

Segundo Mélo, Vieira e Porto (2011) O *Brainstorming* é uma técnica aplicada nas organizações na procura por ideias e opiniões que devem resolver os problemas. O *brainstorming* não chega a ser uma ferramenta da qualidade, ele é considerado um método da gestão da qualidade. As ideias são encontradas através das pessoas da própria equipe da empresa que realizam uma reunião para juntar o máximo de ideias e sugestões que podem ser aplicadas, limitando o número de pessoas participantes dessas reuniões, não ultrapassando quinze pessoas, não possuindo um valor mínimo. O objetivo principal desse método é encontrar o maior número de ideias possíveis. Depois de realizar a primeira etapa que é a junção de ideias, deve iniciar uma organização e selecionar as melhores ideias, com o objetivo de encontrar respostas para o problema discutido.

Confirmando Marshall Junior *et al.* (2010) *Brainstorming* é uma tempestade de ideias, onde é realizado um processo com um grupo de pessoas quem se reúnem e geram várias ideias sobre assunto específico ou geral de forma livre e criativa em um tempo curto, independente da área de atuação do negócio.

Trindade (2012) aborda o *brainstorming* como um método que é responsável por estimular a produção de ideias e após isso, suas aplicações nas atividades da organização e os

aparelhos e dispositivos são responsáveis por retirar as dúvidas durante o processo. A aplicação do brainstorming encontrar um conjunto de ideias e de questões para que daí possa ter um ponto de partida para aplicação de outras ferramentas mais elaboradas e exigentes.

Conforme Lobo (2010), qualquer pessoa que faça parte da empresa ou organização pode utilizar o método, porém é necessário a escolha de um líder para conduzir um processo. Com isso, em qualquer etapa do processo que estiver passando por problemas, a ferramenta deve ser utilizada, mesmo que sejam encontradas inúmeras ideias, é preciso fazer uma seleção e eliminar aquelas que não estão no alcance da organização e não solucionaram nenhum problema. O *brainstorming* é um complemento do Diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa, com o propósito de demonstrar possíveis soluções para o mesmo.

2.3.2 Diagrama de causa e efeito

Para Carvalho *et al.* (2012), o diagrama de causa e efeito também pode ser chamado de gráfico de espinha de peixe ou o diagrama de Ishikawa criado em 1943 e possui o nome do seu criador, o engenheiro japonês Kaoru Ishikawa. O diagrama de causa e efeito tem a função de analisar as operações dos processos produtivos.

Concordando, com Negreiros e Oliveira (2012) a ferramenta é também denominada de Diagrama de Ishikawa por conta de seu inventor, ou espinha de peixe, devido ao seu formato. A sua aplicação é necessária para encontrar as principais causas de um problema que está atingindo diretamente no processo produtivo da empresa. Antes da aplicação do diagrama de causa e efeito é necessário a utilização do Brainstorming com uma tempestade de ideias, para depois, ao encontrar as possíveis causas dos problemas.

Segundo Carvalho e Paladini (2013), o diagrama de causa e efeito têm como finalidade a avaliação das atividades dos processos produtivos onde são encontradas as principais causas dos problemas e defeitos. Com isso, o efeito da ferramenta é nocivo, podendo colocar um fim nessas causas, e quando aproveitado, a ferramenta pode trazer consistência, se tonando um ciclo de continuidade, avaliar as ações, a *performance* dos equipamentos, o estado dos materiais, o segmento ambiental na ação produtiva e pode relacionar análise de medidas, métodos e operações.

Conforme Carvalho *et al.* (2012) o diagrama tem uma forma similar a uma espinha de peixe, assim o eixo principal simboliza o fluxo de informações e as espinhas refletem as contribuições secundárias para as avaliações. Sendo assim, através dessa ferramenta da qualidade é possível visualizar a relação entre o efeito e suas devidas causas.

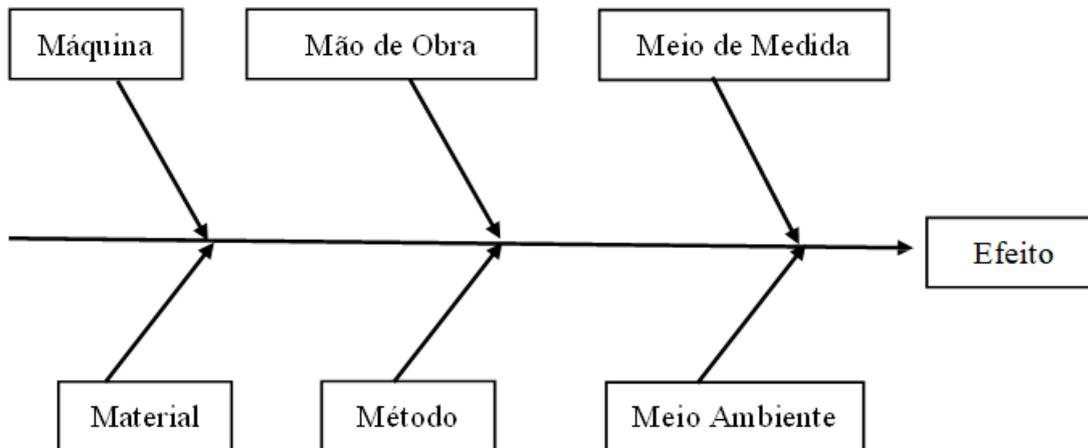
Carvalho *et al.* (2012) apresentam as variáveis aplicações do diagrama em uma empresa, pois ela é ampla e diversa. Portanto, em qualquer circunstância em que aconteça um ocorrido na empresa que gere e crie uma causa, independente da fonte que se inicia, esses problemas resultam em efeitos negativos, que atrapalharão no desempenho e no desenvolvimento da empresa, logo se faz o diagrama é aplicável para que possa se tomar precauções contra esses problemas e analisar sua origem, pois através da ferramenta é possível visualizar e identificar a fonte.

Afirmam Carvalho *et al.* (2012) essas circunstâncias são capazes de estarem relacionadas a análise de defeitos, de falhas, de perdas ou dos desajustes durante o processo produtivo. Através do diagrama de causa e efeito também é possível tornar melhorias quem eram temporárias para resolução de acidentes, em melhorias fixa. Com tudo, o diagrama ajuda na tomada de decisões relacionadas a situações que devem permanecer ou

serem finalizadas, para um melhor desenvolvimento da empresa.

Para Batista e Gois (2013) a problemática é resultada de seis tipos de causas, classificadas da seguinte maneira: método que representa o modo como o trabalho é realizado, a medição que são as medidas ou as tomadas de decisões durante o processo, a máquina que é representado pelo o modo de operação, o meio ambiente possuindo o ambiente interno ou externo em que está sendo executado, o material que é a matéria prima usada durante o processo e por último a mão-de-obra que é a representação de quem executa o trabalho. Esses seis tipos de causas, também chamados de os 6M's são organizados em um diagramam com formato de espinha de peixe, onde o corpo são as possíveis causas e a cabeça o efeito, como representado na figura 1.

Figura 1 – Estrutura do Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Autor (2021).

2.3.3 Fluxograma

Para Paladini (2012), a ferramenta fluxograma é responsável por apresenta as etapas do processo através de gráficos, que possibilita visualizar de forma global do mesmo e, essencialmente, das peculiaridades que formam cada uma das fases e a relação entre as mesmas. Os fluxogramas apontam as operações do processo produtivo que são críticas, podendo encontrar aquelas que estão localizadas no cruzamento de diversos fluxos. Com a localização e o destaque dessas operações, o fluxograma disponibiliza mecanismos para visualizar o processo completo, e através do mesmo identificar formas alternativas de realizar uma operação.

Concordando com Oliveira (2013), a ferramenta gráfica fluxograma possibilita a organização de informações da realização de um processo específico com coerência e analisar com clareza as atividades que nele são executadas simultâneas. Também é enfatizado as várias fases dos processos, possibilitando o reconhecimento de gargalos e de etapas que necessitam da implantação de melhorias.

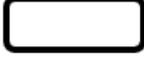
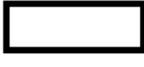
Segundo Cruz (2013), o fluxograma representa uma técnica que possui nomenclaturas diferentes, diversas formas e detalhes mínimos, porém permanece seu objetivo principal que é desenhar o fluxo de processos produtivos, que tem como significado da palavra fluxograma.

Segundo Maranhão e Macieira (2010), o fluxograma é uma ferramenta da qualidade

prática que fornece uma visualização fácil, que possui grande utilidade para os gestores, porque ela realiza o catálogo de informações do processo de produção, permitindo realizar um mapeamento, organizando em ordem as etapas do processo da empresa e encontrando de gargalos e defeitos no processo organizacional.

Para criação de um Fluxograma é preciso entender sobre a simbologia utilizada no desenvolvimento do fluxo, conforme Barros e Bonafini (2015), os símbolos utilizados no fluxograma possuem um padrão, portanto qualquer pessoa pode elaborar um fluxograma, possuindo conhecimento dos símbolos, é possível entender o funcionamento do processo. A simbologia utilizada no fluxograma pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2 – Simbologia Fluxograma.

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Armazenagem		Movimento / Transporte
	Sentido do Fluxo		Ponto de Decisão
	Conexão		Inspeção
	Limites (início, pare e fim)		Documento Impresso
	Operação		Espera

Fonte: Autor (2021).

2.3.4 Análise SWOT

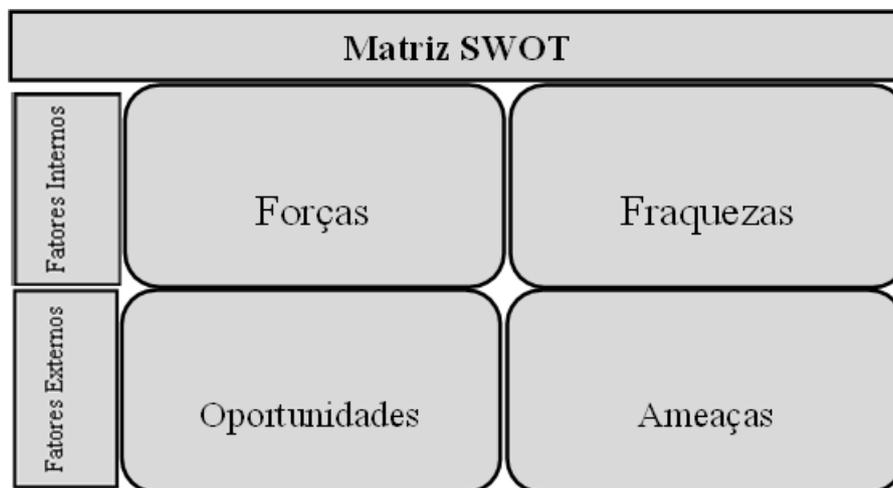
Para Rennó (2013), com a gestão da qualidade e o planejamento estratégico trabalhando juntos, o método de Análise SWOT é uma das ferramentas mais utilizadas. SWOT é uma sigla criada originalmente em inglês, que significa as palavras *strengths* (forças), *weakness* (fraquezas), *opportunities* (oportunidades) e *threats* (ameaças). Sendo considerada uma ferramenta clássica da administração, a Análise SWOT é uma avaliação da empresa, classificando seus pontos forte e fracos e as possíveis ameaças e oportunidade da organização. Concordando com Silva (2011), a análise da Matriz SWOT possui uma grande importância para uma empresa, pois com a utilização da ferramenta em uma organização traz uma visão ampla e direta sobre as forças e fraquezas da empresa no ambiente interno e suas oportunidades e ameaças no ambiente externo, possibilitando que os administradores da organização criem estratégias para o processo produtivo, com o foco em melhorar desempenho da marca e estar preparado para a concorrência.

Para Araújo *et al.* (2015), a Análise SWOT é uma ferramenta estratégica que faz partes das ferramentas da qualidade, entretanto ela enfatiza por fazer uma junção entre as questões internos e externos de uma organização, podendo elaborar um plano de ação melhor criado pela alta gestão.

Segundo Bastos (2014), essa ferramenta possui uma aplicação fácil na empresa,

onde é feita uma análise dos aspectos internos e externos, utilizando como indicador principal o estado em que a empresa se encontra. Complementa os autores Santos (2016) a Análise SWOT é resultado de uma avaliação dos dados da real situação de uma empresa pública ou privada. Analisando os tipos de ambiente, onde o ambiente interno é controlável pelos gestores, já o ambiente externo não, representação do modelo na Figura 3.

Figura 3 – Matriz Swot.



Fonte: Autor (2021).

2.3.5 Técnica de 5W1H

A técnica de 5W1H, segundo Lucca (2013), é uma ferramenta responsável pela construção de um *checklist* composto por questões que ajudam os gestores com facilidade na criação de um plano de ação que deve ser implementado. É uma metodologia que ajuda a guiar o gestor no planejamento de ações que precisam ser implementadas com garantia de segurança do processo produtivo fazendo com que os objetivos sejam realizados, conjunto nas tomadas de decisão.

Peinado e Graeml (2007), enfatizam a necessidade da aplicação do 5w1h para as empresas de qualquer área e porte, para que não exista dúvidas durante o processo realizado nos seus planejamentos, pois através da ferramenta, forma-se um plano de ação sendo como mecanismo de gestão visual relacionando todos os funcionários da organização nas ações executadas.

A técnica 5W1H é um método responsável pela elaboração de planos de ação, onde deve ser simples, direto e objetivo destrinchando à ação que deve ser executada, é muito utilizado pelos empreendedores da empresa (GOMES, 2014). Concordando Silveira, Martelli e Oliveira (2016), a técnica é um *checklist* onde possuem as soluções para as ações planejadas pela organização, com a justificativa, localidade, prazos determinados, responsável e como ela deve ser realizada.

Segundo Lisboa e Godoy (2012), a 5W1H é realizada como uma metodologia simples, com um custo operacional reduzido, resultando em um planejamento de longo prazo para organizacional. O 5W1H é simplificado, entretanto possui poder e trabalha como um plano de ação da empresa. Através dele é possível identificar a função de cada representante de dentro da empresa, pelo o que ele é responsável e porque ele realiza aquela atividade. O método é constituído de seis a sete perguntas, também chamado de 5W2H, quando rea-

lizado com sete perguntas, representação do modelo 5W1H conforme o quadro 1.

Quadro 1 – 5W1H.

	5W1H	Significado
5W	<i>What</i>	O que deve ser feito?
	<i>Why</i>	Porque deve ser implementado?
	<i>Where</i>	Onde deve ser executado?
	<i>When</i>	Quando deve ser implementado?
	<i>Who</i>	Quem é o responsável pela ação?
	1H	<i>How</i>

Fonte: Autor (2021).

2. METODOLOGIA

Afirmam Martins *et al.* (2013), que o estudo de caso tem o objetivo de apresentar o andamento das variáveis relacionadas a uma pesquisa, através do detalhamento do estado da organização estudada, compreendo o problema pesquisado, formular uma relação de causa e efeito, para que depois através dos resultados seja possível criar uma solução. O trabalho é um estudo de caso e segue uma abordagem qualitativa, a metodologia utilizada para realização do referencial teórico, foram livros, *site* da associação brasileira da indústria de alimentação e artigo científicos encontrados no *site* da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), que são artigos publicados no Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção dos anos de 2013 a 2020.

Para o estudo de caso realizados nos meses de setembro, outubro e novembro de 2021, a primeira etapa realizada foi a aplicação do *Brainstorming* com a empreendedora da empresa com uma visita técnica ao local de produção e a loja, para realizar o levantamento de dados e ideias para a aplicação das demais ferramentas da qualidade escolhidas, que através delas, foi possível encontrar melhorias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa realizada para o levantamento de dados para a aplicação das ferramentas da qualidade e encontrar possíveis desafios do processo produtivo, foi realizar um método da qualidade, o *Brainstorming*. Na reunião estavam presentes duas pessoas da empresa, a gerente e chefe da confeitaria e sua auxiliar. Na reunião foram abordados os produtos que são feitos e seu processo produtivo.

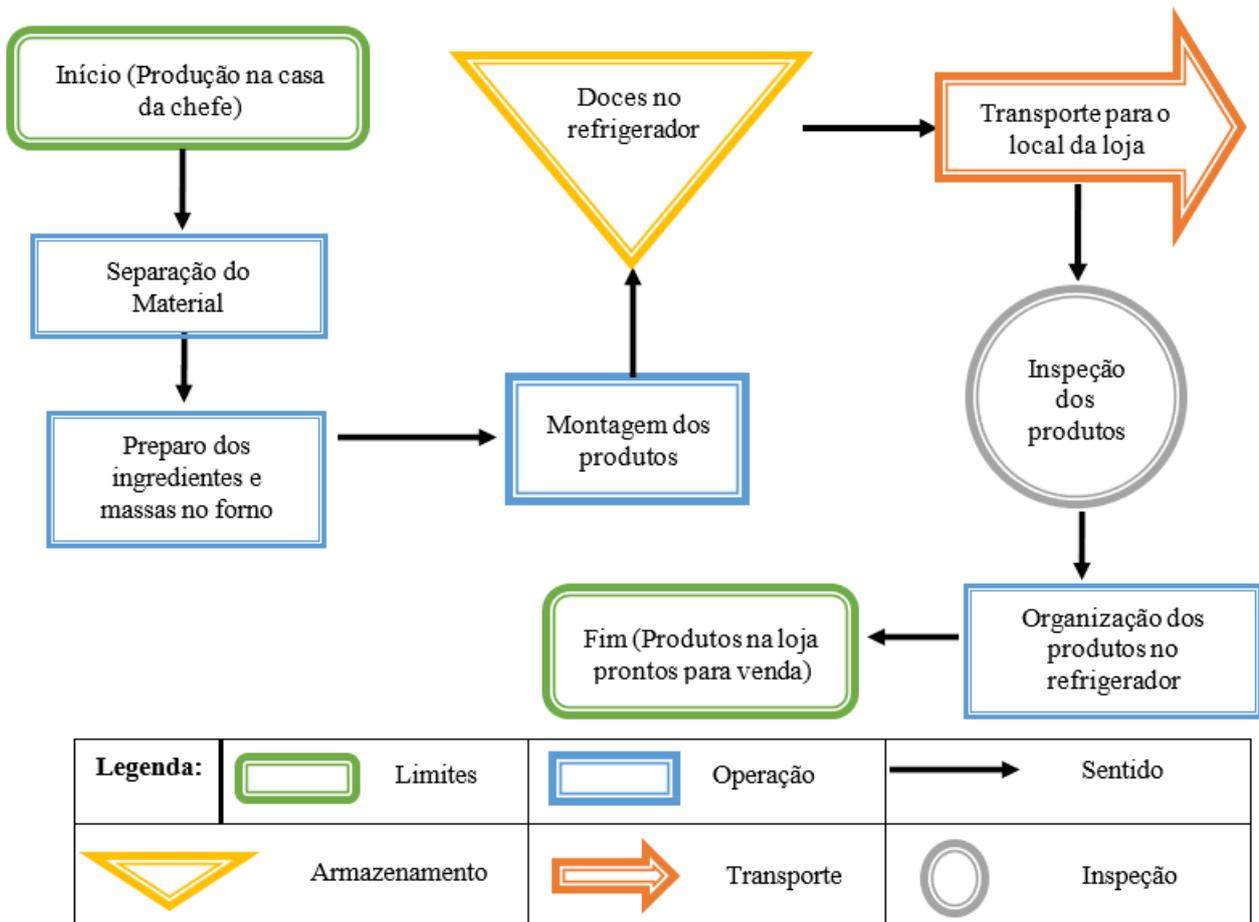
A técnica de *Brainstorming* trabalhou durante todo o processo de aplicação das ferramentas da qualidade, após a reunião foi decidido que seria realizado um fluxograma para melhor entendimento do processo produtivo e que fossem encontrados gargalos durante

o processo produtivo. Após isso foram utilizados o diagrama de causa e efeito e a análise de SWOT, para encontrar melhorias para esses problemas, e o 5W1H para criar um plano de ação. A confeitaria trabalha com a produção de tortas de diversos sabores, sobremesas artesanais, salgados, café expresso, sucos e refrigerantes, todos os alimentos são produzidos em uma cozinha profissional localizado na casa da chefe, somente o café expresso e o suco são feitos na loja na hora da venda, os materiais para produção e vendas são comprados no supermercado, e os produtos prontos para venda, como refrigerante, pousas de suco, ingredientes para o café, são armazenados na loja, onde são feitos e servidos no próprio local da loja.

As produções dos doces são realizadas toda segunda-feira durante a manhã e tarde, para serem vendidas durante a semana, no entretanto, a produção de salgados ocorre durante a semana no horário da manhã, quando feitos, as sobremesas depois de prontas são armazenadas em um congelador e quando a loja é aberta são deslocadas para o local da confeitaria. Diferente dos salgados que há dias em que não possui produto prontos para a venda pois não houve produção naquele dia, já que não são preparados com antecedência junto as sobremesas.

Para um melhor entendimento, foi realizado a aplicação da ferramenta de Fluxograma, para compreender o processo produtivos de ambas produções de doces e salgados, possibilitando visualizar de forma geral cada uma das fases e a relação entre as mesmas, na figura 4 é possível ver o processo produtivo dos doces, tortas e sobremesas.

Figura 4 – Fluxograma do processo produtivo dos doces.

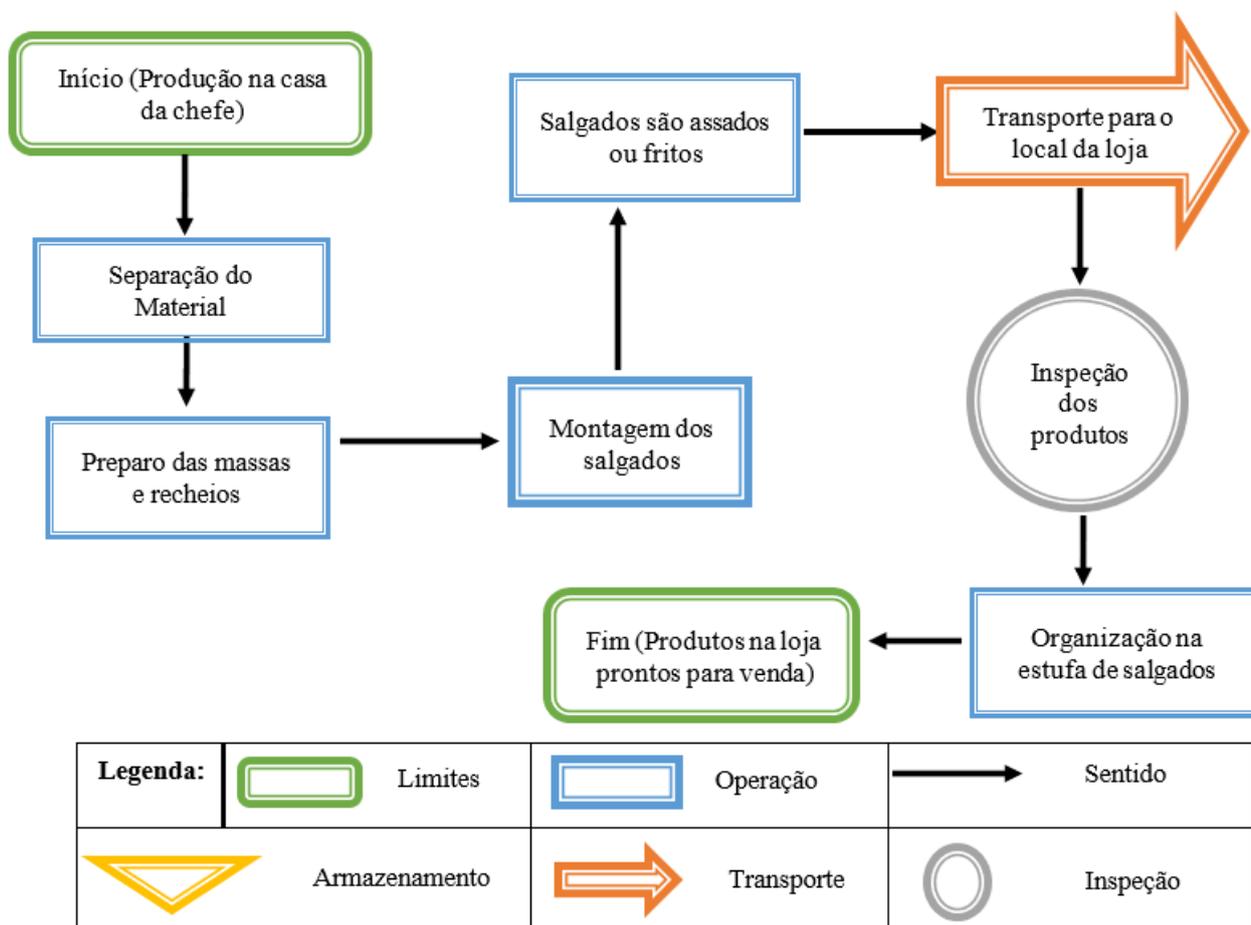


Fonte: Autor (2021).

Depois de ser abordado o processo produtivo das tortas e sobremesas, onde já encontramos alguns desafios recorrentes, como a loja não possui uma cozinha profissional, e no momento a empreendedora não tem condição de montar outra cozinha profissional, os produtos precisam ser feitos na sua residência, as tortas e sobremesas possuem um processo produtivo bom e ágil, com um armazenamento correto garantindo a qualidade do produto e a segurança do consumidor.

A maior dificuldade é etapa do transporte, leva as sobremesas já prontas ao local da confeitaria, é uma etapa que não pode ser executada sozinha, a auxiliar de cozinha sempre tem que estar presente para manter o estado das tortas e sobremesas. Os doces precisam ter uma aparência muito bonita, pois através da dela o cliente sentirá o desejo e vontade de consumir o produto, logo todas as tortas e doces possuem visuais únicos para prender a atenção dos clientes, e um transporte mal executado pode acabar com uma das estratégias de vendas mais importante na venda de produtos alimentícios, esse transporte das sobremesas é realizado em um caixa de isopor térmica. O processo produtivo dos salgados, que diferente da produção de doces não possuem um dia específico para produção, o que leva a uma venda irregular dos salgados, é possível visualizar na figura 5.

Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo dos Salgados.



Fonte: Autor (2021).

É possível identificar a importância do fluxograma durante o processo produtivo dos doces e salgados, pois através da ferramenta gráfica, é possível visualizar e facilmente compreender as etapas de produção dos alimentos. Depois de analisar as etapas do processo, é possível realizar a identificação desses gargalos existentes no sistema.

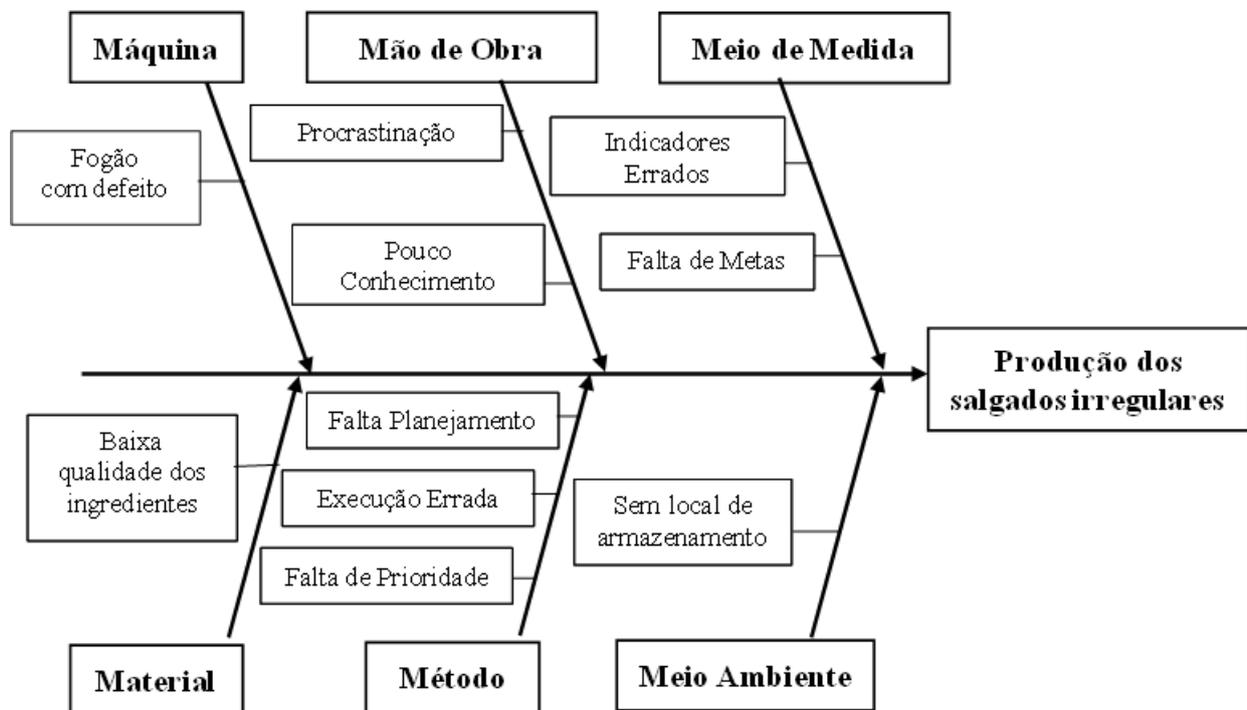
A fabricação dos salgados, demanda a manhã toda para preparação, além de não

serem feitos todos os dias para a venda, isso afeta diretamente com o horário de funcionamento da loja, que funciona no horário da tarde e noite de terça-feira a sábado, por volta das 16:00H às 20:00H.

Além da produção de salgados estejam sendo feitas de forma irregular, o horário do estabelecimento também vem trazendo um problema, pois com produtos prontos para venda como as tortas e salgados, faz necessário o funcionamento do estabelecimento.

Logo foi necessário a aplicação do diagrama de Causa e Efeito na produção de salgados, onde demanda muito tempo do dia do dia da chefe durante a semana. Portanto com a aplicação da ferramenta será possível, encontrar a causa do problema e encontrar a solução, para que seja feita uma análise desse processo, descobrir se o problema está nas máquinas, mão de obra, no material, na falta de planejamento dos processos, tempo de preparação irregulares, fadiga da chefe na preparação de salgados diariamente, então foi montada o diagrama com possíveis causa e é possível fazer essa análise com mais clareza na figura 6.

Figura 6 – Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Autor (2021).

Depois de construir os fluxogramas e entender os processos produtivos da confeitaria, de acordo dados colhidos durante o *Brainstorming*, a construção do Diagrama de Causa Efeito foi realizado através de problemas que já ocorreram e os atuais problemas encontrados, com o objetivo de encontrar qual a causa que está afetando a produção de salgados e sendo executadas de forma irregular.

Existem possíveis melhorias na produção dos salgados, que demandam tempo de produção, e se somente feitos no dia da venda, há uma perda de tempo muito grande, onde a loja poderia estar funcionando com maior frequência e conquistando espaço no mercado competitivo, então foram analisadas todas as etapas do diagrama de causa e efeito, o fogão e equipamentos de produção estão em ótimos estados, com manutenções em dia e com boa funcionalidade. Os ingredientes utilizados para a fabricação de salgados são de boa qualidade. Existe uma falta de planejamento enquanto a produção de salgados, pois não existem horários regulares para o preparo, a execução é feita correta,

porém consome muito tempo sendo desta forma, é nítido que as prioridades da loja são as tortas e sobremesas, porém existem clientes que consomem os salgados no estabelecimento. A chefe possui alto conhecimento na gastronomia, mas o preparo de massa e recheio todo dia de venda pode estar ocasionando uma fadiga, levando a procrastinação na produção de salgados. Porém possuem um bom armazenamento seguindo as normas de segurança dos alimentos como a ISO 22000:2018 que é uma Norma de Gestão de Segurança de Alimentos para qualquer área da cadeia produtiva de

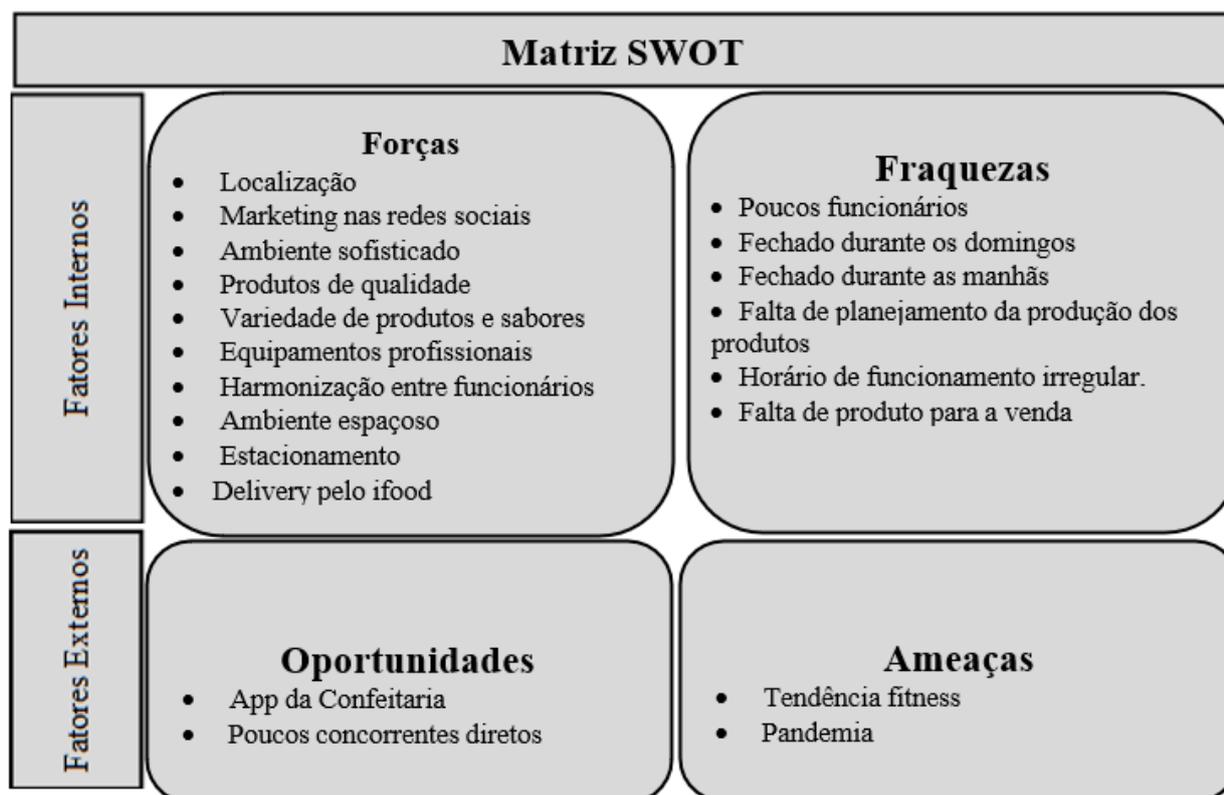
alimentos, garantindo um melhor sistema de segurança para os alimentos.

Através das vendas é possível, identificar os produtos que a loja mais vende, logo vimos que os clientes não consomem apenas as sobremesas, mais os salgados também, então faz necessário, corrigir esse problema, pois clientes vão na loja e não possui a mercadoria que está no cardápio para venda, é necessário analisar corretamente os indicadores, para que sejam decididas metas para o aumento de produção e venda do estabelecimento.

Com um grande potencial empresarial, faz necessária a aplicação de uma ferramenta para identificar os pontos-chaves da empresa, para que seja montado o plano de ação e identificar os pontos específicos que precisam ser trabalhados juntamente com os gargalos já encontrados durante a criação do fluxograma e a aplicação do diagrama de causa e efeito.

Para facilitar a encontrar todas as melhorias necessárias para a confeitaria, foi aplicado a Análise SWOT, para destacarmos os pontos positivos e negativos da empresa, suas forças e fraquezas do estabelecimento e oportunidades e ameaças do mercado competitivo, e após a análise, identificar melhorias para a empresa e utilizar o método de 5W1H para a criação do plano de ação, é possível visualizar os pontos-chaves da empresa na figura 7.

Figura 7 – Análise Swot.



Fonte: Autor (2021).

Segundo a chefe existe possibilidade da produção dos salgados serem realizadas pela quarta feira, logo os salgados podem ser congelados sem perder sua qualidade e validade, para que durante a semana serem somente fritos ou assados pela manhã e deslocado para a loja.

A loja possui um horário fixo, de apenas 4 horas de funcionamento, e realizado de forma irregular, pois quando chefe possui algum outro compromisso a loja não é aberta, é necessário ampliar a equipe, para que outra pessoa qualificada seja responsável por abrir e fecha loja, somente a chefe não será possível desenvolver a empresa se no horário comercial ela estiver fechada. Logo se faz necessário a contratação de um ou dois funcionários, qualificados, para desempenha o papel de vendedor e recepcionista. A relatos de cliente fieis que queriam consumir o produto, porém a loja estava fechada, com produtos prontos para serem vendidos.

Após encontrar e analisar os problemas e após a aplicação das ferramentas da qualidade é possível construir um plano de ação para solucionar os problemas com mais urgência e que possam trazer um retorno para a empreendedora. Então foi realizado a construção de um plano de ação através do método de 5W1H para aplicar algumas alterações que precisam ser feitas para melhorar o processo produtivo e o funcionamento da loja, o plano de ação não possui uma estimativa de custos para os planos encontrados, é possível visualiza-lo no quadro 2

Quadro 2 – Plano de Ação

What – O que?	Why – Por que?	Who - Quem?	When - Quando?	Where – Onde?	How – Como?
Produção de doces	Produzidos paravendas	Chefe e auxiliar	Todas Segundas-feiras	Casa da Chefe de cozinha	Primeiro é realizado a separação do material, depois é o preparo dos ingredientes e massa vão ao forno, logo após são montadas para oarmazenamento
Transporte dos doces para a loja	Transportados para avenida no local da confeitaria	Chefe e auxiliar	Toda terça quando a confeitaria for abrir	Carro Próprio	Para um transporte seguro as sobremesas devem ser levadas dentro de uma caixa térmicapara manter a qualidade do produto e na supervisão da auxiliar para que não aconteça nenhum dano a eles enquanto a chefe dirige
Inspeção dos doces	Para verificar a situação dos doces tanto para consumo como a aparência	Auxiliar de cozinha	Todas as vezes após chegarem no local da confeitaria e todos os dias de funcionamento antes de abrir a loja	Na Confeitaria	Deve ser analisada a aparência das tortas e sobremesas, para elas estejam bonitas e atraentes, a checagem da data de vencimentode cada sobremesa e torta.
Produção de Salgados	Produzidos paravendas	Chefe e auxiliar	Todas as quartas feiraspela manhã	Na casa da Chefe decozinha	É realizado a separação dos matérias, após issoos recheios são feitos e as massas também, após a produção são divididos números de salgados a serem fritos cada dia durante asemana e são congelados no refrigerador
Finalização dossalgados	Finalizados para avenida	Chefe	Todos os dias que loja funcionar antes de abrir a loja	Na casa da Chefe decozinha	São fritos e assados cerca de 10 salgados pordia, são retirados do congelador e levados direto ao fogão.
Transporte dos salgados para loja	Transportados para avenida no local da confeitaria	Chefe e auxiliar	Todos os dias que loja funcionar antes de abrir aloja	Carro Próprio	Para o transporte seguro, porém sem necessidade de compartimento térmico, levando em uma sacola, supervisionado pela auxiliar de cozinha enquanto a chefe dirige

Vender os produtos	Para o funcionamento do estabelecimento em horário competitivo	Vendedor (novo funcionário) Chefe e auxiliar de cozinha	De Terça a sábado, durante o horário comercial das 14:00H as 20:00H	Na confeitaria	Vender os salgados, sobremesas e tortas, sucos e refrigerantes para os clientes e os pedidos por delivery
--------------------	--	--	---	----------------	---

Fonte: Autor (2021).

Após a criação do plano de ação, foi realizada a última reunião para a propor essas melhorias no processo produtivo, que através desse planejamento, a empreendedora poderia desenvolver seu negócio, e acompanhar seu crescimento no mercado competitivo, além de manter a segurança e qualidade dos seus produtos e conquistar a satisfação do consumidor.

Não foi realizado um levantamento financeiro, porém a maioria dos equipamentos e matérias necessários, a gestora já possui, porém para realização do plano faz necessário a contratação de funcionário que possa trabalhar na loja, para que quando a chefe e sua auxiliar não puderem ficar na loja, ela funcione no seu horário normal, vendendo os produtos. Assim a empresa se desenvolve, cresce e ganha seu espaço no mercado, que ao longo prazo possibilita a abertura de outras lojas por São Luís/Maranhão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível notar que, por mais que a confeitaria possuía uma boa venda existia uma particularidade padrão para a qualidade, adotada por exemplos de outras confeitarias, porém quando analisado o processo de produção é encontrado falhas que são prejudiciais para uma organização, a ausência de planejamento durante o processo produtivo e falta de compromisso, com o horário de funcionamento da confeitaria. Essas falhas resultam em perda de qualidade do serviço realizado, diminuindo as chances de crescimento do negócio. Em relação a situação da confeitaria, foi necessário a criação de um plano de ação, para que cada colaborador da empresa realize sua função da melhor forma possível a fim de otimizar os processos, na procura de fidelizar e satisfazer o consumidor, assegurando a qualidade de todos os produtos a serem vendidos.

Cada ferramenta e método da qualidade foi de grande importância para a análise do processo e encontrar os problemas da organização, com o objetivo de otimizar o processo produtivo da empresa, desenvolveu-se o uso das ferramentas e métodos da qualidade, 5W1H, *brainstorming*, análise de SWOT, fluxograma e o diagrama de causa e efeito. A análise da empresa começou com o *Brainstorming*, onde foi realizado levantamento de dados e possíveis ideias que resultariam na melhoria da empresa.

Através do Histograma foi possível realizar o uma análise gráfica sobre o processo de produção, para entender cada etapa desde do início da produção até os produtos estarem prontos para a venda na confeitaria, com a simbologia e a ordem de cada etapa facilita, encontrar os primeiros gargalos do processo, onde durante as reuniões para a discussão do *Brainstorming*, o histograma se tornou presente e contribuiu para aplicação das demais ferramentas da qualidade. Após analisar e identificar já alguns problemas utilizou-se o Diagrama de Causa e

Efeito, também chamado de Diagrama de Ishikawa, para que fosse encontrado dentro do processo a causa do erro, para ganhar uma perspectiva de maneira lógica através dos seis M's, material, método, meio ambiente, máquina, mão de obra e meio de medida,

para o desenvolvimento do diagrama.

Em seguida, foi utilizada a ferramenta da análise de SWOT, onde foi analisada a competitividade da empresa decorrente as quatro etapas: *Strengths* (Forças) e *Weaknesses* (Fraquezas), nos fatores internos da organização, *Oportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças) nos fatores externos da organização. Mediante a aplicação da ferramenta da qualidade, encontrou-se os pontos a serem mexidos para que a atual situação da empresa mude e entre em um posicionamento estratégico na área de vendas que ela faz parte.

Depois de encontrar pontos que devem ser melhorados e as ações que precisam ser realizadas, houve a criação de um plano de ação, através da técnica do 5W1H ou 5W2H quando realizado levantamentos financeiros, que não ocorreu durante a aplicação das ferramentas, com o 5W2H foi possível construir um planejamento do processo de produção até o funcionamento da loja que possuem melhorias para serem desenvolvidas. Mediante a aplicação da ferramenta, demonstra a ação que será tomada, seu motivo, como deve ser realizada, quem será o responsável e quando deve ser executada na tentativa de eliminar os problemas encontrados.

Por fim, através das ferramentas da qualidade foi possível identificar, entender o problema, sua causa, descobrir o potencial competitivo da empresa e conhecer suas melhorias, ampliando o conhecimento e o número de funcionários para a equipe da organização, uma reestruturação em alguns processos produtivos referente ao modelo da empresa, na divisão de funções e os horários de funcionamento do estabelecimento, para que ele venda e cresça no meio que atua.

A mesma proposta de aplicação de ferramentas da qualidade, pode ser realizada em outras empresas, seja ela de pequeno, médio ou grande porte, independente da sua área de atuação, como uma concessionária, um supermercado ou uma lanchonete, entre outros, para cada estabelecimento deve-se ser analisado e escolhido a melhor ferramenta e técnica da qualidade para ser aplicada.

Referências

- AL-BOURINI, F. A. & AL-ABDALLAH G. M. & ABOU-MOGHLI, A. A. **Organizational Culture and Total Quality Management (TQM)**. International Journal of Business and Management. 8(24): 95-106, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_231_26632.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.
- ANDREOLI, T. P.; BARROS, L. T. **Gestão da Qualidade: melhoria contínua e busca pela excelência**. Curitiba: Intersaberes, 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.
- ARAÚJO, J. C.; VITA, K.; FACHINI, M. G.; DUARTE, R. L.; TOFOLI, E. T. **ANÁLISE DE SWOT: uma ferramenta na criação de uma estratégia empresarial**, Lins, 2015. V Encontro Científico e Simpósio de Educação Salesiano, Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium, Faculdade de Lins, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO. 2016. **Relatório Anual 2016**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_345_1776_39719.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO. 2020. **Relatório Anual 2020**. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/downloads/Infograficoanual2020v5.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2021.
- BARROS, E; BONAFINI C. F. **Gurus e ferramentas da qualidade. In Ferramentas da qualidade**. São Paulo: Paerson, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.
- BASTOS, M. **Análise SWOT: Conceito e Aplicação**. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_345_1772_41242.pdf>. Acessado em 22 set. 2021.

BATISTA, D. S.; GOIS, J. V.; **Busca da melhoria produtiva com auxílio de algumas das ferramentas da qualidade:** estudo de caso realizado em uma indústria de confecção. Anais eletrônicos da ABEPRO, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. (org) **Gestão da qualidade:** teoria e casos. 2 ed. Elsevier: ABEPRO, 2012. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/56865/R%20-%20E%20-%20UILDNER%20DA%20SILVA%20BARCELLOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 21 set. 2021.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade:** Teoria da Qualidade. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1773_39783.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

CHIROLI, D. M. G; VIEIRA, A. A. **Melhoria de processo utilizando de ferramentas da engenharia da qualidade.** Revista Tecnológica, Maringá, ed. edição especial SIMEPRO, p. 35-48, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1773_39783.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

CORRÊA, H. L. & CAON, M. **Gestão de Serviços:** Lucratividade por meio de operações e de satisfação dos Clientes. São Paulo: Atlas, 2009. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_231_26632.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações:** Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica. 3 ed. São Paula: Atlas, 2012. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

CRUZ, T. **Sistemas, organização e métodos:** Estudo integrado orientado a processos de negócios sobre organizações e tecnologias da informação. Introdução à gerência do conteúdo e do conhecimento. São Paulo: Atlas, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

FALCONI, V. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia.** 9. ed. Rio de Janeiro: Nova Lima, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

FORZA C. & FILIPPINI R. **TQM impact on quality conformance and customer satisfaction: A causal model.** International Journal of Production Economics, Veneza, 55: 1-20,1998. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_231_26632.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

FREITAS, K. D.; QUEIROZ, P. C; MOURA, R. N.; BRITO, A. V.; COSTA MELO, V. C.. **Aplicação das ferramentas da qualidade em uma panificadora como método de melhoria do processo produtivo:** um estudo de caso. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Engenharia de Produção, Infraestrutura e Desenvolvimento Sustentável: a Agenda Brasil+10, Curitiba,PR, p. 1-20, 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1773_39783.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA QUALIDADE. **Melhores da Gestão.** 2021. Disponível em: <<https://fnq.org.br/melhores-em-gestao/>>. Acesso em: 20 set. 2021.

GOMES, L. **5W2H:** ferramenta para a elaboração Planos de Ação. 2014. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

GOZZI, M. P. **Gestão da qualidade em bens e serviços.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

LISBÔA, M. D. G. P.; GODOY, L. P. **Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto:** a joia. Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering, Florianópolis, v. 4, n. 7, p.32-47, 21 set. 2012. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

LOBO, R. N. **Gestão da Qualidade.** 1ª ed. São Paulo: Erica, 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

LUCCA, G. **Gestão estratégica balanceada:** um enfoque nas boas práticas estratégicas. São Paulo: Atlas, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

MARANHÃO, M.; MACIEIRA, B. E. M. **O processo nosso de cada dia, modelagem de processos de trabalho.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_

STP_345_1773_39783.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

MARCHETTI, R. & PRADO, P. H. M. **Medidas de satisfação do consumidor**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, 41(4):56-67, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_231_26632.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021

MARSHALL JUNIOR, I; CIERCO, A. A; ROCHA, A. V; **The Journey of Brainstorming**. Journal of Transformational Innovation, 2 (1), 1 – 7. Besant, H. 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI. J. B. **Guia para Elaboração de Monografia e TCC em Engenharia de Produção**. São Paulo: Atlas, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_229_28278.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

MÉLO, M. A. D. N; VIEIRA, M. D. G; PORTO, T. S. D. O. **Processo decisório: considerações sobre a tomada de decisões**. Curitiba: Juará, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_328_29552.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

NEGREIROS, R; OLIVEIRA, A. **A aplicação das ferramentas da qualidade numa fábrica de derivados de milho**. VII SEPRONE, Mossoró: Rio Grande do Norte, 2012. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_328_29552.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

OLIVEIRA, R. P. D. **Sistemas, organização e métodos**. São Paulo: Atlas, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

OLIVER, R. L. **Satisfaction: A behavioral Perspective on the Consumer**. 2. ed. Boston: McGraw-Hill, 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_231_26632.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

REBELLO, M. A. de F. R. **Implantação do programa 5S para a conquista de um ambiente de qualidade na biblioteca do hospital universitário da Universidade de São Paulo**. Relato de experiência. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, v. 3, n.1, p. 165-182, 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_229_28278.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

RENNÓ, R. **Administração geral para concursos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_345_1772_41242.pdf>. Acessado em 22 set. 2021.

ROSSI, C. A.V. & SLOGO, L.A. **Pesquisa de Satisfação de Clientes: o Estado-da-Arte e Proposição de um Método Brasileiro**. Revista de Administração Contemporânea, 2(1): 101- 125,1998. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_207_231_26632.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção** (Operações Industriais e de Serviços). Curitiba: UnicenP, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

SANTOS, I. E. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. Rio de Janeiro: Impetus, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_345_1772_41242.pdf>. Acessado em 22 set. 2021.

SCALCO, A. R; DE TOLEDO, J. C. **Gestão da qualidade em laticínios do estado de São Paulo: situação atual e recomendações**. Revista de Administração da Universidade de São Paulo, v. 37, n. 2, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_345_1776_39719.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

SILVA, A. A.; SILVA, N. S.; BARBOSA, V. A.; HENRIQUE, M. R.; BATISTA, J. A. **A utilização da matriz Swot como ferramenta estratégica – um estudo de caso em uma escola de idioma de São Paulo**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, v. 8, 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 22 set. 2021.

SILVEIRA, H. E.; MARTELLI, R.; OLIVEIRA V. V. **A implantação da ferramenta 5W2H como auxiliar no controle da gestão da empresa agropecuária São José**. Revista de Administração do Sul do Pará: FESAR. v. 3, n. 2, Mai/Ago, 2016. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

TOLEDO, J. C.; BORRAS, M. A. A.; MARGULÃO, R. C.; MENDES, G. H. D. S. **Qualidade – Gestão e Métodos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_

STO_207_229_28278.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

TRINDADE, R. **Experiências educativas e situações de aprendizagem**: novas práticas pedagógicas. Porto: Edições ASA. 2012. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

VISVESHWAR, N.; VISHAL, V; SAMSINGH, R. V.; KARTHIK, P. Application of Quality Tools in a Plastic Based Production Industry to achieve the Continuous Improvement Cycle. **Calitatea**, v. 18, n. 157, p. 61, 2017 Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_345_1772_39940.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.





ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

4

**ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS ACADÊMICOS
DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAPÁ –
UEAP EM RELAÇÃO AO GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS**

*ANALYSIS OF THE PERCEPTION OF SCHOLARS AT THE
UNIVERSITY OF THE STATE OF AMAPÁ – UEAP IN RELATION
TO SOLID WASTE MANAGEMENT*

Jacqueline Pharlan de Camargo
Pedro Henrique Pereira dos Santos
Felipe Fernando da Costa Tavares
Tito Lívio Pinto de Freitas



[10.29327/5170404.1-4](https://doi.org/10.29327/5170404.1-4)

Resumo

Este artigo objetiva analisar a percepção acerca do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos entre os acadêmicos da Universidade do Estado do Amapá-UEAP, de forma a compreender se a postura destes condiz com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Tendo em vista que a tendência mundial diante da degradação ambiental acelerada requer consciência apurada da importância da gestão de resíduos sólidos principalmente na formação superior, pois serão os próximos profissionais atuantes em sociedade de forma a contribuir com a conservação do planeta na aplicação de ações sustentáveis em suas áreas de atuação com responsabilidade social. A pesquisa terá caráter exploratório, um estudo de caso quali-quantitativo envolvendo 154 universitários da UEAP de áreas de formações distintas através de um questionário elaborado no google forms contendo 10 questões objetivas de múltipla escolha. A análise de dados aponta que apesar de terem consciência da necessidade de realizar a gestão de resíduos sólidos urbanos adequadamente ainda é necessário adotar práticas efetivas no dia a dia adequando-as à legislação pertinente e implantando em maior proporção as práticas dos Rs da sustentabilidade

Palavras-chave: Universidades, Educação, Gerenciamento, Resíduos Sólidos.

Abstract

This article aims to analyze the perception about the management of urban solid waste among academics at the University of the State of Amapá-UEAP, in order to understand whether their posture is consistent with the National Policy on Solid Waste. Bearing in mind that the global trend towards accelerated environmental degradation requires a keen awareness about importance of solid waste management, especially in higher education, as they will be the next professionals working in society in order to contribute to the conservation of the planet in the application of sustainable actions in areas of activity with social responsibility. The research will have an exploratory character, a qualitative and quantitative case study involving 154 university students from UEAP from different backgrounds areas through a questionnaire prepared in Google Forms containing 10 objective multiple choice questions. Data analysis points out that despite being aware of the need to manage solid urban waste properly, it is still necessary to adopt effective practices on a daily basis, adapting them to the relevant legislation and implementing in a greater proportion the practices of the Rs of sustainability

Keywords: Universities, Education, Management, Solid Waste.



1. INTRODUÇÃO

O descarte inapropriado dos resíduos sólidos intensificados com o aumento exacerbado das cidades tornara-se um problema ambiental crescente que compromete a saúde da sociedade e a preservação do meio ambiente. Os altos índices de resíduos provenientes do setor industrial, o excesso de consumo de descartáveis e a forma desordenada de descarte final comprometem não só a conservação do planeta, mas também a existência humana.

A redução dos impactos provenientes da ausência de um gerenciamento apropriado dos resíduos sólidos precisa partir de uma série de vertentes, sejam estes gestores públicos, setor privado e comunidade em geral, sendo esta última em várias áreas, como saúde, educação, economia.

Neste sentido, as instituições de Ensino Superior exercem um papel preponderante na formação de profissionais capacitados, críticos e responsáveis que sirvam de exemplo para comunidade que fazem parte, contribuindo para implantação de políticas sustentáveis.

Alternativas conscientes que os problemas ambientais podem ser evitados através da educação de descarte e disseminação do conhecimento acerca de boas condutas sociais que visem reduzir agravos ambientais a fauna e flora.

No Brasil a Constituição de 1988 já trazia em seu bojo prerrogativas quanto a obrigatoriedade de proteção e conservação ambiental, assim como Políticas Nacionais para uma adequada destinação de Resíduos Sólidos, Políticas Nacionais na área da Educação Ambiental nos ambientes de ensino que prioriza a prática dos R's da sustentabilidade, ou seja, existe na teoria uma série de garantias legais que direcionam a sociedade em prol do correto gerenciamento dos resíduos sólidos, as quais precisam ser analisadas na prática.

Por isso, este trabalho pretende levantar informações sobre a percepção dos acadêmicos de áreas distintas de formação da Universidade do Estado do Amapá (UEAP) quanto ao nível de consciência do assunto e de implicações práticas em relação a gestão de resíduos sólidos.

Para tal, informações legais, sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, da responsabilidade da educação superior no assunto, da definição e ampliação de conhecimento sobre coleta seletiva e os R's da sustentabilidade serão aprofundadas para a partir desta fundamentação ter embasamento para analisar as respostas obtidas dos acadêmicos da UEAP sobre o tema.

Sabe-se que a prevenção é a alternativa mais viável para evitar desastres ambientais, escassez de recursos naturais e reverter o quadro decorrente das atividades de exploração inadequada e que a mudança de hábitos precisa ocorrer o quanto antes. Pharlan (2021) destaca que o desenvolvimento precisa ser pautado na qualidade de vida, na saúde, conservação do ambiente e não apenas centrado no fator econômico. Portanto, a inadequação no tratamento de resíduos sólidos, sujeira, ausência de saneamento básico que afetam a saúde pública e contribuem para proliferação de doenças precisam ser revertidas. Diante disso, faz-se pertinente que instituições de nível superior estejam comprometidas no combate e na conscientização acadêmica em prol de um mundo melhor para todos, principalmente envolvendo o tripé da sustentabilidade, dentre estes o fator econômico, humano e ambiental em projetos que promovam mudança social.

Os universitários, então, têm responsabilidades sociais, destes se espera elevado índice de desenvolvimento de práticas sustentáveis, por isso, o ensino superior tem papel fundamental neste processo, promovendo uma consciência cidadã que dissemine condutas condizentes e que vá de encontro a conservação do meio ambiente.

2. ALGUNS ASPECTOS DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS/2010)

A consciência da importância de todos os entes federativos ao que tange a proteção do meio ambiente, assim como o combate a todas as formas de poluição está prevista desde a Constituição de 88. Neste âmbito, está prerrogativa desdobrou-se em 2010 dando origem a uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, a (PNRS).

Diante da necessidade de melhorar a saúde da sociedade, assim como proteger o meio ambiente e dar destino correto aos Resíduos Sólidos Urbanos a (PNRS), a Lei nº12,305 estabelece diretrizes e posturas imprescindíveis ao direcionamento correto de rejeitos e resíduos urbanos. A meta principal é realizar o controle integrado dos resíduos sólidos, de forma que o poder público, setor privado e população em geral cooperem entre si técnica e financeiramente, visando o benefício de todos minimizando os impactos à saúde e ao meio ambiente relacionado ao ciclo de vida dos produtos.

Segundo a PNRS resíduos sólidos trata-se de:

XVI – resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (PNRS, 2012, p.11).

Neste sentido é importante a compreensão definida da distinção entre os rejeitos e resíduos: os primeiros não têm nenhuma serventia pelo fato de não haver condições de tratamento ou recuperação, já os resíduos são subprodutos processados com condições de serem tratados. De todo modo, ambos devem ter destinação adequada iniciando com a coleta seletiva.

O artigo 7 do PNRS contempla 15 objetivos, onde em relação ao assunto em questão são: a proteção da saúde pública em consonância à qualidade ambiental; a manutenção do foco de não geração; redução; reutilização; reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, incluindo a destinação final ambiental adequada aos rejeitos, o estímulo a adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços, assim como implantação, adesão e melhoramento de tecnologias limpas que minimizem os impactos ambientais e diminuía os riscos provenientes de resíduos tóxicos e perigosos.

A logística reversa, estabelecida como obrigatoriedade imediata, por exemplo, em respeito ao disposto no art.33 da Lei 12.305 de 2010 contemplada pela PNRS está baseada no princípio da sustentabilidade que trata das ações relativas a responsabilidade compartilhada quanto ao ciclo de vida dos produtos de maneira a reinserir resíduos no ciclo produtivo.

Dentre os impactos positivos, a logística reversa contribui para redução da poluição



ambiental, diminuição do desperdício de insumos, assim como o reuso e a reciclagem. Além de contribuir para eficiência econômica.

2.1 Resíduos sólidos

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nº 10.004, resíduos sólidos são substâncias nos estados sólido e semissólido oriundas com origem: industrial; doméstica; hospitalar; comercial; agrícola; de serviço e de varrição.

De acordo com Mesquita Junior (2022) os resíduos sólidos urbanos são responsáveis por 12% da emissão de gases como dióxido de carbono (CO) e Metano (CH) que contribuem para retenção de calor atmosférico, proveniente da decomposição de materiais orgânicos. Além disso, a inadequação do despejo destes resíduos no ambiente contamina a água, solo e atmosfera. Entretanto o autor aponta que se houver um destino apropriado seria possível transformar através de tratamento em energia gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Assim, presumir-se que os resíduos são um problema sério, mas se houver engajamento, planejamento e destinação adequada pode não só resolver o problema por ele gerado, assim como reverter em benefícios.

2.2 Gerenciamento integrado de resíduos sólidos

Segundo Cruz (2005 apud DARONCO; DE CONTI, 2022) o ser humano descarta o lixo de qualquer forma, em qualquer lugar, mas com o crescimento das cidades e o consequente aumento dos resíduos esta prática gerou um problema. Abreu et al. (2001 apud DARONCO; DE CONTI, 2022) relacionam este problema a necessidade de encontrar soluções avançadas do manejo de resíduos sólidos, ainda de acordo com Daronco e De Conti (2022) os principais objetivos para resolução da questão envolve políticas mais eficientes de saneamento, adequadas ambientalmente através de leis, normas e políticas públicas, o desenvolvimento de uma infraestrutura na área que traga desenvolvimento socioeconômico.

Neste sentido, conforme Bringhenti (2004) apesar de maior divulgação da importância da gestão integrada de resíduos sólidos, ainda existem poucas implantadas no país e muitas de forma isolada.

Segundo Bringhenti (2004, p. 2001), Schall (1992 apud MILANEZ; TEIXEIRA, 2001, p.2), o conceito da gestão integrada de resíduos sólidos engloba procedimentos de manejo do fluxo de resíduos sólidos de forma a diminuir os impactos na saúde do ser humano e no meio ambiente. Para isso ocorrer, calha a adoção de estratégias como redução da fonte através do reuso, a reciclagem, como a compostagem, combustão, através de recuperação energética e destinação final. Para a autora a gestão integrada de resíduos sólidos estabelece uma relação intrínseca à sustentabilidade ambiental, por isso destaca a importância de os gestores implantarem políticas públicas sustentáveis.

2.3 Educação superior e responsabilidade no gerenciamento de resíduos sólidos

De acordo com o artigo 255 da Constituição Federal trata-se de garantia fundamental o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, neste ínterim, as universidades têm um papel essencial na formação de profissionais capacitados para exercer sua profissão de forma crítica, responsável e que direcione seus esforços em prol da aplicação da lei de forma efetiva na sociedade.

Além da Constituição, também há a Lei 9.795 / 1999, a qual estabelece uma Política Nacional de Educação Ambiental que torna obrigatória uma educação ambiental integrada às instituições de ensino.

Costa (2022) ressalta que as instituições de ensino superior precisam implantar e definir políticas que promovam a educação ambiental através da pesquisa, ensino e extensão e inclusive com ações práticas onde suas ações são desenvolvidas. Ou seja, não basta estudar e aprender de forma teórica, mas incluir nestes ambientes uma gestão de resíduos sólidos, como o Plano de Gestão de Logística Sustentável implantado pela Universidade Federal de Tocantins (UFT) através de estratégias que envolvam universitários e sirvam de exemplo para comunidade ao entorno.

De Conto (2022) reforça que os conflitos ambientais nas universidades podem ser solucionados pela adoção de políticas ambientais, integrando áreas distintas do conhecimento e toda comunidade acadêmica promovendo alteração de comportamentos. Segundo De Conto as instituições de nível superior são referenciais para sociedade é agem como um centro de transformação. Ressalta a importância de disseminar maior sensibilização, assim como experimentos, implantação de técnicas de reutilização no âmbito acadêmico.

Araujo e Altro (2022) ressaltam a importância da coleta seletiva na gestão integrada de resíduos sólidos, para Araujo e Altro (2022 apud RIBEIRO; BESEN, 2007) a criação do hábito de fazer a separação do lixo objetivando seu aproveitamento é uma maneira de promover maior conscientização ambiental porque se volta para redução de consumo, de desperdício, assim como contribui para geração de trabalho e renda. Neste sentido aponta que a implementação do sistema precisa seguir a Resolução do CONAMA nº 275, data de 25 de abril de 2001, a qual defini a maneira correta de identificação dos coletores de coleta seletiva conforme o resíduo que armazenará. De acordo com o artigo 2º desta resolução programas de coleta seletiva elaborados e implantados em órgãos públicos municipais, estaduais ou federais da administração direta e indireta devem seguir o padrão de cores estabelecidos.

2.4 Os R's da sustentabilidade

No combate aos impactos provenientes do alto índice de geração de resíduos sólidos é essencial que os cidadãos sejam engajados através de programas educativos que direcionem para atitudes conscientes em relação ao consumo, bons hábitos que contribuam para conservação do meio ambiente.

Por isso, recomenda-se a implantação dos R's da Sustentabilidade, inicialmente se estabeleceram três, conforme a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013) "reduzir, reutilizar e reciclar", com o tempo e o aumento da necessidade de salvar o planeta, foram acrescentando novos R's da Sustentabilidade.



Montibeller-Filho (2008 apud ORTIZ, 2022) cita que a política dos R's é uma estratégia de regulação relacionadas as questões de produção e consumo, através destas políticas propõe-se a redução de produção de resíduos, diretrizes que minimizem os impactos gerados pelos resíduos sólidos, além de colaborar para o surgimento de novos nichos de exploração econômica e desenvolvimento.

Políticas voltadas a minimização da quantidade de lixo gerada, da exploração dos recursos naturais, do consumo de energia, da poluição da água, do solo, do ar e também contribuindo para geração de renda.

3. MÉTODO

Artigo de natureza básica, fundamentado através de pesquisa bibliográfica em artigos, leis, revistas eletrônicas e livros que abordam acerca do gerenciamento de resíduos sólidos e assuntos afins. Trata-se de um estudo de caso exploratório de natureza qualitativa-quantitativa.

O universo da Pesquisa envolve acadêmicos da Universidade do Estado do Amapá (UEAP), uma amostra populacional de 154 acadêmicos de cursos distintos da instituição. Como estratégia de coleta de dados, elaborou-se para isso, um questionário no google forms contendo 10 questões objetivas de múltipla escolha e este foi aplicado via whatsapp e presencialmente na UEAP, solicitando o preenchimento do formulário no celular para atingir o público de forma mais efetiva.

Em seguida fez-se a análise dos dados coletados e tabulados automaticamente pelo formulário do google através de gráficos e a partir destas as discussões dos resultados obtidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Portaria n.º 01/2022, por meio do Edital 010/2022 que torna público a lista de eleitores aptos para escolha da lista tríplice para os cargos de Reitor e Vice-Reitor da Universidade do Estado do Amapá (UEAP), para o quadriênio 2022/2026 atualmente há 1544 discentes na Instituição. Tendo em vista que o universo desta pesquisa foi 154 acadêmicos a amostra representa 9,97% de acadêmicos de várias áreas de formação da universidade.

A questão inicial se deteve na confirmação de que todos os que responderam as questões no formulário eram acadêmicos da UEAP, para poder fazer a análise de dados restrita a este universo populacional, foco investigado neste estudo. Tendo resultado de 100% respondendo que sim, ou seja, todos são acadêmicos da Universidade do Estado do Amapá.

Em segundo lugar fez-se o levantamento da área de formação de cada acadêmico participante da pesquisa.

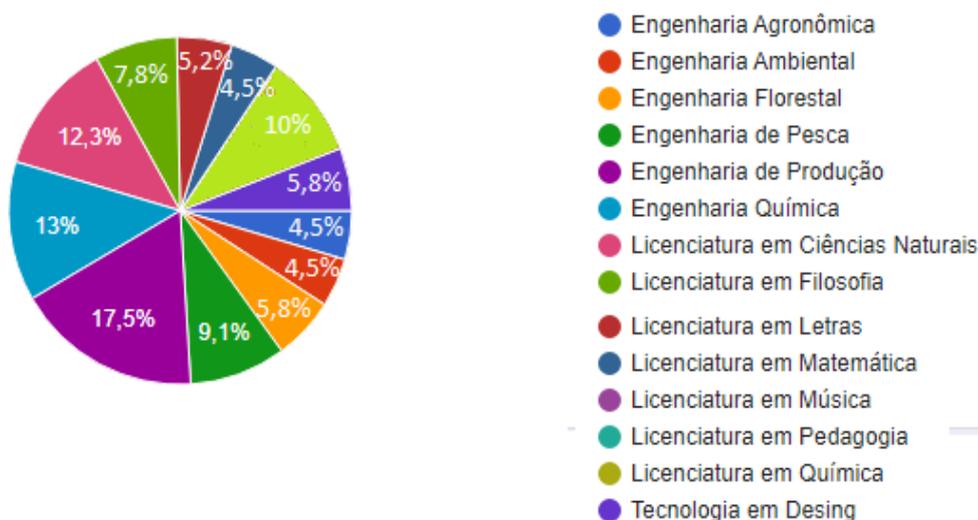


Figura 1 – Áreas de formação dos entrevistados

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Embora a Universidade do Estado do Amapá disponibilize 14 cursos de graduação como mostra na (figura 1), apenas 12 cursos fizeram parte dos 9,97% entrevistados, dois cursos não foram atingidos, a saber, o de Licenciatura em Música e Licenciatura em Pedagogia. 54,4% dos acadêmicos são da área de engenharia, a maior parte 17,5% da Engenharia de Produção, seguida de 13 % da Engenharia Química. As licenciaturas totalizaram 39,8 % dos entrevistados e 5,8 % são do Curso de Tecnologia em designer.

Importante ressaltar que as universidades têm um papel fundamental na conscientização quanto a importância do gerenciamento adequado de resíduos sólidos, assim como incentivo a minimização do consumo, estudos e pesquisas voltados a fluxos financeiros provenientes de ações sustentáveis proveniente de resíduos e disseminação de uma formação integral que prepare bacharéis e licenciaturas a posturas que coadunem com os Rs da sustentabilidade. Consoante a estes posicionamentos reforça Pharlán (2021), que o desenvolvimento precisa objetivar à conservação do planeta, a responsabilidade social relacionadas à economia.

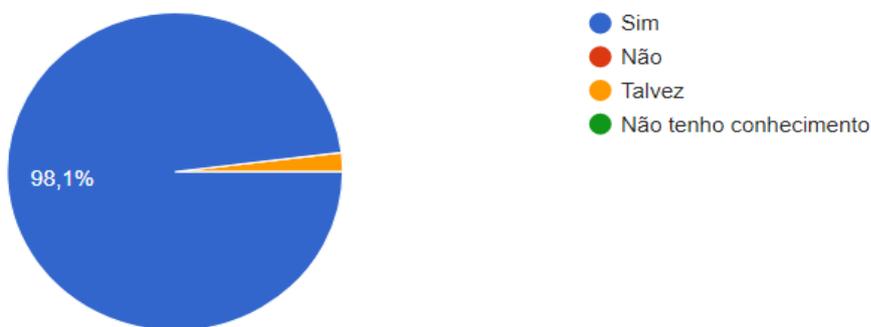


Figura 2 – A Coleta Seletiva é importante?

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Ao serem questionado acerca da importância da coleta seletiva (figura 2), percebe-se que apenas 3 acadêmicos, 1,9%, assinalaram que talvez fosse importante, os outros 98,1% foram unânimes em afirmar que a coleta seletiva é importante, portanto, nenhum acadêmico assinalou que não é importante ou que não tinham conhecimento sobre o assunto. Estes dados atestam que a maior parte está ciente que deveria ser implantado a coleta seletiva de maneira a direcionar adequadamente os resíduos sólidos, principalmente considerando a Resolução do CONAMA nº 275/2001 fazendo a implementação adequando a norma-padrão de diferenciação por cores.

Em contraposição a ciência da maioria quanto a importância da coleta seletiva, 50% dos entrevistados não fazem coleta seletiva em sua residência, 18,8% deste público informou que faz esporadicamente a separação, 13,6% faz parcialmente e apenas 17,5% faz a coleta seletiva em casa. Diante dos dados coletados pode-se deferir que apesar de estarem conscientes que a coleta seletiva ainda é imprescindível avançar para a viabilização prática de tal atividade, não só a nível acadêmico universitário, mas implantar tais práticas nas cidades através de políticas de governo, fazendo campanhas na mídia e mostrando que o cidadão, o estado e o setor privado devem se unir e inserir sistemas que promovam a proteção do planeta. Apenas desta forma o cidadão constatará que a coleta seletiva não será improfícua, mas que haverá prosseguimento adequado aos resíduos sólidos posterior a coleta seletiva. Além disso, uma cobrança efetiva que ressalte que se não fizer a coleta adequada dos resíduos sólidos haverá sanções legais, que não é apenas ser consciente, mas cumprir com seu papel cidadão respeitando o ambiente e as leis. Quando não há normas cada um age conforme lhe convém.

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (2013) as melhorias relacionadas ao Sistema de Manejo e Disposição de Resíduos Sólidos objetiva trazer melhorias, um gerenciamento adequado contribui para a saúde, meio ambiente e a consequente geração de renda proveniente da destinação correta dos resíduos sólidos, trazendo benefícios fundamentais para sociedade.

A outra questão relacionada à coleta seletiva também apresenta certa contrariedade diante de uma população de 98,1% que reconhecem a importância da coleta seletiva, pois destes apenas 70,1% assinalaram que quando descartam os resíduos em coletores seletivos, fazem adequadamente conforme a disponibilização em cores. 17,5% só o fazem às vezes e 12,3% assinalaram que não fazem a destinação correta dos resíduos sólidos quando são disponibilizados.

Estes fatores de contrariedade entre consciência e aplicação efetiva são dados de preocupação. Além disso, quando questionados se os resíduos plásticos podem ser descartados junto com os orgânicos, o índice de ciência também foi alto, obteve-se 93,5% de porcentagem de acadêmicos que compreendem que o descarte destes resíduos precisa ser feito em coletores distintos, apenas 5,9% assinalaram talvez devesse ser realizado a separação e 0,6% que poderiam ser descartados juntos.

Os dados levantados apontam nas três vertentes que o conhecimento da importância é praticamente total, mas a aplicação pessoal e coletiva precisa aumentar. Mostra que a Universidade Estadual do Amapá tem se voltado a uma educação ambiental de acordo com as premissas da Política Nacional de Educação Ambiental, Lei 9.795 de 27 de abril de 1999, mas que é pertinente uma avaliação crítica, contínua e permanente conforme estabelece a Lei.

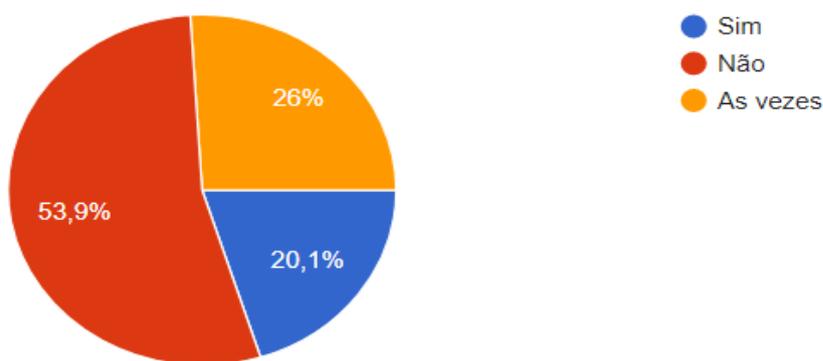


Figura 3 – Usa Sacolas Retornáveis

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Ao serem questionados como mostra na (figura 3) sobre o uso de sacolas retornáveis, 53,9%, ou seja, a maioria declarou não fazer uso destas, 26% que só às vezes usam sacolas retornáveis e apenas 20,1% afirmaram fazer o uso delas.

Estes índices também reiteram o fato de a postura adotada pelos acadêmicos precisa sair da teoria e partir para prática, implantando atitudes sustentáveis que sirvam de exemplo ao contexto ao qual fazem parte. Por fazerem parte de uma formação superior, Sousa, Carniello e Araújo (2011 apud ALMEIDA, 2022) descrevem que as Instituições de Ensino Superior devem se comprometer com o desenvolvimento sustentável em prol da transformação social de forma a colaborar para resolução dos problemas em que está inserida.

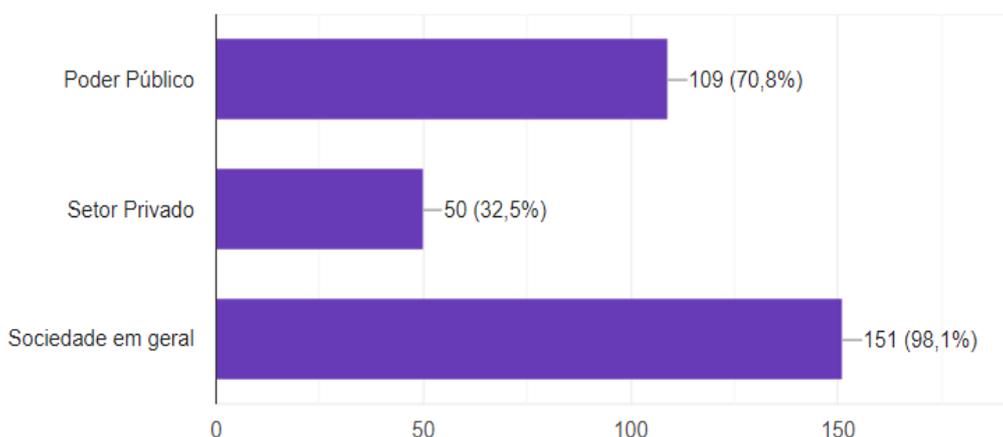


Figura 4 – Responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Ao identificarem os setores responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos percebe-se que a maior parte dos acadêmicos reconhecem que a sociedade como um todo é responsável (figura 4), 98,1 % dos entrevistados assinalaram a opção, em segundo lugar com 70,8 ficou o poder público e apenas 32,5% identificam responsabilidade no setor privado. Pode-se depreender que a Lei defini todos como responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, um gerenciamento integrado de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2012).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste estudo pode-se depreender que é imprescindível o papel das instituições de ensino superior quando à ao destino dos resíduos sólidos, a formação dos profissionais deve seguir as premissas legais da educação ambiental e estar conforme com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2012), respeitando preceitos estabelecidos na Constituição Federal, de acordo com o já citado artigo 255 direcionando uma formação em prol do equilíbrio ambiental, como o gerenciamento integrado de Resíduos Sólidos.

Os índices coletados apontam que a Universidade do Estado do Amapá precisa reforçar o ensino na perspectiva de desenvolvimento sustentável, esclarecendo que a consciência quanto a implantação do gerenciamento adequado dos Resíduos Sólidos ultrapassa a questão teórica, que atitudes neste sentido são indispensáveis, pois os profissionais em formação precisam estar preparados para agir buscando soluções para os problemas da sociedade contemporânea.

Para tal, uma educação ambiental que amplie o uso dos R's da sustentabilidade, implante atitudes práticas quanto ao correto gerenciamento dos Resíduos Sólidos e corrobore para uma sociedade cidadã responsável nas Instituições de Nível Superior é essencial para que a qualidade dos profissionais do futuro resulte em maior qualidade de vida para todos.

Referências

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Classificação de resíduos sólidos**: NBR 10.004. Rio de Janeiro, 2 ed. 2004. Disponível em: <https://supremoambiental.com.br/wp-content/uploads/2018/07/nbr-n-10-004-abnt-2004-residos-solidos.pdf> Acesso em 01 de maio de 2022.

ALMEIDA, Fernanda Costa. **O papel das Instituições de Educação Superior na Gestão Voltada para a Sustentabilidade**: uma análise da Universidade Federal do Tocantins a partir de Plano de Gestão de Logística Sustentável. Dissertação (Mestrado Profissional), Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2015. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/82/1/Fernanda%20Costa%20Almeida%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso em 30 de abril de 2022.

ARAÚJO, Fernando Oliveira de, ALTRO, John Lennon Spechth. Análise das Práticas de Gestão de Resíduos Sólidos na Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense em Observância ao Decreto 5.940/2006 E À Lei 12.305/2010. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, Volume 9, Número 3, 2014, pp. 310-326 DOI: 10.7177/sg. 2014. v9. n3.a8. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/V9N3A8/SGV-9N3A8> Acesso em 28 de abril de 2022.

BRASIL, **Constituição** da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

_____. Fundação Nacional de Saúde. **Resíduos sólidos e a saúde da comunidade**: informações técnicas sobre a interrelação saúde, meio ambiente e resíduos sólidos /Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2013.

_____, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. (Recurso Eletrônico). 2 ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012.

_____, Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Política Nacional de educação Ambiental**, Brasília, DF, 1999.

BRINGHENTI, Jacqueline. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos**: Aspectos Operacionais e da Participação da População. Tese de doutorado. São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-07122009-091508/publico/JacquelineBringheti.pdf> Acesso em 29 de abril de 2022.

CAMPANI, Darci Barnech MUNIZ, Rui Paulo Dias, TAVARES, Márcia Regina Pereira. **Implantação da Coleta Seletiva dos Resíduos Sólidos do Campus do Vale de Gestão Ambiental Da Universidade**

Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.manutencaocriativa.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Artigo-IMPLANTA%C3%87%C3%83O-DA-COLETA-SELETIVA-DOS-RES%C3%84DUOS-S%C3%93LIDOS.pdf> Acesso em 28 de abril de 2022.

DE CONTO, Suzana. M. Gestão de resíduos em universidades. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2010. 319 p. **Revista Rosa dos Ventos**, 4(I), p.110-113, jan-jun, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4735/473547088010.pdf> Acesso em 28 de abril de 2022.

DARONCO, Giuliano Crauss, DE CONTI, Marcelo A. de. **Dificuldades Econômicas no Cumprimento das Políticas Públicas de Gestão dos Resíduos Sólidos.** ASSEMAE - Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. Jaraguá do Sul, SC. 2016. <https://sistema.trabalhosassemade.com.br/repositorio/2016/10/trabalhos/10/591/t591t26e10a2016.pdf> Acesso em 29 de abril de 2022.

EDITAL Nº 010/2022 – UEAP. **Lista Final de Eleitores Aptos.** Disponível em: http://processoseletivo.ueap.edu.br/Arquivos/ProcessoSeletivo/editais/010_2022/1714629649.pdf Acesso em 03 de mai de 2022.

JULIATTO, Dante Luiz, CALVO, Milena Juarez, CARDOSO, Thaianna Elpídio. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para Instituições Públicas de Ensino Superior. **Rev. GUAL.**, Florianópolis, v. 4, n. 3, p.170 - 193, set/dez. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/gual/article/view/1983-4535.2011v-4n3p170/21985> Acesso em 30 de abril de 2022.

MAIELLO, Antonella, BRITTO, Ana Lucia Nogueira de Paiva e VALLE, Tatiana Freitas. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública** [online]. 2018, v. 52, n. 1 [Acessado 1 Maio 2022] , pp. 24-51. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/0034-7612155117> >. ISSN 1982-3134. <https://doi.org/10.1590/0034-7612155117>.

MESQUITA JÚNIOR, José Maria de. **Gestão integrada de resíduos sólidos.** Coordenação de Karin Segala. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. Disponível em: https://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/01-girs_md1_1.pdf Acesso em 01 de maio de 2022.

ORTIZ, Margarete Alvarenga. **Responsabilidade pós-consumo e resíduos sólidos na sociedade contemporânea:** desafios e limites ao poder econômico. Dissertação. São Paulo, 2011. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/bitstream/handle/10899/23765/Margarete%20Alvarenga%20Ortiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 02 de mai de 2022.

PHARLAN, Jacqueline. **Cicloturismo e Desenvolvimento Regional:** reflexões a partir de estudo de caso da Trilha da Samúma – Ap. São Paulo: Scortecci, 2021.

VENTURI, Lilian, PEREIRA, Raquel da Silva. Gestão de Resíduos Sólidos em Universidade: um Estudo a Partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos, **Revista eletrônica de Administração.** v.14, n.1, ed. 26, jan-jun 2015. p.180-196. Disponível em: <https://periodicos.unifacel.com.br/index.php/rea/article/view/867>. Acesso em 01 de maio de 2022.



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

5

RASTREAMENTO DE PRODUTOS MÉDICOS HOSPITALARES COM APLICAÇÃO DO BLOCKCHAIN

*TRACKING OF HOSPITAL MEDICAL PRODUCTS USING THE
BLOCKCHAIN*

Julia Neves Cano
Fernanda Alves Silva
Ricardo Luiz Ciuccio



[10.29327/5170404.1-5](https://doi.org/10.29327/5170404.1-5)

Resumo

A tecnologia Blockchain permite o registro de dados de forma confiável, segura, distribuída e tolerante a falhas, além da capacidade de proteger sensivelmente um grande número de dados é um dos principais benefícios de utilizar o blockchain na saúde. O objetivo principal deste trabalho é apresentar as principais características fundamentais da Blockchain e como ela funciona. São apresentados os principais casos de uso da Blockchain e um levantamento sobre a sua utilização na área da saúde. A metodologia empregada nesta pesquisa científica de caráter exploratório será desenvolvida, a partir de testes experimentais, referências bibliográficas e estudo de caso aplicado a produtos médicos hospitalares. A proposta é criar uma arquitetura computacional com a criação de aplicações Blockchain utilizando o Ethereum. Os resultados são simulações computacionais capaz de realizar o rastreamento via QR-code desde do fornecedor até os processos internos do hospital.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, Serviço 4.0, Produtos hospitalares, Blockchain.

Abstract

Blockchain technology allows data recording in a reliable, secure, distributed and fault-tolerant way, in addition to the ability to sensitively protect a large amount of data is one of the main benefits of using blockchain in healthcare. The main objective of this work is to present the main fundamental characteristics of Blockchain and how it works. The main Blockchain use cases are presented and a survey on its use in the health area is presented. The methodology used in this exploratory scientific research will be developed from experimental tests, bibliographical references and a case study applied to hospital medical products. The proposal is to create a computational architecture with the creation of Blockchain applications using Ethereum. The results are computer simulations capable of tracking via QR-code from the supplier to the hospital's internal processes.

Keywords: Production Engineering, Service 4.0, Hospital products, Blockchain.

1. INTRODUÇÃO

Em 2017 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Centrais de Materiais e Esterilização (CME) estabeleceram que a movimentação dos medicamentos deve ser acompanhada desde a fabricação até o consumo pela população, de modo que se possa “traçar o histórico, a custódia atual ou a última destinação conhecida de medicamentos” e que “Cada membro da cadeia de movimentação de medicamentos deverá registrar e comunicar eletronicamente os dados correspondentes às instâncias de eventos ocorridas com o medicamento sob sua custódia” (ANVISA, 2017).

Para tanto, esta pesquisa visa auxiliar a rastreabilidade de produtos hospitalares utilizando do Blockchain para garantir a integridade e segurança da base de dados, tendo esta sua origem em 2008 com o Bitcoin. Atualmente o Blockchain possui diversas aplicações como armazenamento, contratos inteligentes, pagamentos e rastreamento da cadeia de suprimentos (DATA SCIENCE ACADEMY, 2020).

A expectativa é que a rastreabilidade possibilite redução de roubos dos medicamentos, melhor gestão de custos de saúde, além de otimizar as ações sanitárias pois as instituições hospitalares precisam, constantemente, do cuidado com equipamentos com alta qualidade e confiabilidade.

Com a segurança e integridade que o Blockchain fornece aos dados, precisa-se agora garantir que a entrada dos dados esteja correta, e para isso está em estudo o desenvolvimento de rastreamento de produtos médicos hospitalares utilizando o sistema QR code pois as instituições hospitalares precisam, constantemente, do cuidado com equipamentos com alta qualidade e confiabilidade.

Segundo a ANVISA (2013) a expectativa é que a rastreabilidade possibilite maior segurança do paciente, redução de roubos dos medicamentos, melhor gestão de custos de saúde, além de otimizar as ações sanitárias.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Garantia da rastreabilidade na cadeia de Serviços

A rastreabilidade tem como objetivo registrar todas as etapas verificadas durante a passagem do produto pela cadeia de serviços bem como fornecer todas as informações em tempo real desde o fornecimento de matéria prima até o cliente final. (JANK, 2000).

Como perfeitamente definido pela ISO 9000:2015 (3.6.13) a rastreabilidade é a “aptidão para seguir a história, aplicação ou localização de um objeto”. Acrescenta, ainda, que a rastreabilidade pode relacionar-se com:

- a) A origem dos materiais e componentes;
- b) O histórico do processamento;
- c) A distribuição e localização do produto ou dos serviços após a entrega.

2.2 Rastreabilidade de Produtos de Saúde

A definição de rastreabilidade para produtos de saúde é a capacidade de traçar o histórico do processamento e da utilização do mesmo por meio de informações previamente registradas. Assim, temos que o ponto principal para garantir um bom nível de rastreabilidade de materiais cirúrgicos são a confiabilidade e a suficiência das informações que são adquiridas e processadas numa CME (BRASIL, 2012).

2.3 Serviço 4.0

Os pilares tecnológicos da indústria 4.0 segundo Rubmann et al. (2015) são:

- Internet das Coisas: as máquinas estão todas conectadas por sensores e dispositivos numa rede de computadores possibilitando a centralização do controle e da produção; - Segurança cibernética: meios de comunicação cada vez mais confiáveis e sofisticados;
- Nuvem: banco de dados criado pelo usuário, capaz de ser acessado de qualquer lugar do mundo, por meio de dispositivos conectados à internet;
- Big Data e Analytics: pela análise de grande volume de dados com grande velocidade previamente gravados vai permitir identificar falhas nos processos da empresa, ajudar a otimizar a qualidade da produção, economizar energia e tornar mais eficiente a utilização de recursos na produção. Serão a base para a tomada de decisão em tempo real.

Lee, Kao e Yang (2014), por exemplo, demonstraram que a interação de diversos sistemas no desenvolvimento dos Serviços 4.0 permite aos fornecedores aprimorarem suas plataformas digitais, indicando uma crescente valorização em relação à inovação, à qualidade, variedade e velocidade de entrega de produtos e serviços. Neste trabalho, aplicando-os a serviços na área de saúde, chamaremos de Serviço 4.0.

2.4 Tecnologia Blockchain

Blockchain é uma tecnologia desenvolvida em 2008 para permitir o funcionamento correto da *Bitcoin*, uma rede na qual permite os usuários possuir e transferir moedas digitais conhecidas como criptomoedas (DATA SCIENCE ACADEMY, 2020). Como perfeitamente descrito pelo criador da moeda digital mais famosa a *Bitcoin*, Satoshi Nakamoto (2008), as transações são agrupadas em blocos que são escritos de forma sequencial, na qual cada bloco referencia seu antecessor através do *hash*, sendo impossível alterar um bloco sem alterar tornar a rede inteira inválida. Para tentar invadir a *Blockchain*, estima-se que seriam necessários dois supercomputadores para conseguir quebrar a criptografia do bloco desejado e todos os seus sucessores mais rápidos do que a criação de um novo bloco.

Sobre as vantagens do uso da rede de *blockchain*, podemos destacar:

- a) Transparências nas transações;
- b) Audibilidade;



- c) Possibilidade de criação de acordos sem a necessidade de terceiros;
- d) Rede anônima;
- e) Banco de dados confiável.

2.5 Características principais do *Blockchain*

Como perfeitamente descrito por Ferreira (2017), os blocos são ordenados em cadeia cronológica e ordenada, sendo os blocos interligados pela *hash*, um código que liga um bloco ao seu antecessor, fazendo que para alterar um bloco seja necessário alterar toda a cadeia de blocos, se tornando inviável a tentativa de fraudes nesses sistemas, para que um bloco seja alterado é necessário que 51% da rede computacional aprove a mudança.

Existem ainda conceitos importantes na rede *blockchain*, e são eles:

- *Miners*: Os *miners* são computadores ligados a internet com alta capacidade de processamento para que execute os cálculos necessários para verificar cada transação. Eles votam na legitimidade de cada transação e verificando possíveis fraudes (FERREIRA, 2017)
- *Proof-to-work: Proof of Work* é um sistema que garante segurança e consenso em toda a rede *blockchain* (Bastiani, 2019) Seu objetivo é realizar um desafio matemático extremamente difícil de ser resolvido, porém extremamente fácil de ser verificado. Por isso seu nome *Proof of Work* ou Prova de Trabalho, o minerador resolve o desafio matemático e compartilha com a rede, este por sua vez consegue verificar se sua resposta está certa de forma rápida e assim garantir que o minerador realizou o seu “trabalho”
- *Hashes*: É a peça-chave da tecnologia *Blockchain*, e tem como principal funcionalidade codificar os dados obtidos para garantir a autenticidade dos dados, armazenagem dos dados e assinatura de documentos eletrônicos. Sua criptografia é baseada no algoritmo SHA-256. (Schröder,2019)
- *Nonce*: Um código aleatório criado para garantir uma melhor segurança na rede.

2.6 QR Code/ Código de Barras

A denominação QR Code recebe sua designação do inglês, cujo significado é “resposta rápida”, sendo um código que pode ser escaneado pela maioria dos aparelhos celulares que contém uma câmera, um software adequado e internet para a leitura do mesmo. O principal objetivo do uso desta ferramenta está na praticidade em transmitir informações codificadas em alta velocidade, mesmo com imagens de baixa resolução (OKADA; SOUZA, 2011).

Segundo Gabriel (2010), para ser possível digitalizar um QR Code é necessário que o dispositivo móvel possua, além de câmera fotográfica, um leitor de *mobile tagging* apropriado para o sistema operacional do aparelho.

2.7 Ethereum

O sistema Bitcoin possui a limitação a transações com criptomoedas, pois ele foi desenvolvido para funcionar como uma moeda digital. No entanto em 2013, com o surgimento do Ethereum foi introduzido o conceito de contratos inteligentes, onde pode ser aplicado qualquer código que atenda as perguntas “Se acontecer isso, faça aquilo”. (AVRAMENKO,2017)

Cada transação executada na rede *Ethereum* exige um pagamento conhecido como gás, sendo este o limitante do numero de computações executados daquele bloco, funcionando com um sistema “*pay per use*” (Pago por uso).

O *Ethereum* funciona com o uso de contratos inteligentes, tornando seu uso muito mais abrangente do que seu concorrente *Bitcoin*. Sua moeda principal é o *Ether* e ele também utiliza o sistema *Blockchain* para validação e segurança dos dados. (INFOMONEY, 2021).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia empregada nesta pesquisa científica de caráter exploratório será desenvolvida, a partir de testes experimentais e referências bibliográficas. Esta pesquisa possui um caráter qualitativo principalmente pela essência da ferramenta principal de trabalho, o *Blockchain*. Serão utilizadas revisões de bibliografias básicas do Lean Service e dos pilares da Indústria 4.0, com o intuito de realizar a intersecção entre os pontos de melhoria detectados no ambiente de estudo e as possíveis aplicações das Tecnologias da Indústria 4.0, como forma de inovação no processo de rastreabilidade na cadeia de serviços. Uma estratégia de aprendizagem eficaz consiste no desenvolvimento de projetos em grupo. Os projetos devem ser suficientemente abertos para permitirem abordagens diferentes e ao mesmo tempo restritos o suficiente para permitir que diferentes abordagens sejam comparadas. (PAPERT, 2008). Para tal será desenvolvido um protótipo de Arquitetura Computacional baseado em um novo modelo de Processo para garantia da rastreabilidade eletrônica da Procedência de um produto, através do registro das transações da cadeia produtiva utilizando-se a tecnologia Blockchain. Para captura de dados em tempo real, a proposta conta com o sistema de QR code gravado nos materiais conforme figura 2 etapas do processo, sincronizando o fluxo de produtos e o fluxo de informações. Para validar a proposta de projeto de processo de rastreabilidade na cadeia dos serviços iremos elaborar um estudo de viabilidade técnica, econômica e socioambiental. Será usado no desenvolvimento do projeto a infraestrutura do Centro Universitário SENAC, com os laboratórios de Eletrônica e Microprocessamento, Processos de Produção e Laboratório de Controle e Automação.

4. RESULTADOS

Utilizando do conceito de contrato inteligente, foi construído um pequeno programa para simular o rastreamento de produtos médicos, na figura 1, é possível ver a iniciação do ambiente de teste, utilizando a ferramenta *truffle*, para esta simulação foi utilizado a versão 5.2.6.



Para iniciar o teste, criamos um ambiente de desenvolvimento pelo *truffle*, onde a própria ferramenta cria algumas máquinas virtuais para simular seu contrato inteligente.

Figura 1 – Iniciação do ambiente de Teste.

```
(base) joao@joao-Lenovo-G470:~/Área de Trabalho/Blockchain.05A/Cap10/dev/SupplyChainApp$ sudo truffle develop
[sudo] senha para joao:
Truffle Develop started at http://127.0.0.1:9545/

accounts:
(0) 0xdb73caee7cc00e977cf52066be16486aee88d000
(1) 0x3fecfc67a54aaeb4564589e557c273bf7010221
(2) 0x0f90be000dffa3e7481ceb31d825c70148a579d5f
(3) 0xefc89ec4ddaf376c888b653b8fcd0d155c0ad2f9
(4) 0x439533f0c58c004b4883b639c6926774b5d2d301
(5) 0x5b3e073dc22e7631825dcfeed47b5286f1baceb0
(6) 0xac5f0cac9615cd2eb4feb239b07a45c0fe0f11b1
(7) 0x774834ff6d7ee133e3fd7e6cab255d9634e670c1
(8) 0x291b05b2fb4d0efad13dafa1705b583079a281a3
(9) 0x84ff6bc4cd37e3884c5bab1854bc073f49374156

Private Keys:
(0) 76c8337e64e43b41e611d97bffc5271500f5ca263bf826ffcba7aa6ce23f4944
(1) c346784d547446d2464454023bc10f1667dd084c05958fc25a0e02ec2803bd81
(2) 809616621c43093606e9a3145e67b5b98b031437285b377d9240f522d58491f3
(3) b9d0244ed0e838e827d4b91d2e5b81ebfd4d8b5cfd1c209615aa37112eae662
(4) 8a707ad6cd0082cb77e887157b706c945fa80890992c720556d3ad4d09906aee
(5) ed716de3368d0cda0ea977be189043de628413fc56107e691ac136cfb59dc1de
(6) 1c000bec1737e40b2c2dc69f575d21b0099a4d869b5a0e11273003f707e4bab6
(7) 2d7e8dcac56358f7cfbd2900f43b341de5b8ef87778b1975096a4bate05c8a7
(8) 5a0aacc7748ea5ac58b904b963a020c0818be07cc221f65d556ad058074955fa
(9) 1686a9f0b3e2d2028ad029bcea2bd01481ade1dcf2b3a7bd8c567d0c3a04944

Mnemonic: harsh truly robust real flee buzz license flavor such slender portlon decorate
⚠ Important ⚠ : This mnemonic was created for you by Truffle. It is not secure.
Ensure you do not use it on production blockchains, or else you risk losing funds.

truffle(develop)>
```

Fonte: Autores, 2022.

Com o ambiente pronto para uso, foi utilizado a função *migrate*, função essa que serve para compilar o contrato, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2 – Compilando o contrato.

```
> transaction hash: 0xd8294c9592c879c27bde2eb02e3ba5d27d83d740537851436d6d50a69ed7d976
> Blocks: 0 Seconds: 0
> contract address: 0x936d296320216700A0E5d609a57839e2F8095636
> block number: 3
> block timestamp: 1621640002
> account: 0xdb73CaeE7cc00E977cf52066be16486aEe88d000
> balance: 99.98639914
> gas used: 445762 (0x6cd42)
> gas price: 20 gwel
> value sent: 0 ETH
> total cost: 0.00891524 ETH

> Saving migration to chain.
> Saving artifacts
-----
> Total cost: 0.00891524 ETH

Summary
-----
- Total deployments: 2
- Final cost: 0.0127541 ETH

Blocks: 0 Seconds: 0
Saving migration to chain.
Blocks: 0 Seconds: 0
Saving migration to chain.

truffle(develop)>
```

Fonte: Autores, 2022.

Com o contrato compilado e pronto para uso, o primeiro passo foi criar a variável que vamos utilizar para simular o produto, nesse caso foi utilizado o termo "teste" para facilitar o entendimento, conforme figura 3.

Figura 5 – Aplicação do QR-Code nos instrumentos cirúrgicos.



Fonte: Autores, 2022.

5. CONCLUSÃO

Podemos observar que a aplicação das ferramentas proposta para rastreamentos de produtos médicos hospitalares pode reduzir falhas de má administração de medicação e aumentar o tempo de resposta do hospital para suprir a demanda. Como determina a legislação, é possível construir todo o histórico de cada medicamento trazendo vários benefícios como rastreamento rápidos dos instrumentos, redução de perdas, produção de relatórios, antecipação de problemas e danos, entre outros.

6. Agradecimentos

À instituição Centro Universitário SENAC pela realização deste projeto de pesquisa na área de serviço 4.0.

Referências

Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N°16, de 28 de março de 2013 - Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Circuits

DATA SCIENCE ACADEMY, **O Que é a Tecnologia Blockchain**. 2019. Disponível em: <https://blog.dsacademy.com.br/o-que-e-a-tecnologia-blockchain/>Acesso em: 28 de maio de 2021

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 9000:2015: Sistemas de Gestão da Qualidade**, 2015.

AVRAMENKO, Alexey. **Ethereum and smart contracts basics**. 2017. Disponível em: <https://medium.com/@olxc/ethereum-and-smart-contracts-basics-e5c84838b19>. Acesso em: 5 de julho de 2019.

BASTIANI Amanda, **O que é e como funciona o Proof-to-work. Cripto Facil**, 2019. Disponível em: <https://www.criptofacil.com/o-que-e-e-como-funciona-o-proof-of-work/#:~:text=O%20Proof%20of%20Work%20garante,que%20ele%20quiser%20na%20blockchain>. Acesso em: 18 de outubro de 2020

CONCEIÇÃO, A. F da, ROCHA, V. M e PAULA, R. F. **Blockchain e Aplicações em Saúde**, SBC OpenLib

(SOL), 2017.

FERREIRA Juliandson, **Estudo de mapeamento sistemático sobre as tendências e desafios do blockchain**. 2017

GABRIEL M. **Marketing na era digital**. São Paulo: Novatec, 2010. 424 p.

GAZETA DO POVO, **Os 5 principais gastos da saúde em tempos de contingenciamento**, 2019, Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/republica/principais-gastos-saude-contingenciamento/>. Acesso em: 18 de maio de 2021

JANK, M. S.; NASSAR, A. M. **Competitividade e globalização. In: Economia e gestão dos negócios agroalimentares: Indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuições**, 2000

Lean para Leigos 2016 Natalie Saye e Bruce Williams

Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. **Procedia Cierp**, 16, 3-8

NAKAMOTO, S. **Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system**. 2008.

OKADA SI, SOUZA EMS. Estratégias de marketing digital na era da busca. **Revista Brasileira de Marketing**, 2011; 10(1):46-72

PADOVANI, G.; Hospital Inteligente: Tecnologias muito além da TI. **Revista FH**, Issue 200, pp. 84-86. 2012. Disponível em: <http://saudebusiness.com/noticias/hospital-inteligentetecnologias-muito-alem-da-ti/>, Acesso em: 19/05/2021

PEREIRA Patricia; SELINGARDI Roberta. Proposta de redução de estoque excedente de um complexo hospitalar de alta complexidade. **Rev. ADM. Saúde** – Vol. 18, Nº 70, jan. – mar. 2018

Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº16, de 28 de março de 2013 - Aprova o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação de Produtos Médicos e Produtos para Diagnóstico de Uso In Vitro e dá outras providências - Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.

RUBMANN, M. et al. **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group, p.1-14, 2015.

SARAMAGO, M. A. P.; **Integração de dispositivos inteligentes utilizando conceitos de domótica direcionados a automação hospitalar**. 224 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Mecânica, Unicamp, Campinas, 2002.

SCHRÖDER Bruna, **Rastreamento de medicamentos com identificação por radiofrequência e armazenamento em blockchain**. 2019

TESSARINI, Geraldo e SALTORATO, Patrícia. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 743-769,



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

6

O EMPREGO DA TEORIA DAS FILAS NO ESTUDO DE VIABILIDADE DE REDIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ATENDIMENTO: UM ESTUDO DE CASO

THE EMPLOYMENT OF QUEUEING THEORY IN THE FEASIBILITY STUDY OF SIZING AN ATTENTION SYSTEM: A CASE STUDY

Gabriel dos Santos Maciel
Marcos Gabriel Vieira de Vilhena



[10.29327/5170404.1-6](https://doi.org/10.29327/5170404.1-6)

1. INTRODUÇÃO

Segundo Fogliatti e Mattos (2007 apud OLIVEIRA et al., 2017) um sistema com fila consiste na chegada de usuários que necessitam de um determinado serviço, que esperam em uma fila – que se forma quando a taxa de atendimento é menor que a taxa de chegada de usuários – e que, após o serviço ser prestado, saem do sistema.

Dentro dessa dinâmica, Moreira (2010) afirma que a fila não se forma apenas por um problema de capacidade de atendimento, mas também devido à variabilidade tanto no intervalo entre chegadas de clientes quanto no tempo de atendimento dos clientes.

Dessa forma, é possível definirmos a Teoria das Filas, uma ferramenta formada por modelos matemáticos, que é capaz de apresentar o comportamento de uma fila e traduzir essas informações de forma quantitativa para posterior análise. As análises podem ser feitas em cima de indicadores de desempenho que expõem de forma discreta as características operacionais de uma fila e servem para tomada de decisões de redimensionamento ou não de um sistema de atendimento.

Aproveitando a Teoria das Filas, o trabalho em questão realizará um estudo sobre o comportamento das filas e do atendimento de clientes num supermercado de médio porte, na cidade de Abaetetuba, no estado do Pará, no qual o dono do estabelecimento pretende realizar um redimensionamento dos postos de atendimento, passando de 1 caixa de atendimento para 2 caixas de atendimento no horário de pico.

Sendo assim, o objetivo geral é analisar a necessidade ou não do redimensionamento, utilizando ferramentas de Teoria das Filas para concluir se o comportamento da fila e do atendimento no caixa de atendimento, em horário de pico, é suficiente para se instalar um caixa de atendimento extra ou se haverá superdimensionamento em caso da instalação do novo caixa. De forma específica, pretende-se:

Verificar a dinâmica de funcionamento do sistema utilizando cronometragens;

Identificar o comportamento de chegada dos clientes na fila e do atendimento;

Analisar os indicadores de desempenho da fila para tomada de decisão e propor alternativas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A pesquisa operacional

Uma definição de pesquisa operacional foi proposta na primeira página do periódico inglês *Operational Research Quarterly*, em 1967, que, de forma resumida, consiste no desenvolvimento de métodos científicos com a finalidade de prever e comparar estratégias ou decisões alternativas (ARENALES, 2007).

Belfiore e Fávero (2013) corroboram essa visão e complementam ao dizer que a Pesquisa Operacional, além de consistir na utilização de um método científico – modelos matemáticos, estatísticos e algoritmos computacionais –, atua em um ramo multidisciplinar, englobando várias áreas da engenharia de produção.

No Brasil, a Pesquisa Operacional já tem raízes bem profundas. De acordo com Are-



nales (2007) a Pesquisa Operacional, no Brasil, surgiu, basicamente, na década de 1960, com um primeiro simpósio de Pesquisa Operacional sendo realizado em 1968 no ITA, em São José dos Campos. Em seguida foi fundada a SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional).

2.2 Teoria das filas

Um sistema com fila é composto por usuários, por canais ou postos de serviço/atendimento e por um espaço designado para espera (MENDONÇA, 2014). Sua característica principal é a presença de clientes solicitando serviços de alguma forma, em que a espera desse serviço gera a iniciação de uma fila (HILLIER, 2006).

Prado (2004) diz que a abordagem matemática de filas se iniciou ainda no século XX, em 1908, em Copenhague, Dinamarca, com A. K. Erlang, quando este trabalhava em uma companhia telefônica e estudava o problema de redimensionamento de centrais telefônicas.

Com o passar das décadas a aplicação da Teoria das Filas se tornou cada vez mais fundamental nas organizações, sobretudo devido à competitividade cada vez maior entre as empresas. Dessa forma, a simulação de estratégias de melhorias em filas, passou a ter uma importância cada vez maior e isso foi facilitado com o surgimento do processamento computacional em meados da década de 50.

Com o objetivo de compreender as filas e existindo a possibilidade de oferecer-se soluções e alternativas para problemas envolvendo as filas, pode-se dizer que:

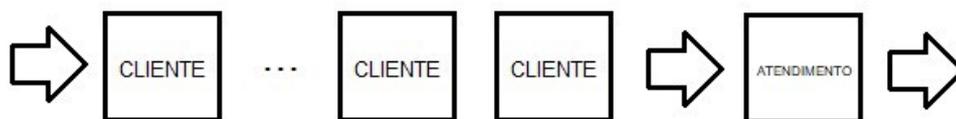
A teoria das filas auxilia no projeto e na operação dos sistemas para encontrar um balanceamento adequado entre os custos de oferecer serviços no sistema (por exemplo, custos operacionais, custos de capacidade) e os custos dos atrasos sofridos pelos usuários do sistema (ARENALES, 2007, p.433).

Dessa forma, a Teoria das Filas surge como um modelo matemático que se utiliza de métodos estatísticos e probabilísticos a fim de se encontrar um resultado ótimo e viável para otimização de um sistema e para a tomada de decisão.

- O sistema de filas
- O sistema de filas pode possuir algumas características diferentes, dependendo da dinâmica do sistema. Arenales (2007) classifica os sistemas de filas em 4 tipos:
- Fila única e um servidor;
- Fila única e múltiplos servidores em paralelo;
- Múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo;
- Fila única e múltiplos servidores em série.

No caso estudado há a utilização da característica de fila única e um servidor, ou seja, há apenas um caixa de atendimento para os clientes que chegam na fila e as chegadas se processam segundo uma distribuição de Poisson com média λ chegadas/tempo, com atendimento sendo feito por ordem de chegada. Dessa forma o sistema pode ser caracterizado como $M/M/1 \infty$ FIFO.

Figura 1 – Representação do modelo estudado



Fonte: Os Autores (2022)

3. ELEMENTOS DAS FILAS

Torres (1966) define que o processo de fila é caracterizado por 3 elementos básicos:

- Regime de chegada;
- Regime de serviço;
- Disciplina da fila.

Através desses elementos é possível encontrar parâmetros que vão caracterizar o comportamento da fila. O regime de chegada, inclui elementos como taxa de chegada e número médio de clientes na fila, bem como a especificação da população de clientes, se é finita ou infinita. Já o regime de serviço, inclui os elementos que refletem o comportamento do sistema em relação a fila, como por exemplo: taxa de atendimento e utilização do sistema. A disciplina da fila é o conjunto de regras que determina a ordem que os clientes são atendidos. A maioria das disciplinas comuns que podem ser observadas na vida diária utilizam o FIFO (First In First Out), mas existem outras disciplinas, tais como, LIFO (Last In First Out), ou seja, último a chegar primeiro a ser atendido (ANDRADE, 2011 apud OLIVEIRA et al, 2017).

Características operacionais da fila

As características operacionais da fila são números ou indicadores de desempenho, calculados com o auxílio do modelo adotado e que mostram como a fila está se comportando (MOREIRA, 2010).

Moreira (2010) define 8 indicadores de desempenho para uma fila:

- Utilização do sistema ($\rho = \lambda/\mu$)
- Probabilidade de que o sistema esteja ocioso ($P(0) = 1 - \rho = 1 - \lambda/\mu$)
- Probabilidade de que haja n clientes esperando ou sendo atendidos no sistema, dada por ($P(n) = (\lambda/\mu)^n P(0)$)
- Probabilidade de que a fila não tenha mais que k clientes, dada por ($P(n = k) = 1 - (\lambda/\mu)^{k+1}$)
- Número médio de clientes na fila, dado por ($L_f = \lambda^2 / \mu(\mu - \lambda)$)
- Número médio de clientes no sistema, dado por ($L = L_f + \lambda/\mu$)
- Tempo médio de que o cliente espera na fila, dado por ($W_f = L_f / \lambda$)
- Tempo médio que o cliente espera no sistema, dado por ($W = L / \lambda$)

4. METODOLOGIA

Inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica acerca do tema Teoria das Filas e Pesquisa Operacional, onde, segundo Gil (2008) a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos. Dessa forma, foi possível obter a teoria necessária para o desenvolvimento da pesquisa envolvendo Teoria das Filas.

O segundo momento da pesquisa consistiu na realização de um estudo de caso, realizado através de amostra, no local onde foi realizada a pesquisa. Segundo Eisenhardt (1989) e Yin (2009 apud Branski; Franco; Lima Jr, 2010) o estudo de caso caracteriza-se por ser um estudo detalhado e exaustivo de poucos, ou mesmo de um único objeto, fornecendo conhecimentos profundos. A etapa do estudo de caso foi realizada num dia de quarta-feira, no horário entre 9 horas e 10 horas da manhã, onde, segundo o dono do estabelecimento, são o dia e a faixa de horário, respectivamente, que chegam as maiores quantidades de clientes.

Após a coleta dos dados realizou-se, então, um levantamento quantitativo do sistema e a análise dos dados através da teoria das filas, bem como o cálculo dos indicadores de desempenho do sistema.

5. ESTUDO DE CASO

5.1 O local de pesquisa

Este trabalho foi realizado em um supermercado de médio porte, na cidade de Abaetetuba, no estado do Pará. O estabelecimento já atua na cidade a mais de 4 anos. O dono do estabelecimento preferiu não compartilhar dados de contabilidade do negócio como, por exemplo, a receita mensal. O supermercado atende diariamente entre os horários de 07:30h às 13:00h e entre 15:00h e 22:00h, com exceção nos domingos, cujo horário de funcionamento vai de 15:00h até às 21:00h.

O supermercado possui apenas um caixa que, segundo o proprietário, consegue atender de forma satisfatória os clientes na maioria dos horários, mas que, no horário de pico, nos dias de quarta-feira, há uma possível lentidão no atendimento e, por consequência, um aumento na fila e no tempo de espera por parte dos clientes. Dessa forma, o proprietário do estabelecimento, pretende instalar mais um caixa para atendimento, especificamente nas quartas, no horário de pico.

5.2 Levantamento dos dados

Durante uma quarta feira, no horário de pico delimitado pelo dono do estabelecimento – entre 9:00h e 10:00h - foi realizada a observação da dinâmica de formação da fila no caixa de atendimento e como o atendimento se comporta mediante os clientes que vão chegando, sendo cronometrados tempo de atendimento e tempo de espera de cada cliente, além da quantidade de clientes que chegam na fila, por minuto.

6. RESULTADOS

Primeiramente foi feita a contagem, minuto a minuto, de quantos clientes chegavam por unidade de tempo, ou seja, quantos clientes chegavam na fila no intervalo de cada minuto decorrido. Foram feitas 60 medições, equivalentes a 1 hora. Na tabela 1 está a frequência do número de clientes que chegaram em cada minuto. Por exemplo, em 23 medições de intervalos de 1 minuto chegaram 0 clientes e assim sucessivamente.

Tabela 1 – Relação da frequência com que chegaram 0, 1, 2 e 3 clientes nos intervalos de 1 minuto

Número de clientes	Frequência
0	23
1	22
2	7
3	8
Total	60

Fonte: Os Autores (2022)

Durante o intervalo de observação – 1 hora – também foram cronometrados os tempos de atendimento de cada um dos clientes que foram atendidos dentro do período de 1 hora. Os tempos foram cronometrados em segundos, mas, na tabela 2 já estão convertidos para minutos, para facilitar a análise.

Tabela 2 – Tempos de atendimento dos clientes, no intervalo de 1 hora

Cliente	Tempo de Atendimento (Minutos)	Cliente	Tempo de Atendimento (Minutos)	Cliente	Tempo de Atendimento (Minutos)
Cliente 1	1,05	Cliente 12	1,79	Cliente 23	1,97
Cliente 2	3,65	Cliente 13	2,01	Cliente 24	1,06
Cliente 3	2,18	Cliente 14	1,03	Cliente 25	2,17
Cliente 4	1,38	Cliente 15	1,08	Cliente 26	1,86
Cliente 5	2,13	Cliente 16	1,88	Cliente 27	1,84
Cliente 6	3,82	Cliente 17	1,70	Cliente 28	2,96
Cliente 7	1,12	Cliente 18	2,22	Cliente 29	1,21
Cliente 8	3,52	Cliente 19	1,89	Cliente 30	2,31
Cliente 9	1,21	Cliente 20	0,92	Cliente 31	1,10
Cliente 10	1,73	Cliente 21	0,48	Cliente 32	1,47
Cliente 11	2,23	Cliente 22	2,21	Cliente 33	1,71

Fonte: Os Autores (2022)

Sabendo-se o número de chegadas por minuto e o tempo de atendimento de cada cliente no intervalo de tempo de 1 hora analisado, é possível encontrar os parâmetros de taxa de chegada (λ), o intervalo entre chegadas (IC), o tempo médio de atendimento (μ) e a taxa de atendimento. A taxa de chegada (λ) é definida pela média do número de chegadas em 60 minutos. Como foram 60 chegadas em 60 minutos, a taxa de chegada é igual a 1:

$$\lambda = \frac{60}{60} = 1 \text{ chegada/minuto}$$

O intervalo entre chegadas (IC), em minutos, é dado por:

$$IC = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1} = 1 \text{ minuto}$$

Portanto, o intervalo entre a chegada de dois clientes é, em média, 1 minuto. O tempo médio de atendimento (μ) nada mais é do que a média dos valores dos tempos de atendimento, dos 33 clientes da Tabela 2. Após a realização do cálculo da média, o valor encontrado para o tempo médio de atendimento (μ) foi de 1,85 minutos. E, por fim, a taxa de atendimento é igual a $1/\mu$, dessa forma: Taxa de Atendimento $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{1,85} = 0,54$ clientes/minuto ou 1 cliente/1,85 minuto

Assim, temos os parâmetros iniciais que vão ser úteis no momento de calcular os parâmetros de desempenho. Partiu-se, então, para o cálculo dos indicadores de desempenho do sistema. Os indicadores e suas equações são dados na Tabela 3.

Tabela 3 – Equações para o cálculo dos indicadores de desempenho

Indicador de desempenho	Equação
Utilização do sistema (ρ)	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$
Probabilidade de o sistema estar ocioso P(0)	$P(0) = 1 - \rho$
Probabilidade de que haja n clientes esperando ou sendo atendidos	$P(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P(0)$
Probabilidade de na fila não haverem mais que k clientes	$P(k) = 1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}$
Número médio de clientes na fila	$L_f = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
Número médio de clientes no sistema	$L = L_f + \frac{\lambda}{\mu}$
Tempo médio que o cliente espera na fila	$W_f = \frac{L_f}{\lambda}$
Tempo médio que o cliente espera no sistema	$W = \frac{L}{\lambda}$

Fonte: Os Autores (2022)

A partir dos valores de taxa de chegada (λ), intervalo entre chegadas (IC), tempo médio de atendimento (μ) e taxa de atendimento, e se utilizando das equações da Tabela 3, calculou-se os valores dos indicadores de desempenho apresentados na Tabela 4. Vale destacar que, para o cálculo da probabilidade de que haja n clientes esperando ou sendo atendidos e da probabilidade de na fila não haverem mais que k clientes, foram simulados 4 cenários, probabilidades para 0, 1, 2 e 3 clientes.

Tabela 4 – Resultados dos cálculos dos indicadores de desempenho

Indicador de desempenho	Resultado
Utilização do sistema (ρ)	0,54 = 54%
Probabilidade de o sistema estar ocioso $P(0)$	0,46 = 46%
Probabilidade de que haja 0 clientes esperando ou sendo atendidos	$P(0) = 0,46$ ou 46%
Probabilidade de que haja 1 clientes esperando ou sendo atendidos	$P(1) = 0,2484$ ou 24,84%
Probabilidade de que haja 2 clientes esperando ou sendo atendidos	$P(2) = 0,1342$ ou 13,42%
Probabilidade de que haja 3 clientes esperando ou sendo atendidos	$P(3) = 0,0726$ ou 7,26%
Probabilidade de na fila não haverem mais que 0 clientes	$P(0) = 0,46$ ou 46%
Probabilidade de na fila não haverem mais que 1 clientes	$P(1) = 0,708$ ou 70,8%
Probabilidade de na fila não haverem mais que 2 clientes	$P(2) = 0,842$ ou 84,2%
Probabilidade de na fila não haverem mais que 3 clientes	$P(3) = 0,915$ ou 91,5%
Número médio de clientes na fila	$L_f = 0,26$
Número médio de clientes no sistema	$L = 0,52$
Tempo médio que o cliente espera na fila (em minutos)	$W_f = 0,44$
Tempo médio que o cliente espera no sistema (em minutos)	$W = 0,88$

Fonte: Os Autores (2022)

6.1 Análise dos indicadores de desempenho

A partir dos resultados obtidos nos indicadores de desempenho, é possível fazer algumas análises sobre o sistema observado. Primeiramente, a taxa de utilização do sistema, de 54%, pode ser considerada razoável. Para um sistema em que se deseja adicionar mais um posto de atendimento, a taxa de utilização do sistema não é grande o suficiente, de forma que exija um redimensionamento emergencial do sistema, além disso a probabilidade de o sistema estar ocioso é de 46%, ou seja, são elevadas as chances de um cliente chegar e ser logo atendido. Um outro indicador que corrobora a análise anterior é a probabilidade de que haja n clientes esperando ou sendo atendidos. Para 0 clientes, já se sabe que a probabilidade é a mesma de o sistema estar ocioso, ou seja, 46%. Já para 1, 2 e 3 clientes, as probabilidades são de 24,84%, 13,42% e 7,26%, respectivamente. Dessa forma, caso um cliente tenha que esperar na fila, a maior probabilidade é de que haja apenas 1 cliente à sua frente. Soma-se a isso o tempo médio de espera na fila, que é de 0,44 minuto, ou seja, um usuário vai esperar, no máximo, 26,4 segundos para ser atendido, na média. E, por fim, o tempo de espera no sistema é de 0,88 minuto, o que também pode ser considerado razoável, dado que se trata de um período de pico.

6.2 Análise dos resultados e discussões

Com a realização do estudo no sistema de fila do supermercado, foi possível ter uma visão mais ampla da situação e oferecer alternativas para o estabelecimento. Dado que a taxa de utilização do sistema não é elevada – 54% – e que, como visto anteriormente, os clientes acabam não esperando tanto para serem atendidos, não é necessário a instalação de um caixa de atendimento extra pois o caixa de atendimento atual já consegue suprir de forma satisfatória a necessidade de atendimento dos clientes que chegam na fila e num tempo aceitável.

Para um dia e horário de pico, o sistema se comporta de forma estável, possuindo uma porcentagem de ociosidade considerável, ou seja, há um desperdício na utilização do sistema, pois poderia ser bem mais utilizado sem comprometer o atendimento. Portanto, a análise para o estabelecimento gira em torno de se captar mais clientes, pois o sistema de atendimento consegue suprir mais demanda. Dessa forma, seria interessante que o supermercado investisse mais em atrair clientes, através do departamento comercial, em forma de ações de marketing como, por exemplo, promoções e benefícios para os usuários.

7. CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia utilizada e os resultados obtidos através do uso de Teoria das Filas, pode-se concluir que o sistema está bem dimensionado, com apenas 1 caixa de atendimento, mesmo nos dias e horários de pico mas com a ressalva de que a taxa de utilização desse caixa de atendimento poderia ser maior e sem comprometer o tempo de atendimento.

Sendo assim, é possível descartar a ideia de se instalar mais um caixa de atendimento, dado que, dessa forma, o sistema estaria superdimensionado e geraria mais custos para o estabelecimento.

Portanto, a Teoria das Filas mostrou-se como uma ferramenta muito útil, de forma a evitar possíveis custos desnecessários para o negócio em questão. Além disso, a capacidade da Teoria das Filas de gerar parâmetros de análise de desempenho, permite observar características mais implícitas do sistema de atendimento como, por exemplo, a ociosidade, de forma discreta, facilitando análises sobre o sistema, fazendo com que, dessa forma, haja um melhor planejamento do negócio não só na área do atendimento mas, também, na área comercial, por exemplo. Sendo assim, a Teoria das Filas se mostra como uma ferramenta multidisciplinar e com alto grau de importância nas decisões de uma organização.

Referências

- ANDRADE, E.L. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 4ª Ed, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, Rio de Janeiro, RJ, 2011.
- ARENALES, M. et al. **Pesquisa Operacional**. 1ª Ed, Elsevier, Rio de Janeiro, RJ, 2007.
- BELFIORE, P; FÁVERO, L. **Pesquisa Operacional Para Cursos de Engenharia**. 1ª Ed, Elsevier, Rio de Janeiro, RJ, 2013.
- BRANSKI, R.M; FRANCO, R.A.C; LIMA JR, O.F. **Metodologia de Estudo de Casos Aplicada à Logística**. In: XXIV ANPET Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, 2010, Salvador.
- EISENHARDT, K.M. **Building theories form case study research**. Academy of Management Review. New York, New York, v. 14 n. 4, 1989.
- FOGLIATTI, M; MATOS, N. **Teoria das Filas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.
- GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª Ed, Atlas, São Paulo, SP, 2008.
- HILLIER, F. S. **Introdução à pesquisa operacional**. Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman; tradução Ariovaldo Griesi; revisão técnica João Chang Junior. - São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- MENDONÇA, E. **Teoria de Filas Markovianas e Aplicações**. Campina Grande: UEPB, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.
- MOREIRA, D.A. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. 2ª Ed, Cengage Learning, São Paulo, SP, 2010.
- OLIVEIRA, F. Análise de teoria das filas em um serviço de pronto atendimento. Chapecó: UCEFF, 2017. **Anais da Engenharia de Produção** / ISSN 2594-4657, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 37 – 46. Unidade Central de Educação Faem Faculdade, Chapecó, 2017.
- PRADO, D. **Teoria das Filas e da Simulação**. 2ª Ed, INDGTecs, Nova Lima, MG, 2004.
- TORRES, O. F. Elementos da Teoria das Filas. **Revista Administração de Empresas**. São Paulo, v.6, n.20, setembro 1966.
- YIN, R.K. **Case study research, design and methods (applied social research methods)**. Thousand Oaks. California: Sage Publications, 2009.



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

7

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO
PROGRAMA 5S: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA DISTRIBUIDORA DE MEDICAMENTOS E
PRODUTOS HOSPITALARES EM SÃO LUÍS/MA**

*PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF THE 5S
PROGRAM: A CASE STUDY IN A DISTRIBUTOR OF MEDICINES
AND HOSPITAL PRODUCTS IN SÃO LUÍS/MA*

Aline Mirely Gonçalves Maia
José Ribamar Santos Moraes Filho



[10.29327/5170404.1-7](https://doi.org/10.29327/5170404.1-7)

Resumo

O cenário atual do mercado instiga as empresas a buscarem pela melhoria contínua com finalidade de manter-se à frente de seus concorrentes, buscando sempre estratégias competitivas para atingir a sua melhor *performance*, que pode ser alcançada através do uso de ferramentas e metodologias que corroborem com esse processo evolutivo, tal como o programa 5S, composto por conceitos de fácil compreensão e essenciais para a transformação organizacional atuando diretamente sobre a cultura da empresa. Em vista disso, este artigo tem como objetivo apresentar e propor a implantação da metodologia 5S em uma distribuidora de medicamentos e produtos hospitalares localizada em São Luís/MA, sendo a mesma desenvolvida em cima dos conceitos abordados no referencial teórico dessa pesquisa, como o uso da metodologia PDCA para fundamentar essa proposta, atrelado a visitas in loco para coleta de dados na empresa. Espera-se que com a implantação do programa, a empresa possa manter a certificação do Programa de Desenvolvimento de Fornecedores (PROCEM), assim como obter uma melhor utilização do espaço e seus recursos, engajamento dos colaboradores e construção de uma base sólida para promover a melhoria contínua.

Palavras-chave: 5S. Melhoria Contínua. PDCA. Auditoria.

Abstract

The current market scenario urges companies to seek continuous improvement with the use of continuous maintenance tools, always looking for competitive strategies to achieve the best performance, which can be achieved through the use of tools and methods that corroborate this evolutionary process, like the 5S program, composed of concepts that are easy to understand and essential for organizational transformation, working directly on the company's culture. In view of this, this article aims to present and propose the implementation of the 5S methodology in a distributor of medicines and hospital products located in São Luís/MA, being developed on top of the concepts identified in the theoretical framework of this research, such as the use the PDCA methodology to support this proposal, linked to on-site visits to collect data at the company. It is expected that with the implementation of the program, a company will be able to maintain the certification of the Supplier Development Program (PROCEM), as well as obtain a better use of space and its resources, employee engagement and building a continuous base to promote continuous improvement.

Keywords: 5S. Continuous Improvement. PDCA. Audit.

1. INTRODUÇÃO

A competição existente no cenário atual do mercado e o avanço frenético da tecnologia instiga as empresas a buscarem pela melhoria contínua com finalidade de manter-se à frente de seus concorrentes, reduzir dispêndios, garantir a qualidade em seus processos ou prestação de serviços, além de satisfazer clientes internos e externos. De modo sucinto, as organizações precisam trabalhar de forma enxuta e buscando sempre estratégias competitivas para atingir a melhor *performance*. Em contrapartida, torna-se essencial o uso de ferramentas e metodologias que corroborem com esse processo evolutivo, tal como a adoção do modelo Sistema Toyota de Produção, que se baseia em princípios fundamentais para o alcance desse objetivo atualmente, quanto os que se apresentavam em um cenário de pós-guerra no Japão.

A Produção Enxuta é o nome dado ao Sistema Toyota de Produção que se manifestou dentro das montadoras de veículos nipônicas no Japão, um país com proporção territorial limitada e bastante disputada, logo após a segunda guerra mundial com uma economia em crise, baixa demanda, alta concorrência mundial de indústrias automotivas, mão de obra supervalorizada, além das dificuldades de aderirem a produção em massa em suas fábricas.

Portanto, de acordo com um dos criadores desse sistema, o mesmo foi estabelecido devido a necessidade de aprimoramento do desempenho dessas empresas para então continuar competindo no mercado mundial, através da adoção de práticas, técnicas e uso de inúmeras ferramentas, tais como o *Just in Time*, *Kaizen*, *Kanban*, *Poka-yoke*, *Jidoka*, 5S e entre outras trabalhadas de forma integrada no cenário industrial, podendo também ser aplicadas em outros ambientes através de adaptações que atendam as condições únicas de cada departamento.

Diante disso, é grande o número de organizações que buscam aderir esses artifícios, tal como o programa 5S oriundo desse sistema, cujo objetivo na época era utilizar de forma inteligente os poucos recursos existentes no país através da participação de todos os colaboradores das fábricas desde níveis operacionais até os mais estratégicos, mostrando-se tão eficaz que é empregado até os dias atuais como principal método de gestão da qualidade e produtividade nessa região.

O 5S almeja estruturar e racionalizar o trabalho de forma sistemática por meio de conceitos de fácil compreensão em busca da mobilização de todos os colaboradores para criação de um ambiente de trabalho salubre e promover o aprendizado contínuo. Por isso, nota-se nesse meio uma maneira de dar o primeiro passo para uma transformação organizacional atuando diretamente sobre a cultura da empresa.

Apesar de ser vista como uma metodologia simples, a implantação do 5S não acontece de forma mágica e os ganhos desse programa não irão ocorrer de forma imediata, pois o ponto de maior dificuldade é propriamente a mudança de pensamento, de cultura e hábitos das pessoas que compõem a organização em todas as camadas hierárquicas. Porém, uma vez aderido, trabalhará não somente o jeito de agir dos colaboradores através dos sentidos de utilização (*Seiri*), ordenação (*Seiton*) e limpeza (*Seiso*), como também o ser trabalhando a autodisciplina (*Shitsuke*) e a saúde (*Seiketsu*).

Em vista disso, a justificativa do trabalho se dá devido a necessidade do objeto de estudo, uma distribuidora, possuir uma sistemática para a organização do ambiente de trabalho, sendo esse um dos requisitos do módulo de qualidade para manter a certificação

do Programa de Desenvolvimento de Fornecedores (PROCEM), cujo objetivo é otimizar o sistema de gestão de empresas locais.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo geral elaborar uma proposta para implantação da metodologia 5S em uma distribuidora de medicamentos e produtos hospitalares localizada em São Luís/MA, possuindo como objetivos específicos: planejar como ocorrerá o processo de implantação do 5S na empresa, elaborar um procedimento operacional para manutenção do programa e definir métricas para mensurar a efetividade mesmo, a fim de se obter uma melhor utilização do espaço e seus recursos, engajamento dos colaboradores e construção de uma base sólida para promover a melhoria contínua.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão da qualidade

A qualidade tem sido disseminada com frequência nas organizações tornando-se cada vez mais um diferencial fundamental para garantir a sobrevivência das mesmas no mercado, possui diversas abordagens e conceitos que variam de acordo com a realidade em que está inserida e segundo a ISO 9000 (*International Organization for Standardization*) (2000) está relacionada ao nível em que um conjunto de atributos específicos atendem requisitos predeterminados.

Para Falconi (2014) a qualidade pode ser conceituada como a capacidade de um produto ou serviço atender de forma minuciosa e pontual as exigências de seus respectivos consumidores, porém, assim como o seu conceito, a mesma tem evoluído de forma rápida e consistente deixando ser atrelada apenas as características físicas finais de um produto e passando a ser atribuída a toda organização contribuindo para que cada vez mais as empresas, independente do seu tamanho e segmentação, busquem por programas de gestão da qualidade, composto por técnicas, ferramentas e métodos que ajudem nessa disseminação.

Conforme Lobo (2010, p. 27), em sua obra a gestão da qualidade pode ser definida como “todas as atividades que visam trazer o nível de qualidade desejado”, ou seja, um conjunto de ações interligadas voltadas para o planejamento, organização e controle dos processos para que os mesmos alcancem a sua melhor *performance* e assim possam oferecer produtos e serviços que proporcionam valor ao cliente.

O nível estratégico é responsável por essa gestão, bem como difundir e permitir a participação de todos os níveis hierárquicos nesse gerenciamento, pois quando bem implementada altera os pensamentos, ações e a produção no mundo corporativo, tornando-se uma forte aliada da direção na tomada de decisão, cooperando para que seus feitos sejam refletidos na forma como acontece os processos estabelecidos pela organização, no aumento da satisfação dos seus clientes externos e aumento do desempenho dos seus colaboradores internos (OLIVEIRA, 2015).

Com isso, a ação mais pertinente para implantação de um programa de gestão da qualidade é a introdução do programa 5S no seu contexto organizacional, que através das mudanças de hábitos dos colaboradores promovem a organização, ordenação e limpeza favorecendo a manutenção de um ambiente de trabalho agradável e propício para receber outras melhorias, assim como alavancar a qualidade nos processos desenvolvidos. Nesse sentido, o próximo tópico abordará com mais detalhes o Programa 5S (CARPINETTI, 2016).



2.2 Programa 5S

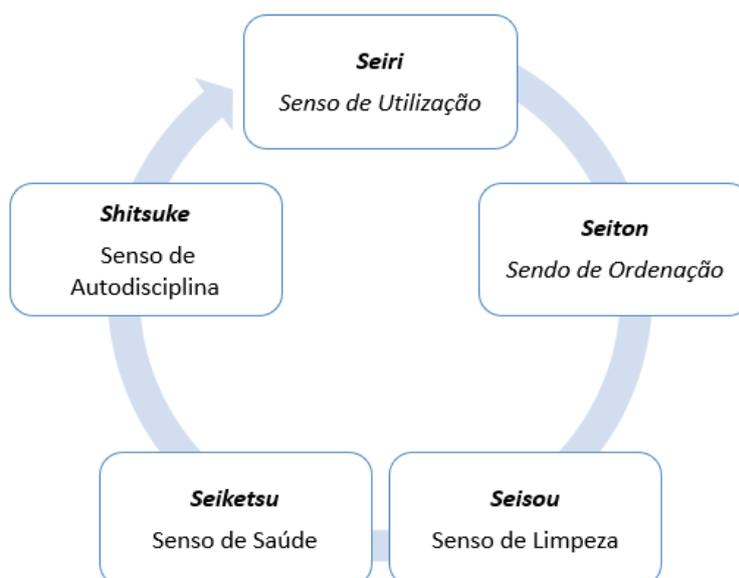
Após a segunda guerra mundial, o cenário encontrado no Japão era de crise, as indústrias nipônicas necessitavam de medidas emergenciais que reerguessem sua produção, de modo que pudessem voltar a concorrer no mercado internacional. Isso corroborou para que várias metodologias e ferramentas fossem desenvolvidas nessa época e semeadas pelo mundo com o intuito de aumentar a produtividade, oferecer produtos com preços acessíveis e qualidade (LOBO, 2010).

Dentre elas, surgiu o 5S, que de acordo com Ribeiro (2006) existem muitas discussões sobre quem foi o precursor dessa metodologia, porém, diversos autores citam o engenheiro japonês Kaoru Ishikawa, um dos gurus da qualidade, como o responsável pela elaboração desse programa em 1950, sendo trazida para o Brasil 41 anos depois da sua criação por meio da Fundação Christiano Ottoni.

Essa metodologia pode ser utilizada dentro e fora das organizações, através do trabalho em equipe, promovendo a mudança de hábitos das pessoas em prol de aumentar a produtividade, proporcionar um ambiente harmônico, otimizar o tempo, racionalizar processos, além de servir como base para a introdução de uma gestão da qualidade e outros programas gerenciais, pois age tanto no ambiente físico, quanto no social (LOBO, 2010).

O termo "5S" é oriundo de 5 palavras que em japonês começam com a letra "S", sendo elas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que ao serem traduzidas para o português resultaram em palavras diversificadas, tais como: utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina. Logo, a melhor forma encontrada para manter a essência original dos ideogramas, foi a inclusão do termo "senso de" antes de cada palavra, que conforme Lobo (2010, p.79) menciona significa "exercitar a capacidade de apreciar, julgar e entender" e o resultado dessa junção pode ser observada na figura 1:

Figura 1 – Os 5 sentidos do programa 5S



Fonte: Autora (2020)

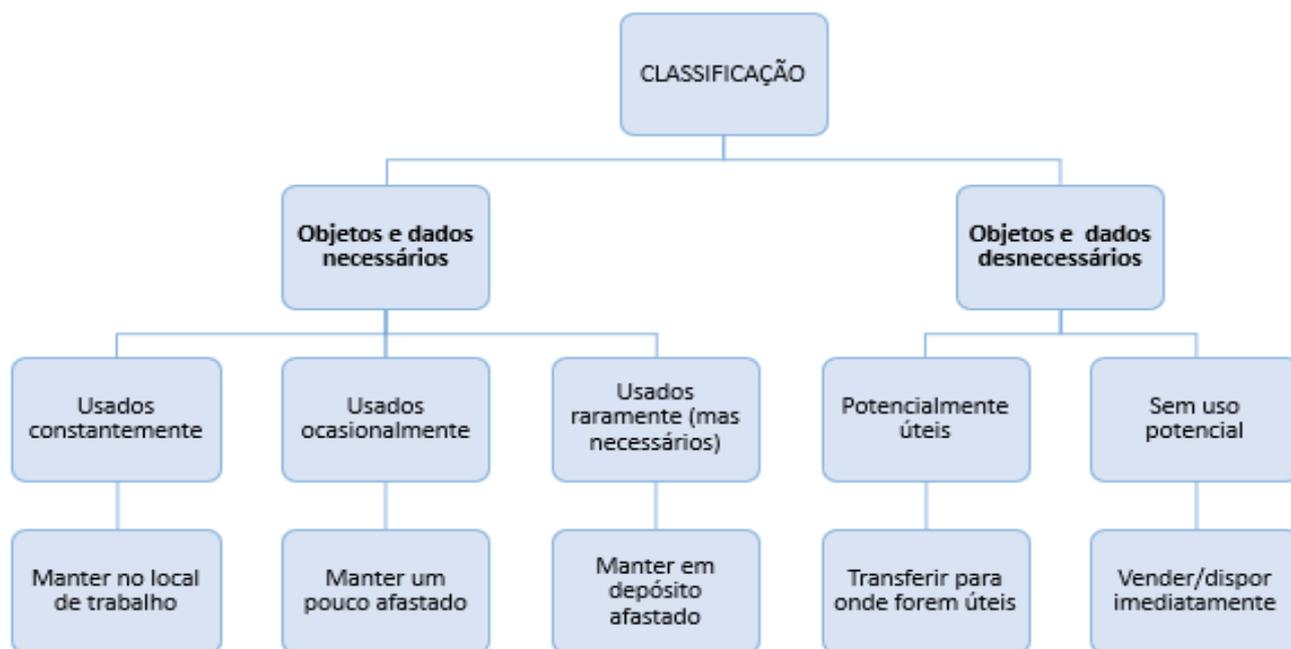
Esses sentidos quando trabalhados de forma concomitante trazem benefícios que podem ser vistos não somente no ambiente organizacional, promovendo a redução de

desperdícios, defeitos, *lead time* de entregas, ambiente mais seguro e agradável, como também na vida dos seus colaboradores através de funcionário mais engajados, produtivos e satisfeitos com seu ambiente de trabalho, de forma que a partir da eliminação de algumas disfunções por meio do programa 5S torna-se mais fácil identificar e solucionar não conformidades que antes ficavam escondidos em meio a desordem e poluição visual (ALVAREZ, 2012).

2.2.1 Seiri – senso de utilização

Esse senso diz respeito a prática de utilizar somente o necessário, em quantidade e condições adequadas e descartar o que não tem mais usabilidade para a realização da tarefa, ou seja, identificar e dar um destino adequado para todos os equipamentos, materiais, utensílios, dados e informações que não são considerados essenciais para execução dos processos por meio de critérios exemplificados na figura 2 (LOBO, 2010).

Figura 2 – Critérios para o senso de utilização



Fonte: Adaptado de Lobo (2010, p. 80)

Portanto, de modo sucinto e de acordo com os padrões de classificação dos itens, aquilo que for utilizado com maior frequência deverá ficar mais perto do local de execução do trabalho e aquilo que for utilizado com menor frequência deverá ser realocado para outro local ou descartado (RIBEIRO, 2006). Logo, aplicação adequada desse senso refletirá não somente na identificação da causa raiz de alguns excessos ou desperdícios, como na diminuição do uso inadequado dos mesmos por meio da adoção de medidas preventivas para evitar que esse acúmulo ocorra novamente.

2.2.2 Seiton – senso de ordenação

Consiste em ter um ambiente de trabalho identificado e organizado de forma que qualquer pessoa possa encontrar prontamente seja uma informação em algum servidor ou um material estocado, de modo sucinto, significa “ter cada coisa no seu lugar”, resultando em um processo mais produtivo, facilidade para acessar o que for necessário e economia de tempo, para isso é necessário deixar os itens e informações dispostas de forma funcional através do atendimento aos seguintes critérios (RIBEIRO, 2010):

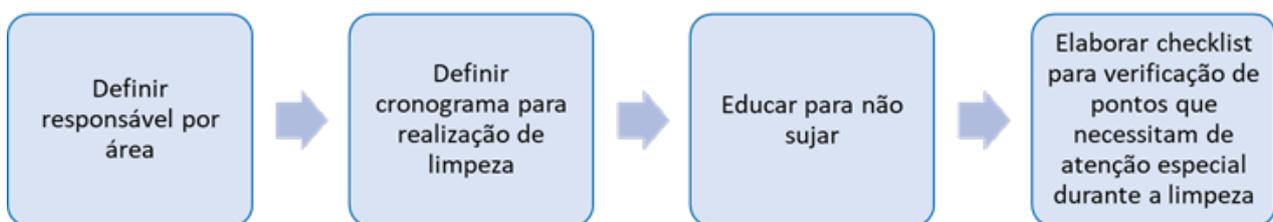
- Definir locais para cada item levando em consideração o senso de utilização, ou seja, estabelecer um local adequado para cada item de acordo com sua frequência de uso;
- Identificar e padronizar nomenclaturas;
- Aderir uma gestão visual dinâmica por meio do uso de etiquetas coloridas para identificação;
- Manter quadro de avisos organizados e atualizados;
- Aderir o PEPS (Primeiro que Entra, Primeiro que sai);
- Guardar os itens nos locais designados após o seu uso.

Após aplicação desse senso será notório mudanças, tais como, uma melhor comunicação visual, redução da perda de tempo procurando itens ou informações, maior agilidade na execução do trabalho, assim como uma melhor comunicação interna e externa (MELO, 2010).

2.2.3 Seisou – senso de limpeza

Esse senso não se refere apenas em manter paredes, pisos e teto limpo, como também manter o ambiente de livre de informações vencidas, os quadros de gestão atualizados, maquinários e equipamentos em bom estado de uso. Sua ideia principal não é, apenas, a postura de realizar a limpeza, mas a prática de não sujar através da identificação e bloqueio da fonte de sujeira para evitar que se torne algo recorrente, e para Lobo (2010) é possível provocar o hábito de limpeza nos colaboradores de uma organização quando se estabelece algumas responsabilidades para os mesmos, seguindo o que está descrito na figura 3.

Figura 3 – Etapas para trabalhar o senso de limpeza



Fonte: Autora (2020)

Esse senso deve fazer parte da rotina da empresa e não ser praticado ocasionalmente quando o ambiente estiver muito desorganizado, pois quando é atribuído a rotina da empresa de forma natural contribuirá para a segurança e melhor qualidade de vida (física

e emocional) dos funcionários (RIBEIRO, 2010).

2.2.4 Seiketsu – senso de saúde

Tem como objetivo manter a salubridade do corpo e da mente, através da realização de algumas atividades, tais como, implantar os 3S citados anteriormente e manter os seus feitos, garantir que as normas de segurança sejam cumpridas por todos prevenindo acidentes, manter o equilíbrio através da construção de boas relações interpessoais, zelar pela higiene pessoal e cuidar para que informações e comunicados sejam passados de forma clara e compreensível, além de promover a padronização das práticas abordadas nos sentidos anteriores, pois assim o ambiente se tornará mais produtivo (MELO, 2010).

2.2.5 Shitsuke – senso de autodisciplina

Esta é a última fase da implantação da metodologia e, talvez a mais difícil, por tratar de mudanças de características comportamentais individuais e organizacional. É responsável por manter o exercício adequado do programa 5S, através da prática de todos os sentidos descritos anteriormente. É o ato de seguir com rigor, porém de forma espontânea o que for estabelecido, cumprindo normas, procedimentos e regras, assegurando a manutenção dos demais sentidos e proporcionando resultados surpreendentes em todas as perspectivas, tanto na vida pessoal dos colaboradores quanto no ambiente organizacional (MELO, 2010).

Além do mais, de acordo com Lobo (2010, p.83), no que se refere a autodisciplina “é importante que seu desenvolvimento seja resultante do exercício da disciplina inteligente, que é a demonstração de respeito a si próprio e aos outros”, ou seja, o senso de autodisciplina é mais do que seguir padrões determinados, é assumir responsabilidades de forma natural, “fazer o certo por que é o certo”, ou não somente pelo fato de que o não cumprimento de um dos cinco sentidos será classificado como não conformidade em uma auditoria e contribuirá para o má andamento do programa 5S, além de que é importante entender que cada pessoa possui um ritmo de desenvolvimento diferente, e assim manter o respeito e comprometimento pelo próximo visualizando não somente o resultado individual, mas como um todo.

2.3 Ferramentas que auxiliam na implantação do 5S

Apesar de ser vista como uma metodologia simples, a implantação do 5S não acontece de forma instantânea, por isso é necessária uma estrutura íntegra para sua consolidação e melhoria, isso pode ser alcançado por meio da utilização de algumas ferramentas da qualidade para estruturar e apoiar o andamento desse programa, uma delas é o ciclo de Deming ou PDCA (CÉSAR, 2020).

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), como é conhecido atualmente, foi elaborado na década de 30 por Walter Andrew Shewhart, o precursor do controle estatístico da qualidade, e era intitulada na época como o ciclo de “Shewhart” e composta por três passos: especificação, produção e inspeção. Posteriormente, foi levada ao Japão por William

Edwards Deming que aprimorou o conceito incluindo mais etapas e transformando no modelo que é utilizada nos dias atuais (ORIBE, 2009).

Segundo Werkema (2012) o PDCA pode ser delineado como um método gerencial que detalha os caminhos a serem trilhados para garantir que as metas fixadas sejam alcançadas e assim obter o melhor desempenho organizacional, através do emprego de ferramentas e técnicas essenciais para a aquisição de dados, informações e conhecimentos necessários para a execução de cada etapa que compõem o mesmo, tornando-se muito eficaz na resolução de problemas, tomada de decisão e garantir a continuidade das organizações no mercado.

Esse ciclo é composto por 4 etapas, que de acordo com Seleme e Stadler (2010), podem ser detalhados das seguintes formas:

- *Plan* (Planejamento): são definidas as metas e os métodos necessários para se atingir o objetivo definido;
- *Do* (Execução): é colocado em prática tudo que foi planejado na etapa anterior e para melhores resultados é essencial o treinamento e conscientização de todos os colaboradores;
- *Check* (Verificação): são verificados os resultados obtidos comparando-os as metas e métodos definidos para avaliar se estão sendo efetuados conforme planejado;
- *Action* (Atuação corretiva): são realizadas as ações essenciais como a padronização dos bons resultados, correção ou melhoria nos resultados negativos e metas que não foram alcançadas, de forma a promover o aprimoramento dos processos da organização.

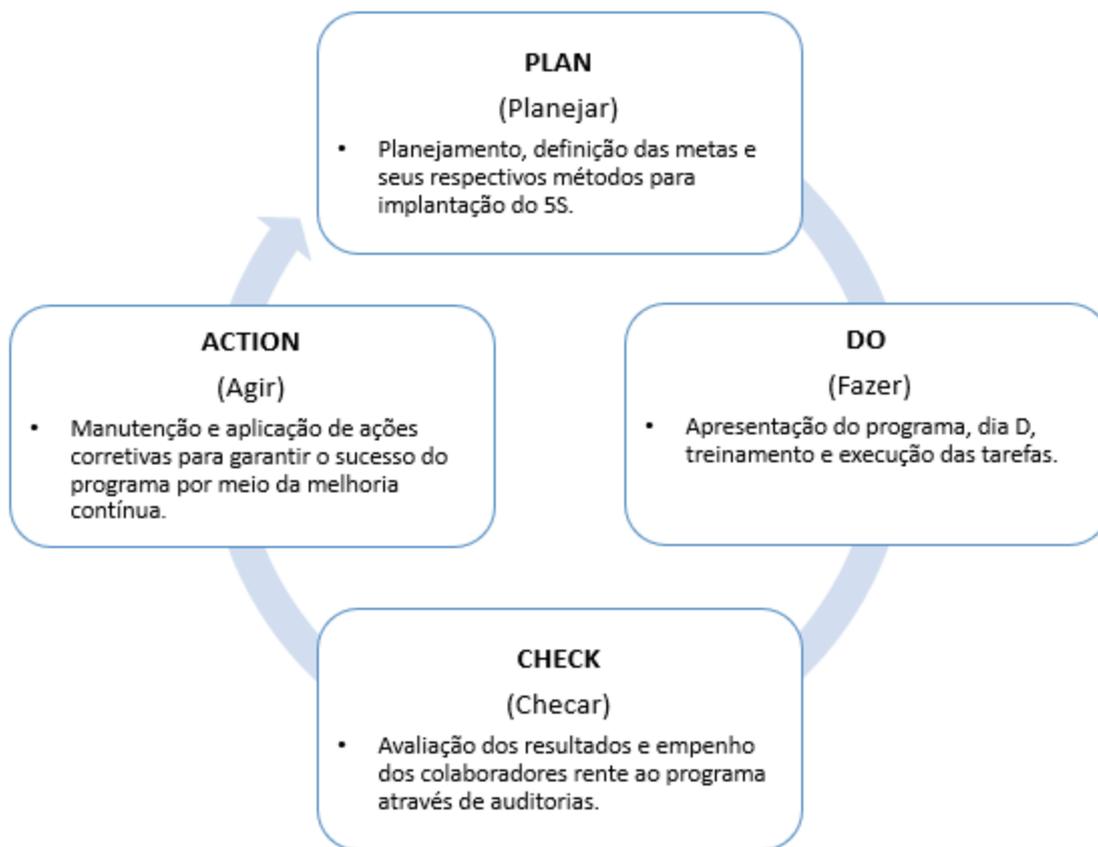
Portanto, a utilização do PDCA como meio de elaborar a implementação do programa 5S em uma empresa torna-se fundamental por causa da sua estrutura detalhada e organizada, que possibilita a melhor visualização desse processo, assim como a análise dos resultados e aprimoramento do programa, que podem ter suas etapas adequadas ao 5S conforme a figura 4 (CÉSAR, 2020).

Segundo César (2020), as atividades primordiais executadas em cada etapa são as seguintes:

- Planejamento: será definido os critérios assim como a equipe responsável pela disseminação do programa, quais setores serão contemplados pelo 5S, os critérios para auditorias e bonificação se houver;
- Execução: realização de treinamentos e apresentação do programa para ambientação dos colaboradores, execução do "dia D" por algumas áreas selecionadas para estimular a participação de todos e implantação da gestão a vista do 5S;
- Checar: promoção de auditorias que podem ser individuais ou por setores para verificação de como está sendo trabalhado os sentidos (Utilização, Ordenação, Limpeza, Saúde e Disciplina) por toda a organização;
- Agir: elaboração do plano de ação para tratar as não conformidades encontradas durante as auditorias e promover a manutenção do programa.

Assim como o PDCA, outras ferramentas da qualidade, tais como o 5W2H e a Matriz G.U.T podem ser utilizadas para o fundamento do programa 5S, sendo aplicadas tanto no planejamento como na manutenção do mesmo, auxiliando na elaboração de planos de ação, priorização e na ordenação das atividades existentes dentro de um processo, como também na introdução de novas (DIAS, 2020).

Figura 4 – Etapas do PDCA adequado ao Programa 5S



Fonte: Autora (2020)

A sigla 5W2H é derivada de sete palavras em inglês, *What* (O que?), *Where* (Onde?), *Why* (Por que?), *Who* (Quem?), *When* (Quando?), *How* (Como?) e *How much* (Quanto custa?). Essa ferramenta é utilizada na elaboração de planos de ação, uma forma estruturada de definir, organizar e controlar práticas necessárias para se alcançar um ou mais objetivos predefinidos (ROCHA, 2017).

A sua aplicação ocorre através do mapeamento de operações mediante o uso de perguntas, conforme elucidado no quadro 1, que funcionam como uma espécie de *check-list* auxiliando na definição dos responsáveis e o que será feito em cada ação, em qual área será realizada, a justificativa da sua realização, quando e como será executada e se essas ações terão custos ou não (POLANCINSKI *et al.*, 2013).

Quadro 1 – Etapas do 5W2H

ETAPAS	DESCRIÇÃO
What (O que?)	O que precisa ser feito? (Descrição do objetivo que precisa ser alcançado)
Where (Onde?)	Onde a ação será executada? (Setor, máquina, operação e etc.)
Why (Por que?)	Por que atuar nesse ponto? (Justificativa pela qual resolver o problema ou atingir o objetivo proposto será importante)
When (Quando?)	Quando será feito? (Definição de prazo para execução de cada ação)
Who (Quem?)	Quem estará envolvido? (Lembrando que pode ser tanto um pessoa quanto um setor o responsável pela ação)
How (Como?)	Como será executado o plano? (Detalhamento do caminho que será utilizado para se atingir o objetivo definido por meio de etapas, métodos ou atividades que serão realizadas)
How much (Quanto custa?)	Quanto irá gastar? (Definição do orçamento, dos custos que estarão envolvidos nesse plano de ação)

Fonte: Adaptado de Polacinski *et al.* (2013)

Arelado ao PDCA, a utilização do 5W2H ocorre, geralmente, na etapa do planejamento quando são definidos as responsabilidades e os pontos a serem trabalhados e na etapa do “Agir”, logo após o fim das auditorias em que são elencadas todas as não conformidades encontradas durante o andamento do 5S e por conseguinte realizada a priorização desses desfalques por meio da Matriz G.U.T, uma ferramenta simples, porém, eficiente, indicando quais ações corretivas e/ou preventivas devem ser executadas com mais antecedência (CÉSAR, 2020).

As letras “G”, “U” e “T” significam, respectivamente, as iniciais de gravidade, urgência e tendência, e conforme Periard (2011) a gravidade é pertinente às consequências a longo prazo que o problema analisado poderá trazer se não for sanado, enquanto a urgência está relacionada ao tempo disponível para reparar o mesmo e a tendência refere-se ao padrão de crescimento ou redução desse problema. Além disso, a essas variáveis são atribuídos valores numa escala de 1 a 5, que ao final são multiplicados resultando na pontuação final da G.U.T de forma em que os problemas com maior pontuação serão priorizados em detrimento aos que obtiveram o menor resultado, conforme elucidado no quadro 2.

Quadro 2 – Matriz G.U.T

MATRIZ G.U.T					
NOTA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	GRAU CRÍTICO	PRIORIZAÇÃO
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar	G x U x T	Em forma decrescente, ou seja, da maior pontuação para a menor.
2	Pouca gravidade	Pouco urgente	Írá piorar a longo prazo		
3	Grave	Agir o quanto antes	Írá piorar		
4	Muito grave	Agir com alguma urgência	Írá piorar em curto prazo		
5	Extremamente grave	Agir imediatamente	Írá piorar imediatamente		

Fonte: Adaptado de Periard (2011)

Em suma, com essa matriz é possível priorizar os problemas que são mais emergenciais, como por exemplo, as não conformidades encontradas após a auditoria do 5S, focando tempo, recursos financeiros e humanos nos pontos que necessitam de fato de atenção mais rápida. Frisando que o Programa 5S apesar de parecer algo trivial, precisa de uma estrutura sólida para seu bom desenvolvimento e uma maneira de se alcançar isso é atrelando ao seu uso ferramentas como as citadas anteriormente, além de outras ferramentas que se melhor adequem ao contexto da organização (DIAS, 2020).

2.4 PROCEM

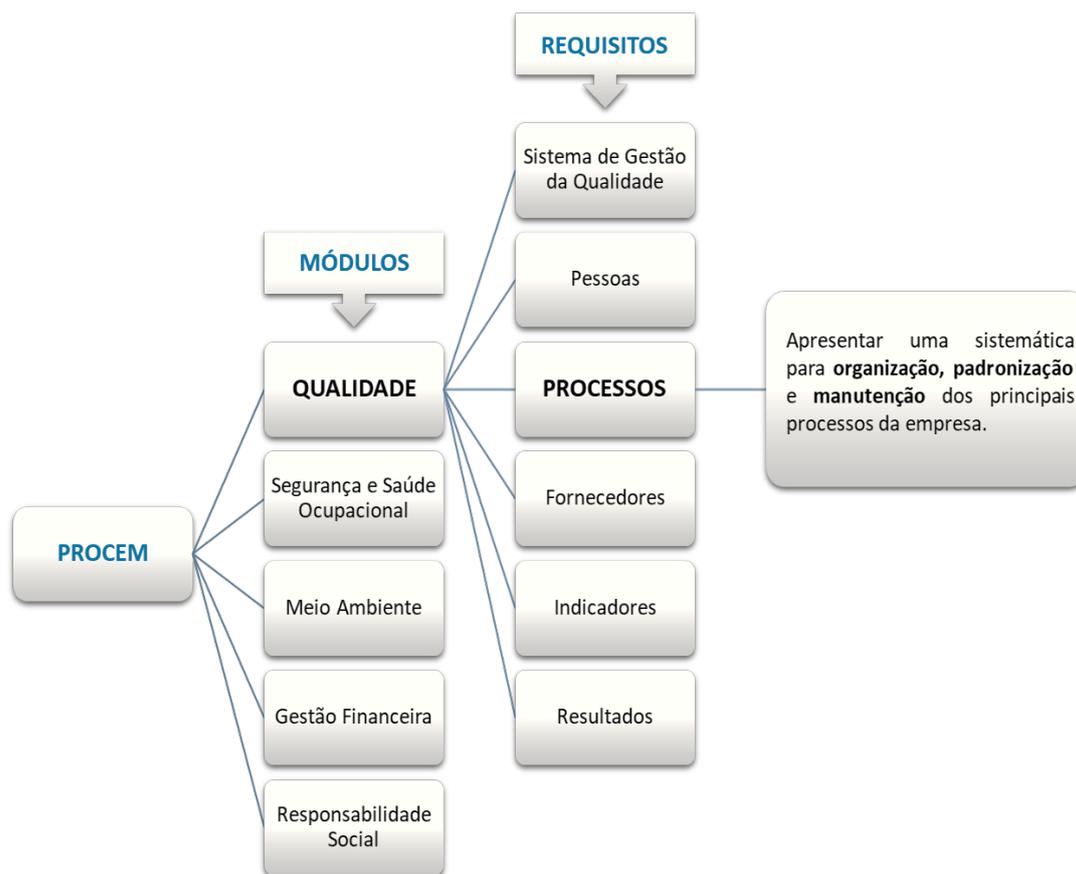
O Programa de Desenvolvimento de Fornecedores do Maranhão (PDF) é conduzido pela Federação das Indústrias do Estado do Maranhão (FIEMA). O seu objetivo é contribuir para a evolução dos fornecedores regionais para que se tornem mais competitivos e atendam com excelência as demandas locais, através da participação na provisão de produtos e serviços para grandes empresas que atuam ou pretendem atuar no estado (FIEMA, 2020).

De acordo com a FIEMA (2020) o meio disponibilizado para o alcance desse objetivo é uma ferramenta que otimiza o sistema de gestão dessas empresas, intitulada de Programa de Certificação de Empresas (PROCEM), que habilita, audita e certifica contribuindo não somente para melhorias nos processos de fornecimento de produtos e prestação de serviço, como também propiciando a redução de dispêndios, aumento da satisfação dos clientes, reestruturação das atividades contábeis.

Junto a isso, a empresa é certificada em cinco módulos: qualidade, segurança e saúde ocupacional, meio ambiente, gestão financeira e responsabilidade social, porém para que a mesma mantenha essa certificação todos os requisitos referentes a cada módulo devem ser atendidos com rigor e na figura 5 é ilustrada como é a relação módulo/requisito referente a qualidade (FIEMA, 2020).

Através do mapa mental apresentado na figura 5, é possível observar que dentro do módulo da qualidade, um dos requisitos referentes a processo menciona que é necessário que a empresa apresente uma sistemática para organização, padronização e manutenção do mesmo, e para atender tal critério a metodologia 5S pode ser utilizada nesse ponto, trazendo ganhos que serão notórios não somente nos processos organizacionais, como em todas as áreas da empresa.

Figura 5 – Mapa mental do PROCEM



Fonte: Adaptado da FIEMA (2020)

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Mascarenhas (2012) uma pesquisa pode ser classificada de acordo com os respectivos critérios: bases lógicas da investigação, abordagem do problema, objetivo geral, propósito de pesquisa e procedimento técnicos. Tratando-se do estudo em questão, quanto a abordagem do problema é classificada como qualitativa devido a influência do pesquisador no local não ser evitada, e sim essencial para o andamento da pesquisa obtendo-se uma visão mais detalhada da organização por meio da realização de observações e *brainstorming* com os colaboradores da empresa.

Em relação ao objetivo geral, a pesquisa é exploratória e descritiva, de caráter qualitativo, pois as técnicas essenciais para a fundamentação do estudo foram construídas através do levantamento bibliográfico por meio da coleta de conceitos em fontes como livros, artigos, sites e afins, para então ser descrito o passo a passo da estruturação do programa 5S. E referente ao seu propósito, é uma pesquisa aplicada, pois de acordo com Mascarenhas (2012, p. 47) visa “estudar o problema em um contexto, buscando soluções para os desafios enfrentados nesse ambiente específico”.

Quanto ao procedimento técnico utilizado é denominada pesquisa-ação, onde se vincula a teoria com a prática, baseando-se nos conceitos estudados para então solucionar o problema encontrado, levando em consideração que nesse ponto o pesquisador não é apenas um observador, mas um agente ativo nessa mudança com a cooperação dos outros colaboradores, sendo juntamente classificado como estudo de caso devido a análise

do contexto real em que o objeto de estudo está inserido (LAKATOS; MARCONI, 2011).

Em função do objeto de estudo, trata-se de uma distribuidora localizada em São Luís/MA, que já atua há 12 anos nessa segmentação distribuindo medicamentos e produtos hospitalares na região em que está situada e demais municípios do estado do Maranhão, atendendo clientes da rede de saúde pública e privada. Possui atualmente, 14 funcionários alocados nos seguintes setores: financeiro, comercial (vendas internas e externas), direção, qualidade e logística, sendo os setores de RH e contabilidade terceirizados e localizados fora da empresa.

Desse modo, o presente estudo foi desenvolvido em cima dos conceitos abordados no referencial teórico dessa pesquisa, atrelado a visitas in loco para coleta de dados na empresa por meio de observações, conversas com alguns funcionários, registros fotográficos para identificar os pontos críticos, acesso a documentos internos como procedimento operacional, manual da qualidade e entre outros arquivos, para então ser estruturado a proposta de implantação do programa 5S em todos os setores operacionais e áreas de uso comum (cozinha, recepção, vestiários feminino e masculino, sala de treinamento e refeitório), utilizando ferramentas com o PDCA, SW2H e Matriz G.U.T, além da elaboração de um procedimento para manutenção do programa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico será descrita a situação atual da empresa e estruturada uma proposta de intervenção para a mesma, utilizando todas as etapas da ferramenta PDCA para nortear o Programa 5S. Entretanto, caberá à empresa escolher se as alternativas elencadas serão utilizadas ou não dentro do seu *portfólio*.

4.1 Análise da situação atual

A empresa, objeto de estudo, tem investido na aderência de programas que objetivam perpétua a melhoria contínua nos seus processos com o propósito de se destacar no mercado em que está inserida, tornando-se uma distribuidora referência no Estado do Maranhão, além de melhorar o engajamento dos seus colaboradores e atrelado a isso trazer inúmeros benefícios para os mesmos, conforme citado no item 1 e explanado no item 2.4, em que tal programa em questão é o PROCEM.

Visto que um dos requisitos para atender o módulo de qualidade referente a esse programa é aderência de uma sistemática para organização dos ambientes e processos inerentes a empresa, a implantação do Programa 5S de forma efetiva torna-se fundamental para o atingimento desse objetivo. Portanto, inicialmente, foi realizado uma análise da situação atual da empresa para levantar os pontos críticos e em seguida ser delimitado os passos para nortear a proposta de implantação do mesmo.

Foram realizadas algumas visitas na distribuidora para coleta de dados tanto nos setores operacionais, quanto aos de uso comum, em que através de *brainstorming* individuais com alguns colaboradores ficou evidente que os conceitos de cada senso do 5S não estão sendo disseminados de modo proporcional nesse ambiente de trabalho, reforçando a necessidade da implantação do programa 5S na empresa integralmente.

Atrelado a essas visitas, registros fotográficos foram produzidos indicando a pre-



sença de itens pessoais, alimentícios, limpeza e entre outros armazenados junto aos materiais de trabalho, assim como pastas de arquivos e quadros elétricos com identificação incompleta ou sem, quadros de gestão à vista desatualizados, fiações expostas e entre outras não conformidades, no qual algumas são ilustradas nas figuras 6 e 7.

Figura 6 – Registros fotográficos dos setores financeiro, vendas internas e vestiário masculino



Fonte: Autora (2020)

Figura 7 – Registros fotográficos das áreas de recepção, vendas internas e cozinha



Fonte: Autora (2020)

Através das ilustrações acima, mensura-se que há uma ampla falta de organização, padronização e autodisciplina de forma geral na empresa, pois foi observado que a mesma dispõe de locais adequados para o armazenamento de cada item de acordo com seu tipo e uso, possuindo armários para alocar os itens pessoais dos colaboradores, bancadas com computadores, gaveteiros e armários para armazenamento dos itens necessários para execução das atividades e entre outros pontos. Contudo, por não possuir uma sistemática para promover a organização de cada elemento no seu local apropriado, terminam sendo alocados de forma aleatória impactando na execução das atividades, como por exemplo, a perda de tempo na busca por um catálogo de um determinado produto.

Outro aspecto observado foi a presença de fiações expostas embaixo das bancadas em alguns setores da empresa, sendo o mais crítico situado na sala de vendas internas, assim como a maior concentração de não conformidades em relação aos sentidos do 5S nesse local. Tal situação foi justificada por alguns colaboradores que por se tratar de um ambiente com maior concentração de funcionários, totalizando 5, é difícil manter o padrão, evidenciando que há alguns paradigmas a serem quebrados nesse contexto para o sucesso do programa.

Entretanto, em relação aos aspectos ambientais e projetuais é explícito que a empresa desfruta de um ambiente limpo, arejado, iluminado e com os mobiliários em bom estado de conservação, porém, não se abstém a importância de difundir o senso referente a limpeza nesse contexto.

4.2 Proposta de implantação

Com os dados obtidos através da análise da situação atual da distribuidora e vinculado aos conhecimentos adquiridos após a revisão dos principais conceitos do 5S, foi elaborado um plano para implantação do programa adequando-o de acordo com as carências apresentadas pela empresa, entretanto o plano deverá ser avaliado pelo coordenador do setor da qualidade para verificar se existir coesão com as metas e objetivos da mesma.

Visto isso e de acordo com as etapas da metodologia PDCA (planejar, executar, checar e agir), os tópicos seguintes propõe as atividades a serem feitas em cada fase para a implantação do programa 5S.

4.2.1 Planejamento (*Plan*)

Essa fase é a base para a gestão da implantação do programa 5S e delimitação das atividades, metas, critérios etc. a serem desenvolvidas, portanto, em relação a distribuidora de medicamentos propõe-se que a mesma ocorra na ordem e conforme descrito a seguir:

Definição do time de líderes

Por se tratar de uma empresa com poucos funcionários, a equipe de facilitadores será composta pelo coordenador e estagiário, ambos do setor da qualidade, junto ao diretor geral da empresa, que ficarão responsáveis por promover a implantação do programa 5S por toda a organização.



Escolha da área piloto

Inicialmente a área piloto escolhida para rodar o programa 5S será o setor de vendas interna, por ser o ambiente mais crítico, de acordo com o resultado da análise feita, e por abranger um número maior de funcionários, para posteriormente ser aplicado o programa nos seguintes setores: vendas externas, financeiro, direção, cozinha, estoque, vestiário feminino e masculino, sala de treinamentos e recepção e assim englobar toda a empresa.

Definição dos critérios do programa

Após conversas com o coordenador da qualidade, chegou a se conclusão de implantar o 5S na empresa em cima de duas vertentes, a primeira trabalhando o 5S de forma individual em cada bancada, armário e itens que não usados de forma coletiva, e a segunda aderindo o programa "Dono da área" para estimular o senso de dono de cada colaborador, designando um para se tornar responsável por manter o 5S em uma área de uso comum diferente do seu ambiente de trabalho, para que sejam vistos como facilitadores e o programa englobe a empresa de forma proporcional, sendo de caráter obrigatório para todo o corpo que compõe a empresa.

A periodicidade para realização de auditorias, por meio do uso de *checklists* e pontuações, para verificação do andamento do programa de forma individual e coletiva ficou definido em trimestres, sendo o mesmo período para vigência do programa "dono da área", de forma que ao fim de cada período será realizado sorteios para acontecer o rodízio dos colaboradores por todas as áreas, e assim ao fim do ano os que obtiveram os melhores resultados serão bonificados pela direção.

Além disso, elaborou-se um Procedimento Operacional Padrão (POP) aplicado a todos os setores da empresa, para garantir a manutenção do programa e ser utilizado como ferramenta para ambientar novos funcionários ou reciclar os mais antigos, abordando os seguintes tópicos:

- Objetivo
- Abrangência
- Siglas e Definições
- Responsabilidades
- Detalhamento das Atividades
- Alterações

Para isso foi utilizado como base o modelo adotado pela empresa denominado de Procedimento Operacional (PRO) na elaboração desse documento.

Apresentação do programa para todos

É fundamental que todos os colaboradores estejam cientes do lançamento e funcionamento do programa 5S, portanto, alinhado junto ao coordenador da qualidade, o mesmo ficará responsável por preparar todo o material de divulgação e apresentar nas reuniões semanais que acontecem, precisamente, nas segundas-feiras, definindo o dia para lançar a ideia de acordo com a demanda da empresa.

4.2.2 Execução (*Do*)

Nessa etapa o programa 5S será rodado na empresa, porém antes se faz necessário o treinamento de todos os colaboradores e aplicação dos 3 primeiros Sensos (utilização, ordenação e limpeza) na área piloto para servir como referência para os demais setores da empresa, portanto, propõe-se os seguintes passos:

Treinamento

É primordial que os colaboradores sejam treinados antes do lançamento do programa 5S na empresa, para que todos saibam de forma clara e concisa o que cada senso representa, como funcionará as auditorias, bonificações e entre outros aspectos, além de ser recomendado a apresentação de cases de outras empresas que aderiram ao 5S como forma de sensibilizar todos para os ganhos que vem junto ao programa, portanto, caberá ao setor da qualidade tomar frente em relação a essas capacitações, assim como definir o dia em que será realizada.

Gestão à vista

Para a gestão à vista do programa foram elaborados dois quadros para serem anexados aos murais da empresa, para divulgação dos resultados obtidos individualmente e das áreas após a realização das auditorias trimestrais do 5S, que será composto pelos resultados obtidos em cada senso em que os mesmos serão representados utilizando as cores: verde para um bom resultado, amarelo para regular e vermelho para ruim compondo uma espécie de *kanban* com objetivo de chamar atenção para os resultados através das cores.

Dia "D"

O dia em que será iniciado a prática do programa 5S é denominado de dia "D", sendo este feito após realização das capacitações dos colaboradores, preferivelmente no sábado, dia em que a demanda de serviços é menor na distribuidora, e de início propõe-se que seja realizado no setor mais crítico da empresa, vendas internas.

Nesse dia será colocado em prova os conhecimentos adquiridos pelos funcionários para identificar as não conformidades, padronizar, organizar e descartar o que não for necessário, colocando em pratica os 3 primeiros Sensos (utilização, ordenação e limpeza), além dos mais, é indicado que sejam feitos registros fotográficos do antes e para que esse ambiente se torne modelo para as outras áreas a serem averiguadas.

4.2.3 Checagem (*Check*)

Nessa etapa é aferido o desempenho dos colaboradores rente ao programa 5S, assim como o estado em que sensos encontram-se disseminados na empresa, logo, foram elaborados dois *check-lists* para serem utilizados pelo setor da qualidade nessas auditorias com propósito de verificar de forma individual e coletiva o comprometimento dos colaboradores com as ações executadas e localizar oportunidades de melhorias.

Por isso foram estabelecidos critérios para serem avaliados em cada senso em que



alguns são exemplificados no quadro 3, para em seguida serem pontuados conforme o quadro 4.

Quadro 3 – Exemplo de alguns critérios de verificação adotados nos *check-lists*

SENSOS	EXEMPLO DOS CRITÉRIOS VERIFICADOS
UTILIZAÇÃO (SEIRI)	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de itens (materiais/equipamentos) sem utilização em cima ou em baixo das bancadas? • Formulários, revistas, catálogos em excesso ? • Itens pessoais em excesso nas áreas de trabalho ?
ORDENAÇÃO (SEITON)	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação dos locais de armazenamento de materiais ? • Identificação e definição do tempo de arquivamento de pastas documentos ? • Bancadas, gavetas e armários estão organizados ?
LIMPEZA (SEISOU)	<ul style="list-style-type: none"> • Uniforme encontra-se limpo ? • Parede, teto, piso e bancadas encontram-se limpos ? • Há materiais jogados pelo chão ?
SAÚDE (SEIKETSU)	<ul style="list-style-type: none"> • Existe extintor de incêndio próximo do seu local de trabalho ? • O relacionamento entre colegas de trabalho é saudável ? • A fiação do computador, telefone e entre outros está organizada de forma segura ?
AUTODISCIPLINA (SHITSUKE)	<ul style="list-style-type: none"> • O uso do celular é racional ? • As normas, prazos e procedimentos estão sendo cumpridos? • Os equipamentos estão sendo desligados nos horários em que não há atividades?

Fonte: Autora (2020).

Quadro 4 – Pontuações atribuídas nos *check-lists*

PONTUAÇÃO	STATUS	DESCRIÇÃO
0	-	Não se aplica a área.
1	RUIM	Inexistência e/ou desconhecimento em relação a um determinado requisito, indicando nível precário de gerenciamento do Programa 5S.
2	REGULAR	Indica um nível mediano de gerenciamento, ainda não satisfatório.
3	BOM	Corresponde a um item efetivamente implantado, tendendo a um aperfeiçoamento contínuo do Programa 5s.

Fonte: Autora (2020)

Em suma, segundo mostrado nos quadros, cada senso possuirá requisitos que serão verificados nas auditorias, em que o cumprimento ou não dos mesmos serão avaliados na escala de 0 a 3, em seguida será somado a pontuação obtida por senso e dividida pela quantidade de itens aplicáveis, para se chegar ao resultado final através do cálculo da média dos resultados alcançados nos 5 sentidos, frisando que a forma de mensurar essas pontuações serão utilizadas tanto no *check-list* individual, quanto coletivo, para então serem divulgadas nos quadro de resultados da empresa.

4.2.4 Ação (*Action*)

Por se tratar de um programa de ciclo contínuo, ou seja, não contém início e fim predeterminados, é necessário que sejam feitas reavaliações periódicas a respeito do andamento do programa 5S, assim como a elaboração de planos de ação com as não conformidades encontradas durante as auditorias para que soluções sejam adotadas, os desvios sanados e ocorra o aprimoramento dos processos da organização.

Portanto, para atender tal etapa foi elaborado um plano de ação que será utilizado junto a matriz G.U.T para elencar, verificar e controlar as não conformidades que precisam ser sanadas com maior urgência e rapidez, e assim serem apresentadas para a direção e seus respectivos responsáveis, sendo utilizado após tabulação das pontuações e observações feitas durante as vistorias.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa 5S visa conceber um ambiente de trabalho salubre e promover o aprendizado contínuo, através da aplicação de conceitos relacionados a organização, limpeza, padronização, saúde e disciplina e entre outros, que apesar de serem vistos como de fácil compreensão, precisam ser praticados com severidade, pois os ganhos atrelados a adoção desse programa não irão ocorrer de forma imediata, devido ao ponto de maior dificuldade ser a mudança de pensamento, de cultura e hábitos das pessoas que compõem a organização em todas as camadas hierárquicas.

Logo, a proposta de implantação do programa 5S na distribuidora de medicamentos foi estruturada de forma a servir como subsídio para que as não conformidades encontradas sejam sanadas, cabendo à empresa escolher se as alternativas elencadas serão utilizadas ou não, fornecendo para os mesmos, através dessa proposta uma estrutura integrada para consolidação do programa baseada nas etapas do PDCA.

Visto que através da análise feita da empresa, é notório que a mesma se encontra totalmente desorganizada, com materiais dispersos de forma aleatória, ainda que possua os mobiliários adequados para o armazenamento de todos, sendo necessário trabalhar todos os sentidos, porém dando ênfase no senso de autodisciplina, juntamente com o desejo de despertar o senso de dono de cada trabalhador por meio do programa "dono da área", e assim trazer ganhos visíveis por meio da mudança comportamental dessa organização.

Pois, somente quando os colaboradores da empresa, independente de nível hierárquico, se sentirem orgulhosos por terem concebido um ambiente organizacional digno e se dispuserem a promover a melhoria contínua nesse meio, será então absorvido a verdadeira essência do 5S.

Frisando que uma vez atingida à efetividade no programa, será obtido uma melhor utilização do espaço e seus recursos, engajamento dos colaboradores e construção de uma base sólida para promover a melhoria contínua, atuando diretamente sobre a cultura da empresa, além de atender conjuntamente o requisito designado pelo módulo de qualidade do PROCEM.

Porém, para o alcance desse objetivo é necessário o acompanhamento do andamento do programa por meio das métricas estabelecidas, auditorias, utilizando o procedimento operacional para manutenibilidade do mesmo, assim como contar com o apoio da direção e de todos os colaboradores para ser consolidado o 5S.



Referências

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000**: Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- ALVAREZ, M. E. B. **Gestão de qualidade, produção e operações**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade**: Conceitos e Técnicas. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CÉSAR, C. **Implantação do Programa 5S**: entenda como o PDCA auxilia nesse processo. Voitto, 2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/implantacao-do-programa-5s>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- DIAS, F. **Matriz GUT**: o que é e como aplicar na prática. Voitto, 2020. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/matriz-gut>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- FALCONI, V. **Qualidade total**: Padronização de empresas. 2ª ed. São Paulo: Falconi, 2014.
- FIEMA. Programa de Desenvolvimento de Fornecedores. 2020. Disponível em: <https://www.fiema.org.br/servico/77/programa-de-desenvolvimento-de-fornecedores>. Acesso em: 25 abr. 2020.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- LOBO, R. N. **Gestão da Qualidade**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2010.
- MASCARENHAS, S. A. **Metodologia científica**. 1ª ed. São Paulo: Pearson, 2012.
- MELO, C. H. P. **Gestão da Qualidade**. 1ª ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- OLIVEIRA, D. de P. R. de. **Planejamento estratégico**: conceitos metodologia práticas. 33ª ed. Atlas, 2015.
- ORIBE, C. PDCA: origem, conceitos e variantes dessa ideia de 70 anos. Qvalypro, 2009. Disponível em: <http://www.qvalypro.com.br/artigos/pdca-origem-conceitos-e-variantes-dessa-ideia-de-70-anos>. Acesso em: 22 abr. 2020.
- PERIARD, G. Matriz G.U.T: Guia Completo. Sobre administração, 2011. Disponível em: <http://www.sobreaadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/>. Acesso em: 29 abr. 2020.
- POLACINSKI, E; SILVA, V. B.; TAUCHEN, J.; PIRES, M. R.; VEIGA, R. S. Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de erva-mate. Revista eletrônica ADMpg Gestão Estratégica. Ponta Grossa (PR), ano 6, n. 1, 2013. Disponível em: http://www.admpg.com.br/revista2013_1/Artigos/14%20Implantacao%20dos%205Ss%20e%20proposicao%20de%20um%20SGQ.pdf. Acesso em: 28 abr. 2020.
- ROCHA, M. Gestão da Qualidade. 1ª ed. Canoas: Ulbra, 2017.
- RIBEIRO, H. Guia de Implantação do 5S. São Caetano do Sul: PDCA Ed, 2010. 184 p.
- RIBEIRO, H. **A bíblia do 5S, da implantação a excelência**. Salvador: Casa da Qualidade, 2006.
- SELEME, R.; STADLER, H.; **Controle da Qualidade**: as ferramentas essenciais. 2ª ed. Curitiba: InterSaberes, 2010.
- VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16ª. São Paulo: Atlas, 2016.
- WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

8

**APLICAÇÃO DE MÉTODO PSF COMBINADO
COM SPAR-H PARA ANALISAR A INFLUÊNCIA
HUMANA EM ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO DE
USINAS HIDRELÉTRICAS**

*APPLICATION OF THE PSF COMBINED WITH THE SPAR-H
METHOD TO ANALYZE THE HUMAN INFLUENCE ON
HYDROPOWER PLANT MAINTENANCE ACTIVITIES*

Matheus Eiji Toriy Botelho
Luana Aparecida Gracheki Da Costa
Vinicius Martins Dias Toni
Marjorie Maria Bellinello
Emerson Rigoni
Marcelo Rodrigues



[10.29327/5170404.1-8](https://doi.org/10.29327/5170404.1-8)

Resumo

A confiabilidade e disponibilidade de sistemas industriais podem ser mantidas com o emprego de estratégias adequadas de manutenção, que possibilitem antecipar a ocorrência da falha, eliminando as suas causas. A influência do elemento humano na ocorrência de falhas é percebida como algo evidente nos indicadores de desempenho. Logo analisar a confiabilidade humana (HRA - *Human Reliability Analysis*) tem sua relevância reconhecida em todos os segmentos industriais, seja pelo impacto dos acidentes, pela qualidade do produto, nos incidentes, na saúde do trabalhador ou nas pequenas perdas de produção que afetam o resultado da empresa. Diante disso, o objetivo principal deste trabalho é quantificar, por meio de aplicação dos métodos PSF combinado com SPAR-H, a influência do ser humano nas atividades de manutenção executadas em sistemas de geração de energia. Como resultado se busca estabelecer procedimentos e/ou recomendações para executar estas atividades de manutenção com segurança do trabalho e garantir melhoria no desempenho de usinas hidrelétricas (UHEs).

Palavras-chave: Confiabilidade Humana, Segurança Do Trabalho, Manutenção, Sistema de Geração de Energia, Método PSF SPAR- H.

Abstract

The reliability and availability of industrial systems can be maintained with the application of adequate maintenance strategies, which make it possible to anticipate the occurrence of failure, eliminating their causes. The influence of the human element in the occurrence of failures is perceived as evident in the performance indicators. It is why analyzing Human Reliability Analysis (HRA) has its relevance recognized in all industrial segments, whether by the impact of accidents, product quality, incidents, worker health, or small production losses that affect the results of the company. Therefore, the main objective of this work is to quantify, through the application of PSF methods combined with SPAR-H, the influence of human beings in the maintenance activities performed in energy generation systems. As a result, there are struggles to establish procedures and/or recommendations to perform these maintenance activities with work safety and ensure improvement in the performance of hydroelectric plants.

Keywords: Human reliability, Work safety, Maintenance, Energy generation system, PSF SPAR-H method.

1. INTRODUÇÃO

Com finalidade de manter a competitividade mundial da indústria brasileira frente ao advento da indústria 4.0, a modernização do setor energético se faz necessária para garantir a qualidade da energia elétrica e evitar a interrupção do seu fornecimento para a sociedade, sendo que esta é dependente da energia elétrica para desenvolvimento e manutenção do modo de vida.

A análise de confiabilidade e risco dos sistemas industriais, constituídos de equipamentos, pessoas e da interação entre estes, proporciona prevenção de acidentes de trabalho, garantindo maior disponibilidade de equipamentos e recursos humanos (ANEEL, 2001; BRAGLIA et al., 2013; BERTOLONI et al., 2004; DHILLON, 2006; MANCUSO et al., 2019).

A influência do elemento humano nos sistemas industriais é percebida como algo evidente, para quantificá-los os métodos de avaliação da probabilidade de erro humano (confiabilidade humana) ajustam fatores de influência ao desempenho humano para o contexto das tarefas (DHILLON, 2006; MANCUSO et al., 2019; ANTONOVSKY et al., 2014; FIGUEIRÔA, 2020; BLACKMAN, 2019).

Diante disso, o objetivo principal deste trabalho é quantificar a influência do ser humano na confiabilidade dos sistemas de geração de energia. Assim, foi aplicado o método híbrido PSF combinado com SPAR-H para análise do impacto humano (HRA-Human Reliability Analysis) em quatro atividades distintas na área de manutenção de uma Unidade Geradora (UG) tipo Francis. Como resultado, se busca estabelecer métodos de gestão e execução das atividades de manutenção e operação, que evitem a ocorrência de falhas e contribuam para a melhoria do desempenho das UHEs. Destaca-se que foi desenvolvido um sistema especializado em linguagem Python para suportar a alimentação de dados dos questionários e cálculo dos resultados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Análise da confiabilidade humana em tarefas de manutenção industrial

Não é possível planejar sistemas produtivos sem o envolvimento do fator humano, que é fonte de problemas e geração de erros. Por isso, devem ser realizadas ações que possam minimizar erros, considerando elementos que contribuem para a sua geração, como por exemplo a natureza do indivíduo e mecanismos que controlam os resultados da ação do indivíduo, circunstâncias ambientais e natureza da tarefa (POLACINSKI, 2006; WALCKER, 2008; DHILLON, 2009).

Para determinar a confiabilidade humana na realização de tarefas é necessário compreender o porquê de a falha humana acontecer. As seis principais causas da falha humana são: Falta de informação, falta de capacidade, falta de aptidão física ou mental, condições ergonômicas inadequadas, deslizes e motivação incorreta (DHILLON, 2009; BORING et al., 2010). Além disso, a análise das causas da falha humana é importante para a Ergonomia Cognitiva, visando identificar tendências de erro e prevenir situações que possam influenciar de forma negativa na confiabilidade humana no trabalho (BARROS; SCANDELARI, 2006).



Pode-se aplicar a análise da confiabilidade humana (HRA-Human Reliability Analysis) na manutenção industrial a partir do cálculo da probabilidade de um manutentor executar uma ordem, tarefa ou trabalho de manutenção sem que ocorra as principais causas de falhas humanas, ou seja, que nenhuma atividade seja realizada a fim de gerar prejuízo a confiabilidade e disponibilidade do sistema (MAIDA apud HOLLNAGEL, 1996; DHILLON, 2009).

A padronização de processos de execução de atividades aumenta a probabilidade de sucesso da mesma. Neste trabalho, a análise de confiabilidade humana em tarefas de manutenção realizadas em hidrelétricas foi determinada pelos métodos PSF e SPAR-H combinados, sendo esta análise automatizada por um sistema especialista desenvolvido para facilitar a inserção de dados e obtenção de resultados.

2.2 Métodos PSF e SPAR-H aplicados na HRA

Um dos métodos para analisar os fatores humanos impactantes no sistema industrial é PSF (Performance Shape Factors), este método visa analisar a confiabilidade humana por meio do levantamento e análise de fatores que podem influenciar o desempenho humano em uma tarefa (PARK; JUNG; KIM, 2020).

Os Performance Shaping Factor (PSFs) são agentes influenciadores do desempenho humano, esses fatores representam os efeitos do meio sobre o desempenho humano no momento de execução de uma tarefa. Estes fatores são utilizados tanto em modelos quantitativos quanto qualitativos de desempenho humano e são identificados por meio do procedimento analítico chamado análise de tarefa, que identifica na tarefa quais são os elementos humanos relevantes e identifica o potencial de erro humano (SANTOS; MELO, 2015; GROTH; MOSLEH, 2010). Os fatores PSFs analisados são exemplificados na Figura 01.

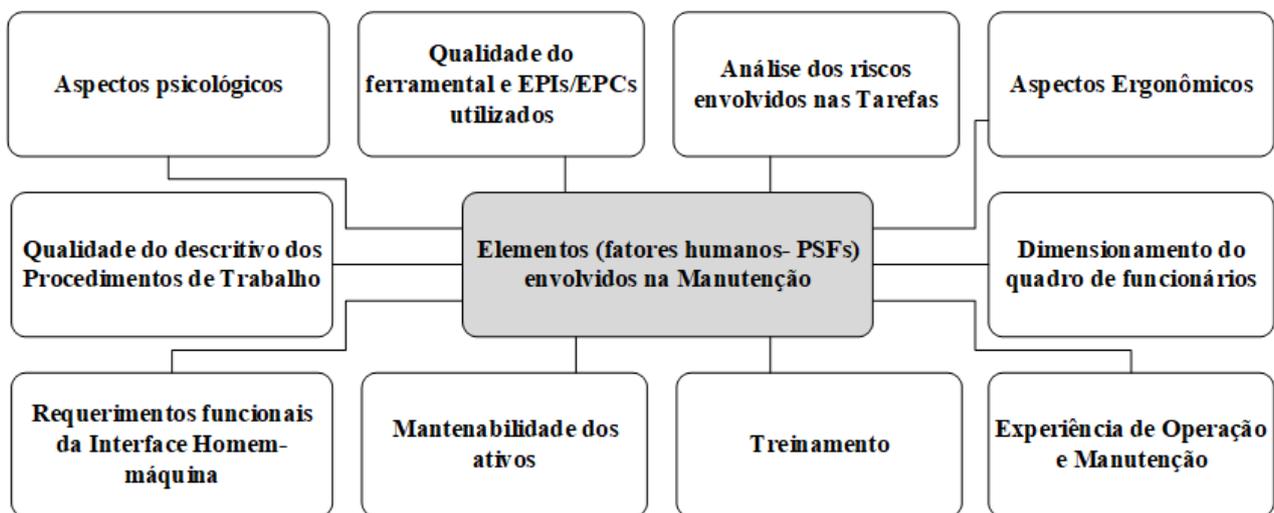


Figura 01 – Fatores analisados pelo método PSF.

Fonte: Adaptado de Varma (1996), Dhillon (2009) e Groth & Mosleh (2010)

O método SPAR-H é construído sobre um modelo explícito de processamento de informações do modelo de desempenho humano, que atribui a atividade humana a uma das duas categorias: ação ou diagnóstico (BLACKMAN; BYERS, 1994; GERMAN et al., 2004). Nesse método são usados 8 tipos de PSFs, sendo eles: Tempo disponível para realizar a atividade, Nível de estresse, Experiência e treinamento, Complexidade, Ergonomia,

Existência de procedimento, Habilidade para execução e Processo de trabalho. A coleta de informações destes fatores humanos é realizada através da aplicação de um questionário padrão, o qual é apresentado na Figura 02 a seguir.

PSF	Nível do PSF	Fator
Tempo disponível Data: Nome do decisor: Cargo do decisor: Ramo da empresa: Qual é a atividade? () Inspeção () Execução	a) Tempo insuficiente	• 1
	b) Tempo disponível é pouco menor que o tempo requerido	• 10
	c) Tempo suficiente	• 1
	d) Tempo disponível é ≥ 5 vezes maior que o suficiente	• 0,1
	e) Tempo disponível é ≥ 50 vezes maior que o suficiente	• 0,01
	f) Informação desconhecida	• 1
Estresse	a) Extremo	• 5
	b) Alto	• 2
	c) Normal	• 1
	d) Informação desconhecida	• 1

Figura 02 – Parte do questionário PSF (Performance Shape Factors).

Fonte: Autoria Própria (2022).

Enquanto muitos métodos atuais abordam PSFs de alguma forma, o método SPAR-H é um dos poucos que aborda a potencial influência benéfica desses fatores. A Tabela 01 apresenta uma breve comparação do método PSF combinado com SPAR-H em relação a demais métodos combinados com PSFs.

Método	Descrição	Autor
SPAR-H	Analisa os efeitos do operador em suas ações e tomadas de decisão, utilizando HEP (Human Error Probability) e PSF (Performance Shaping Factor).	Gertman et al.
CREAM	Usa o método COCOM (Contextual Control Model) que foca nas ações tomadas pelo operador e as suas consequências. Usando um esquema de classificação de causas e modos de falha.	Hollnagel
THERP	Calcula a probabilidade do erro humano em tarefas, utilizando uma árvore de falhas e PSFs.	Swain e Guttman
HCR	Calcula a probabilidade de erro humano baseado em 3 PSFs - Experiência do operador, nível de estresse e qualidade da interface de trabalho.	Hannaman et al.
MERMOS	Método utilizado pela EDF (Electricite de France) para padronizar os métodos usados para adaptá-los da melhor forma na confiabilidade humana, é utilizado durante incidentes e acidentes nas operações de reatores nucleares.	EDF
ATHENA	ATHEANA (Uma técnica para análise de eventos humanos, em tradução livre) é um método para analisar possíveis situações que podem ter erros e contextos de erros potenciais para estimar as probabilidades de erro humano (HEPs).	Cooper et al.
SLIM	Calcula a probabilidade de erro humano utilizando 6 PSFs essenciais, ou elevando operações que foram introduzidas e o método de índice de probabilidade foi aplicado para determinar HEP de vários erros de operações.	Embrey et al.
HEART	Calcula a probabilidade de erro humano baseado nos EPCs, que são condições que influenciam no comportamento e na atividade do operador.	Williams

Tabela 01 – Métodos HRA X PSF (comparativa reforçando os benefícios do PSF).

Fonte: Gertman et al. (2004) e Dhillon (2009).

O método SPAR-H se mostra mais aderente a analisar PSFs intrínsecos às atividades laborais pois é um método HRA simples e de fácil aplicação para os manutentores e que retorna indicadores consistentes para tomada de decisão em relação ao fator que mais afeta a confiabilidade humana durante a execução da atividade. Por esse motivo o método PS combinado com SPAR-H foi escolhido para aplicação neste trabalho visto que é possível aplicar um simples questionário que facilita o entendimento da atividade analisada e melhora o consentimento dos operadores em questão.

Aplicação do método combinado PSF/SPAR-H na análise de confiabilidade humana em atividades de manutenção de UHEs

O presente trabalho foi aplicado em UHE para verificar a influência humana em trabalhos de manutenção industrial realizados em hidrogeradores tipo Francis. O Fluxograma da Figura 03 mostra a sequência de desenvolvimento do trabalho.



Figura 03 – Fluxograma das etapas

Fonte: Autoria Própria (2022).

Após a escolha do método mais viável (PSF SPAR-H) para aplicação, o questionário para avaliar os PSFs intrínsecos às atividades de manutenção foi gerado de forma física e aplicado para os manutentores de hidrogerador do tipo Francis em uma UHE. A Tabela 02 mostra o resultado da aplicação dos resultados para 4 atividades de manutenção.

Atividades*	Índice – Questionário PSF							
	Tempo disponível (t)	Estresse (e)	Complexidade (c)	Experiência e Treinamento (et)	Procedimentos (p)	Ergonomia (erg)	Habilidade para Execução (h)	Processo de Trabalho (pt)
A1 -Inspeção	1	1	2	1	1	10	1	1
A2 -Inspeção	1	1	2	1	1	1	1	1
A3 – Manutenção Preditiva	0,1	1	5	0,5	1	1	1	1
A4- Manutenção Preditiva	0,1	1	5	0,5	1	10	1	1
A5- Manutenção Preditiva	0,01	1	2	1	5	10	5	1

*A1 - Inspeção interna no vaso de pressão do sistema de ar de regulação do RV, conforme NR-13 / A2 - Inspeção na válvula de segurança e manômetro do Regulador de Velocidade/ A3 - Verificação das buchas do Trafo - Inverno / primavera e outono / A4-Verificação das buchas do Trafo - Verão (desconforto térmico)/ A5-Inspeção e ensaio no barramento.

Tabela 02 – Resultado aplicação questionário PSF.

Fonte: Autoria Própria (2022).

Posteriormente este questionário foi construído dentro do sistema informatizado resultante deste trabalho em formato Python. Esta automatização facilita o preenchimento

e agiliza o processo de alimentação de dados e cálculo do resultado. A Figura 04 a seguir mostra o questionário PSF automatizado no sistema informatizado desenvolvido.

Bem-vindo ao programa de Confiabilidade Humana!

Quantas pessoas vão responder esse questionário? 1
Vamos começar!

Qual o TEMPO disponível para a execução dessa atividade?

- a) Tempo insuficiente
- b) Tempo disponível é pouco menor que o tempo requerido
- c) Tempo suficiente
- d) Tempo disponível é ≥ 5 vezes maior que o suficiente
- e) Tempo disponível é ≥ 50 vezes maior que o suficiente
- f) Informação desconhecida

Resposta: c

Qual o nível de ESTRESSE envolvendo essa atividade?

- a) Extremo
- b) Alto
- c) Normal
- d) Informação desconhecida

Resposta: c

Figura 04 – Tela inicial do questionário

Fonte: Autoria Própria (2022).

Em relação ao cálculo dos PSFs identificados no questionário, pode ser que haja mais de um decisor para responder o questionário. Para tanto, faz-se necessário a agregação de julgamento dos decisores para obtenção de resultados.

Por fim, foi criado um modelo para caso houvesse mais de um decisor respondendo o questionário, para que as respostas não fossem divergentes e o. Para isso, foi utilizado um método para Agregação Individual de Julgamentos (AIJ).

Assim, no desenvolvimento do sistema especialista foi contemplado método de para agregação individual de julgamentos (AIJ) visando obter um resultado final com agregação das respostas de todos os tomadores de decisão. Esse método é sugerido quando um grupo é formado por indivíduos que não possuem objetivos comuns, tendendo a avaliar de acordo com suas preferências e valores, sem considerar a opinião dos demais membros do grupo. A equação 1 denominada CME é umas das formas de agregar julgamento entre decisores e sua construção é dada a seguir (FORMAN; PENIWATI, 1998; ESCOBAR; MORENO-JIMÉNEZ, 2007; AGUARON; MORENO-JIMÉNEZ, 2003):

$$C_{ME} = \sqrt[n]{x_1 * x_2 * x_3 * x_4 * ... * x_n} \quad (1)$$

Onde: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ são os valores dos pesos individuais atribuídos por cada decisor e n é o número de elementos.

Dessa forma, utiliza-se a média geométrica para convergir as respostas de todos os responsáveis pelo preenchimento do questionário de confiabilidade humana. Com isso, pode-se chegar a uma conversão de resultados após o resultado do questionário, reduzindo o risco de divergências. A Figura 05 mostra a tela do algoritmo estruturado para AIJ.

```
print(''''
      Bem-vindo ao programa de Confiabilidade Humana!
      ''')
decisores = int(input('Quantas pessoas vão responder esse questionário? '))
if(decisores>1):
    print('Bem-vindo!')

    for n in decisores:
        print('Vamos começar!')
        print('')
        print('')
        print('Qual o TEMPO disponível para a execução dessa atividade?')
        print('')
        print('a) Tempo insuficiente')
        print('b) Tempo disponível é pouco menor que o tempo requerido')
        print('c) Tempo suficiente')
        print('d) Tempo disponível é ≥ 5 vezes maior que o suficiente')
        print('e) Tempo disponível é ≥ 50 vezes maior que o suficiente')
        print('f) Informação desconhecida')
        print('')
        tempo = input('Resposta: ')

        if(tempo == 'a'):
            tempo = 1
        elif(tempo == 'b'):
```

Figura 05 – Método para agregação de respostas para mais de um decisor.

Fonte: Autoria Própria (2022).

Após a inserção dos dados (resposta do decisor às questões PSFs do questionário) no sistema especialista, foi estruturada a equação para calcular a probabilidade de erro humano (HEP). Para isso, é necessário encontrar o valor de PSFcomposite, que é dado pela equação 2:

$$PSF_{composite} = t \times e \times c \times et \times p \times erg \times h \times pt \quad (2)$$

Com o valor de PSFcomposite, deve-se utilizar o valor de NHEP (Nominal Human Error Probability) de acordo com o tipo de atividade: 0,01 para inspeção de manutenção e 0,001 para execução de manutenção. Logo, temos o valor da probabilidade de erro humano dada pela equação 3:

$$HEP = NHEP \times PSF_{composite} \quad (3)$$

Onde: NHEP é Nominal Human Error Probability; PSF é Performance Shaping Factor

Caso o PSFcomposite > 1, é usado o NHEP (Nominal Human Error Probability) para balancear a equação mostrada na equação 4 abaixo:

$$HEP = \frac{NHEP.PSF_{composite}}{NHEP.(PSF_{composite}-1)+1} \quad (4)$$

E a variável que possui maior valor é a que possui maior criticidade dentro da expressão. Como no resultado da atividade de inspeção nas Buchas do trafo na estação de verão mostrado na figura 06 abaixo:

QUAL É O TIPO DE ATIVIDADE REALIZADA?

- a) Execução de manutenção
- b) Inspeção de manutenção

Resposta: a

O RESULTADO FINAL DESSA ATIVIDADE É
O valor final do HEP é: 0.00249625562
A variável com maior peso é o(a): Ergonomia

Figura 06 – Resultados na atividade de inspeção nas Buchas (Trafo) - Verão.

Fonte: Autoria Própria (2022).

Os questionários respondidos para este trabalho foram realizados apenas por um responsável, porém caso houvesse a necessidade para mais de um decisor, seria utilizado o método SPAR-H - AIJ para agregação das informações.

Identifica-se que junto aos resultados das probabilidades de erro humano possui a variável com maior influência no resultado final. No caso da atividade de verificação das buchas o valor HEP que varia de 1 a 1E-5 é igual a 0,002496, isto representa a probabilidade de erro humana nessa atividade de manutenção preditiva, e a variável que mais influencia este resultado é a ergonomia indicada como nível 10 (máximo) na escala do questionário PSF respondido pelos manutentores (especialistas).

Portanto, ao identificar que os erros na manutenção possuem chances de serem ocasionadas pela falha humana, o responsável já consegue identificar qual é o principal problema que possui maior influência no resultado e partir para melhorias do problema na atividade em questão, acelerando o processo de tomada de decisão e melhoria da empresa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação do questionário das variáveis que analisa PSFs das atividades de manutenção em hidrogeradores obteve-se as criticidades apresentadas na Tabela 02. É possível verificar a influência do resultado pela Figura 07.

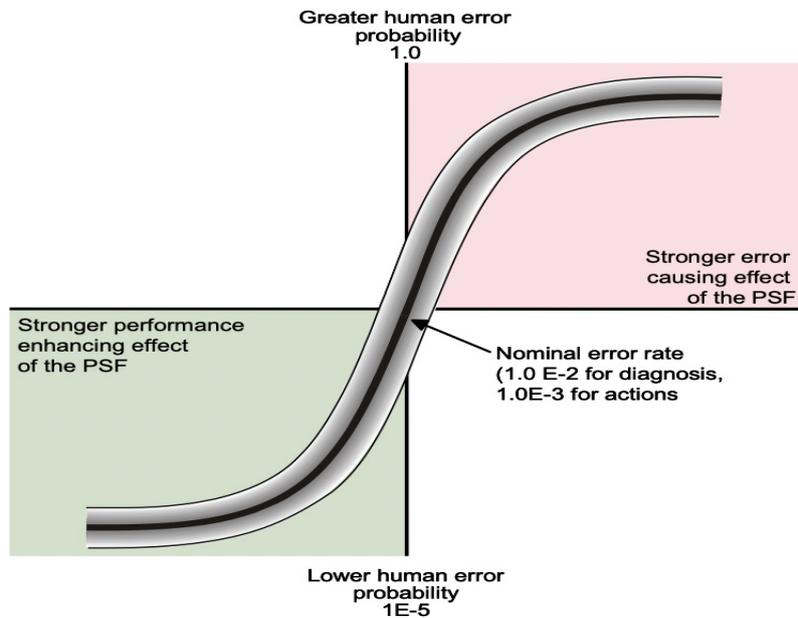


Figura 07- Escala de Influência dos fatores PSF
 Fonte: U.S. Nuclear Regulatory Commission (2005)

Com esses valores foi possível obter o nível da interferência humana nas atividades analisadas. A Tabela 03 apresenta o nível HEP (Human Error Probability) de cada atividade:

Atividade	HEP	Interferência humana
A1	0,2	Maior
A2	0,02	Maior
A3	0,00025	Menor
A4	0,002496	Maior
A5	0,005	Maior

Tabela 03 – Resultados da probabilidade de erro humano.
 Fonte: Autoria Própria (2022).

Nota-se que nas atividades analisadas para o estudo, apenas a atividade de verificação das buchas do trafo apresenta menor interferência humana no erro da manutenção. Isso mostra que o nível de qualidade e preparo para a execução dessas atividades não estão em níveis adequados, necessitando de um aumento no padrão de qualidade dessas tarefas. Devido a isso, falhas na manutenção tornam-se frequentes, aumentando o tempo de maquinário parado, os custos da empresa e aumentando o risco de acidentes durante a atividade.

Além disso, a atividade de verificação nas Buchas do Trafo elevador do hidrogerador apresenta diversidade em relação às variáveis PSFs quando realizada no verão, ou seja, o fator ergonômico em relação ao conforto térmico é mais agressivo nessa época do ano, devido a soma do calor ambiente e o calor do Trafo. Pode-se notar que o resultado final é 10 vezes maior no verão, pois o valor nessa estação do ano apresenta o valor 10 na ergonomia, enquanto nas demais o seu valor de ergonomia é 1. Como resultado, o método de análise de confiabilidade humana PSF SPAR-H visa identificar fatores relacionados a erros humanos e propor qual variável possui maior urgência a ser melhorada.

Dito isso, observa-se que a ergonomia é a principal variável que atua como proble-

mática na execução das atividades, dessa forma, é possível melhorá-la incluindo micro pausas de 30 segundos ou 60-90 segundos após um intervalo de tempo de atividade realizada (KOSHY et al., 2020).

5. CONCLUSÃO

O método para análise da confiabilidade humana PSF combinado com SPAR-H se mostrou eficiente em representar a realidade dos riscos relacionados às atividades de manutenção em hidrogeradores, apontando as variáveis PSFs mais críticas que afetam o desempenho e segurança durante a execução dessas atividades. O resultado apresentou que a ergonomia é a variável com maior influência na probabilidade de falha humana em 60% das atividades avaliadas. Isto possibilitou a sugestão de recomendações como a inclusão de micro pausas em intervalos de tempo específicos, para que o operador tenha melhor qualidade durante a sua jornada de trabalho, e melhorando, assim, a ergonomia da atividade.

Ressalta-se que os especialistas de manutenção aprovaram o método HRA aplicado pela sua facilidade e praticidade de aplicação, sendo muito intuitivo para responder o questionário com assertividade e com resultados que representam a realidade dos riscos relacionados às atividades de manutenção na empresa.

Finalmente se recomenda para trabalho futuro a expansão da aplicação do método para avaliação das demais atividades manutenção e operação em sistemas de energia e em outros ramos industriais, visando garantir segurança aos trabalhadores e melhoria na confiabilidade e disponibilidade dos sistemas industriais.

Referências

- BRASIL. ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução n. 161** de abril de 2001.
- BRAGLIA, Marcello; CASTELLANO; FROSOLINI, Marco. **An Integer Linear Programming Approach to Maintenance Strategies Selection**. International Journal of Quality & Reliability Management, vol. 30, n. 9, p. 991 - 1016, 2013.
- BERTOLINI, Massimo; BEVILACQUA, Maurizio; BRAGLIA, Marcello; FROSOLINI, Marco. **An Analytical Method for Maintenance Outsourcing Service Selection**. International Journal of Quality & Reliability Management, vol. 21, n. 7, p. 772-788, 2004.
- DHILLON, B. S. **Maintainability, maintenance and reliability for Engineers**. 1st. ed. New York: CRC Press, 2006.
- MANCUSO, A; COMPARE, M; SALO, A.; ZIO, E. **Portfolio Optimization of Safety Measures for the Prevention of Time Dependent Accident Scenarios**. Reliability Engineering and System Safety, n.190, 2019.
- ANTONOVSKY, A.; POLLOCK, C.; STRAKER, L. **Identification of the Human Factors Contributing to Maintenance Failures in a Petroleum Operation**. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, v. 56, n. 2, p. 306–321, 3 2014.
- FIGUEIRÔA FILHO, CELSO LUIZ SANTIAGO. **Metodologia para inclusão de um novo fator de influência na estimativa da probabilidade de falha humana e análise do impacto na confiabilidade de equipamentos**. Tese de Doutorado do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL-PEI, UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, 2020
- BLACKMAN, H. S. **Applicability of current HRA quantification techniques to human failures related to digital control systems**. In: Advances in Intelligent Systems and Computing. [S.l.: s.n.], 2019. v. 778.

ISBN 9783319943909. ISSN 21945357.

DHILLON, B. S. **Human Reliability, Error, and Human Factors in Engineering Maintenance with Reference to Aviation and Power Generation**. CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, an Informa business, 2009.

BORING, R. L. et al. **Issues in benchmarking human reliability analysis methods: A literature review**. Reliability Engineering & System Safety, v. 95, n. 6, p. 591–605, 2010. ISSN 09518320

VARMA, V. (1996). **Maintenance training reduces human errors**. Power Eng. 98:44–47.

WALCKER, L. et al. **A influência do erro humano, na opinião de usuários de um sistema produtivo da área da saúde**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., 2008.

POLACINSKI, E. et al. **Uma análise do grau de motivação e satisfação dos colaboradores do Setor Público Municipal na cidade de Santa Maria – RS**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006., Bauru. Anais eletrônicos [...].

BARROS, Maria; SCANDELARI, Luciano. **Confiabilidade humana no trabalho: uma abordagem ergonômica na prevenção da falha humana em um processo de reestruturação produtiva**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006., Bauru. Anais eletrônicos [...].

GROTH, K.M. MOSLEH, A. (2010). **A Data-Informed Model of Performance Shaping Factors and their Interdependencies for Use in Human Reliability Analysis**. Conference: Proceedings of the 2009 Annual Conference of the European Society for Reliability (ESREL 2009), Prague, Czech Republic

SANTOS, P. A; MELO, P.F. **Fator Humano – Uma Proposta de Abordagem para a Identificação de Fatores de Desempenho (PSFs) em Instalações Nucleares**. In: ABRISCO, 2015. Anais eletrônicos [...].

MAIDA, F.G. **A Confiabilidade Humana em Unidades de Processamento de Refinarias de Petróleo**. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

_____. **Performance in Process Industries**. American Institute Petroleum API Publication 770. Março, 2001.

SWAIN, A.D. & GUTTMAN, H.E. **Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications**. 1983, NUREG/CR-1278, USNRC.

HANNAMAN, G.W.; SPURJIN, A.J.; LUKIC, Y.D. **Human cognitive reliability model for PRA analysis. Draft Report NUS-4531, EPRI Project RP2170-3**. 1984, Electric Power and Research Institute: Palo Alto, CA.

MEYER, Patrick; LE BOT, Pierre; PESME, Helene. **MERMOS: an extended second generation HRA method**. Industrial Risk Management Department, EDF R&D, Clamart, France, 2007.

COOPER, S.E., RAMEY-SMITH, A.M. & WREATHALL, J. **A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA)**. 1996, US Nuclear Regulatory Commission.

UNITED STATES OF AMERICA. Idaho National Laboratory. **The SPAR-H Human Reliability Analysis Method**. Agosto de 2005.

KOSHY, Kiron et al. **Interventions to improve ergonomics in the operating theatre: A systematic review of ergonomics training and intra-operative microbreaks**. Annals of Medicine and Surgery, Volume 55, 2020, Pages 135-142, ISSN 2049-0801, <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2020.02.008>.

GERTMAN, David I et al. **The SPAR-H Human Reliability Analysis Method**. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory. Ohio: (NPIC&HMIT2004), 2004.



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

9

**A INFLUÊNCIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO
E DAS TECNOLOGIAS DO SÉCULO XXI NA
QUALIDADE DE VIDA DOS TRABALHADORES**

*THE INFLUENCE OF WORK SAFETY AND XXI CENTURY
TECHNOLOGIES ON THE QUALITY OF LIFE OF WORKERS*

Leonardo Lima Gomes

Bruno Leite Cruz



[10.29327/5170404.1-9](https://doi.org/10.29327/5170404.1-9)

Resumo

A Qualidade de Vida no Trabalho tem se tornado ao longo dos anos um quesito importante na produtividade das organizações, recebendo grande contribuição da segurança no desempenho das tarefas e no uso eficiente das tecnologias. Atualmente, o sucesso das empresas está diretamente ligado ao eficiente sistema de gestão de saúde e segurança que praticam. Através de um estudo bibliográfico, o artigo tem como objetivo compreender os efeitos das tecnologias do século XXI e da segurança do trabalho na qualidade de vida dos trabalhadores inicialmente. Assim, apresentou-se o conceito de qualidade de vida no trabalho, listando as principais tecnologias do século XXI e destacando a importância da segurança do trabalho nesse processo. Dessa forma, compreendeu-se que os efeitos das tecnologias do século XXI e da segurança do trabalho têm impacto direto na qualidade de vida dos trabalhadores.

Palavras-chave: Qualidade de Vida no Trabalho. Tecnologia. Segurança do Trabalho.

Abstract

The Quality of Life at Work has become over the years an important issue in the productivity of organizations, receiving a great contribution from safety in the performance of tasks and the efficient use of technologies. Currently, the success of companies is directly linked to the efficient health and safety management system they practice. Through a bibliographical study, the article aims to understand the effects of 21st century technologies and work safety on the quality of life of workers initially. Thus, the concept of quality of life at work was presented, listing the main technologies of the 21st century and highlighting the importance of work safety in this process. Thus, it was understood that the effects of 21st century technologies and work safety have a direct impact on workers' quality of life.

Keywords: Quality of life at work. Technology. Workplace safety.

1. INTRODUÇÃO

O estudo a respeito da influência das tecnologias e da segurança do trabalho na qualidade de vida dos trabalhadores perpassa pelo conhecimento de todas as variáveis que fazem parte deste processo, desde os aspectos formais e legais das normas, até os aspectos humanos e das relações interpessoais no trabalho. A Qualidade de Vida no Trabalho (QVT), é conhecida como o conjunto de ações das organizações que visam manter as melhores condições de trabalho e de produtividade, no âmbito individual, coletivo, físico, psicológico e principalmente de segurança. O surgimento e avanço tecnológico tem contribuído de forma positiva na promoção de segurança no trabalho e, conseqüentemente, aumentado o nível de QVT nas organizações.

No seu estudo, Vasconcelos (2012), analisou os critérios: compensação justa e adequada, condições de trabalho, oportunidade de uso e desenvolvimento de capacidades, oportunidade de crescimento e segurança, integração social no trabalho, trabalho e espaço de vida, relevância social da vida no trabalho. Estes critérios têm aspectos de gestão de pessoas, mostrando que a QVT pode ser administrada pelo gestor do colaborador, assim, podendo proporcionar um excelente ambiente de trabalho dentro da organização.

Um estudo realizado no Irã avaliou ações referentes a posturas e ergonomia e as associou aos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e concluiu que estas são as principais causas de perda de dias de trabalho, aumento de custos operacionais e de manutenção, assim como, de doenças ocupacionais em diversos países (HEIDARIMOGHADAM, 2020).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Compreender os efeitos das tecnologias do século XXI e da segurança do trabalho na qualidade de vida dos trabalhadores.

2.2 Objetivos específicos

- Conceituar qualidade de vida no trabalho (QVT);
- Listar as principais tecnologias do século XXI ligadas ao trabalho;
- Destacar a importância da segurança no trabalho para os trabalhadores.

3. METODOLOGIA

De acordo com Marconi (2000), a metodologia é o estudo do processo de pesquisa, utilizada para uma elaboração de um determinado assunto, os quais respondem como fazê-lo de forma eficiente. A metodologia é uma disciplina normativa definida como estu-



do sistemático e lógico dos princípios que dirigem a pesquisa científica, desde suposições básicas e técnicas de indagação.

Para este estudo, foi realizada uma revisão de literatura e para tal foi utilizada a metodologia de pesquisa bibliográfica, utilizando-se material acadêmico disponível para consulta em bases de dados como Scopus, Science Direct, Scielo, além de bibliografia clássica do tema em pauta.

4. QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO (QVT)

Historicamente, as primeiras anotações acerca do estudo da qualidade de vida no trabalho (QVT), foram feitas por Louis Davis, professor da Universidade da Califórnia, em meados de 1970, ao desenvolver projetos sobre plano de cargos e salários de empresas. Seu conceito era pautado principalmente na preocupação do bem-estar e na saúde dos trabalhadores.

O escopo geral da QVT reside no antagonismo entre as duas partes interessantes no processo produtivo: de um lado os empregados, que reivindicam condições seguras e de qualidade para desempenho das tarefas, do outro lado, os empregadores, que buscam extrair o máximo de produtividade de cada empregado, com o mínimo custo possível. (CHIAVENATO, 1999).

Não há uma definição absoluta para QVT. Entretanto, as principais definições envolvem três aspectos em comum: pessoa, ambiente e psicológico. Nesse contexto, abordar os conceitos de QVT remete ao pensamento de que, no processo produtivo, o trabalhador tem papel principal. Para o melhor entendimento disso, há algumas definições que merecem destaque.

Segundo Chiavenato (1999), a QVT está ligada ao fato de que a organização precisa oferecer ao trabalhador a estrutura suficiente para que este esteja apto a desempenhar suas funções de forma planejada e motivada, onde possa demonstrar toda sua capacidade de produção.

De acordo com a pirâmide de Maslow, como mostra a Figura 1, para o trabalhador ter uma qualidade de vida no trabalho, ele precisa estar satisfeito desde as necessidades básicas até as necessidades de auto-realização. É importante destacar que, para um processo de QVT eficiente, a organização precisa oferecer ao colaborador as condições necessárias para o alcance dessas necessidades. Aliado à essa teoria, Frederick Herzberg, um psicólogo e professor norte-americano, corrobora com a teoria dos dois fatores.

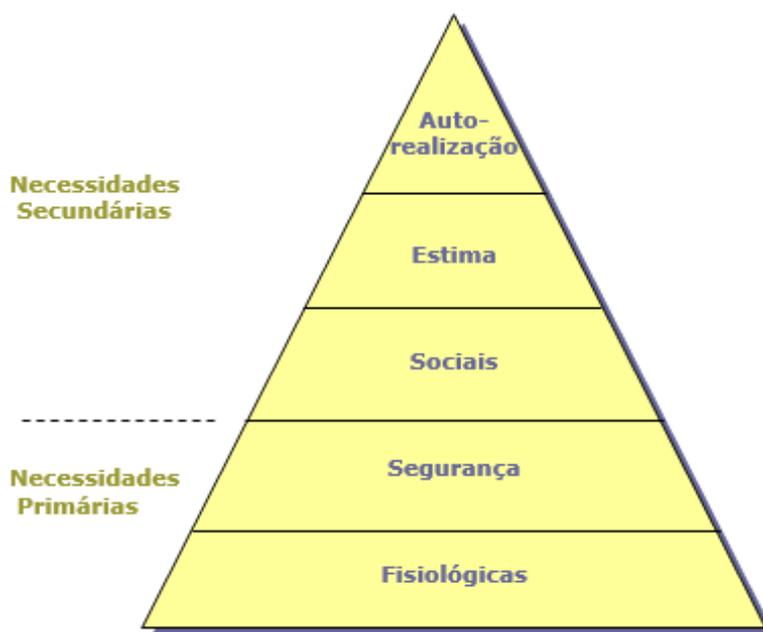


Figura 1 – Hierarquia das necessidades, segundo Maslow
 Fonte: Chiavenato (2003), adaptado pelo autor

De acordo a teoria dos dois fatores de Herzberg, no cumprimento de suas tarefas, o trabalhador tem duas orientações que determinam seu comportamento, como apresentado na Figura 2. A primeira está relacionada aos fatores motivacionais, que são estão relacionados com aquilo que ele faz e desempenha na empresa, que pode, na sua falta, gera uma não-satisfação, e na sua presença, gera a satisfação. A segunda orientação, relaciona-se com os fatores higiênicos, que se destacam por serem definidos pela organização que o colaborador está inserido, e não depende dele para ocorrer. Na sua falta, gera a insatisfação, e na sua presença, gera a não-insatisfação.



Figura 2 – Teoria dos dois fatores, segundo Herzberg
 Fonte: Chiavenato (2003, p. 334)

Das figuras citadas anteriormente, há a relação de que, para que a QVT seja satisfatória, é preciso que a organização conheça a fundo os processos comportamentais envolvidos, e que haja estrutura capaz de fazer com que o colaborador desempenhe suas atividades de maneira segura e que este, esteja motivado e satisfeito em fazer parte do processo.

De maneira mais abrangente, LIMONGI-FRANÇA (2004), discorre que conceituar QVT, é um tanto quanto confuso, pois engloba temas que estão desde as ações médicas, até as ações voluntárias onde não se consegue controlar. Cada momento vivido pela so-

cidade durante a vida, desencadeia paradigmas para as questões de QVT.

Outra definição pertinente sobre QVT, vem de Fernandes (1996, apud, Alves, Correa e Silva 2019, p. 208), que sintetiza tal fenômeno como sendo as “idéias associadas às melhorias nas condições físicas, menor jornada de trabalho e maiores salários”. Para explicar essa afirmação, Chiavenato (1999), corrobora que existem vários modelos que desenham a QVT de forma clara e sucinta.

Sobre os aspectos que envolvem a QVT, Chiavenato (1999, p. 391), lista os que mais influenciam no momento de mensuração de tal fator nas organizações:

1. A satisfação com o trabalho executado
2. As possibilidades de futuro na organização
3. O reconhecimento pelos resultados alcançados
4. O salário percebido
5. os benefícios auferidos
6. O relacionamento humano dentro do grupo e da organização
7. O ambiente psicológico e físico de trabalho
8. A liberdade e responsabilidade de decidir
9. As possibilidades de participar

A partir dos fatores citados acima, percebe-se que a identificação da qualidade de vida no trabalho está dividida em dois grandes grupos: de um lado, os fatores que dependem unicamente do trabalhador; do outro, os fatores que dependem da empresa. Será o equilíbrio entre as duas partes que definirá o nível de QVT que a organização terá.

Para exemplificar melhor ainda o tema QVT, Chiavenato (1999), discorre que há 3 modelos principais quanto ao entendimento e aplicação da QVT nas organizações. O primeiro modelo, defendido por Nadler e Lawler, descreve que a QVT se fundamenta na participação de cada trabalhador nas decisões tomadas, com a possibilidade de criação de grupos autônomos de trabalho, aliado à inovação nos sistemas de recompensas e na melhoria do ambiente de trabalho como um todo. O segundo modelo, criado por Hackman e Oldhan, defende que a QVT está ligada diretamente com o desenho de cargos e salários da organização, que produz no trabalhador a satisfação e automotivação para trabalhar. O terceiro modelo definido por Walton, e certamente o mais difundido no meio organizacional, é o de que, para se estabelecer uma QVT eficiente, é preciso olhar a organização em sua totalidade, e dimensionar de forma clara os aspectos envolvidos no processo.

No contexto internacional, observa-se o estudo de Mosisa (2020), que analisou a QVT e alguns elementos associados às atividades realizadas por enfermeiros que trabalham em hospitais públicos da Etiópia. Verificou-se que as empresas, neste caso hospitais, deveriam focar e priorizar a qualidade de vida dos profissionais para reter funcionários comprometidos, qualificados e predispostos a crescer profissionalmente. A melhoria da QVT, entre os profissionais de saúde, particular os enfermeiros, objetos do estudo, tem reflexo direto e positivo nos resultados dos tratamentos dos pacientes. Porém, naquele país, pouca informação é conhecida sobre a QVT.

4.1 Tecnologias do século XXI e suas tendências

O avanço tecnológico no último século tem sido um divisor de águas para as organizações. Métodos de trabalho, eficiência na produtividade, segurança nos processos e informações, rapidez na resolução de problemas e globalização de uma forma geral, são alguns dos muitos benefícios da tecnologia para as empresas.

Em um significado mais científico, segundo Carneiro (2016), tecnologia é a junção de conhecimentos científicos aplicados a um determinado ramo de atividade, capaz de desenvolver soluções inovadoras para um problema. Falar em tecnologia remete-nos a comparações com nossos antepassados, na forma de trabalhar, agir e pensar. Para Silva (2003, p 53), “quando falamos em tecnologias de produto e processo, [...] estamos nos referindo a um conjunto de tecnologias inter-relacionadas dentro do contexto de um produto ou de um processo, ao qual designaremos daqui para a frente microtecnologia”. Isso implica refletir que, o produto ou processo é fruto da união de várias microtecnologias resultando na sua fabricação a fim de solucionar um problema da sociedade.

Os avanços tecnológicos favorecem a humanidade a todo momento. Numa visão mais estrita, há as tecnologias surgidas com o interesse único de facilitar a produtividade da organização, fazendo com que as tarefas sejam cumpridas com mais agilidade e segurança.

Dentre as mais diversas tecnologias organizacionais surgidas a partir do século XXI, conforme é destacado pelo SEBRAE (2022), três delas que fazem toda a diferença no âmbito da segurança do trabalho.

A primeira tecnologia listada pelo autor, denominada como internet das coisas, auxilia na produção de relatórios e no monitoramento de possíveis riscos. A segunda tecnologia, robôs e drones, ajudam na inspeção de locais de difícil acessos evitando o contato direto do trabalhador com possíveis gases tóxicos. A terceira tecnologia, realidade virtual, colabora na simulação de situações reais, onde o trabalhador possa ser orientado da maneira mais adequada a tomar decisões.

4.2 Segurança no trabalho e seu efeito para os trabalhadores

De acordo com GOV (2020), as Normas Regulamentadoras (NR) são o conjunto de direitos e deveres que as organizações e os trabalhadores devem cumprir, a fim de evitar doenças e acidentes de trabalho. Na relação de emprego, empregado e empregador devem estar cientes de suas obrigações, cada um cumprindo seu papel, conforme regem as NR.

A segurança do trabalho é fator primordial para o sucesso das organizações. A meta para os riscos e possíveis acidentes de trabalhos deve ser sempre zero. O principal objetivo do estudo e da aplicação das Normas Regulamentadoras de saúde e segurança no trabalho é fazer com que a organização tenha seus lucros e que o trabalhador tenha um nível excelente de qualidade de vida, desempenhando suas atividades de forma segura.



5. CONCLUSÃO

Diante do exposto, ao passo que foi conceituado sobre a qualidade de vida no trabalho, listado as tecnologias do século XXI, que auxiliam na aplicabilidade das atividades na segurança no trabalho, e que foi destacado a importância da segurança do trabalho para os colaboradores, percebeu-se que o objetivo de compreender os efeitos das tecnologias do século XXI e da segurança no trabalho na qualidade de vida dos trabalhadores, foi alcançado com êxito. O trabalho sendo desenvolvido com segurança, aliado às tecnologias para facilitar a execução das tarefas, favorece, em alto potencial, para que a organização eleve os níveis de qualidade de vida no trabalho de seu pessoal.

Referências

ALVES, Cinthya Rafaela Araújo; CORREIA, Ana Maria Magalhães; SILVA, Armstrong Martins da. Qualidade de vida no trabalho (qvt): um estudo em uma instituição federal de ensino superior. **Revista GUAL**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 205-227, janeiro-abril 2019. doi.org/10.5007/1983-4535.2019v12n1p205.

CARNEIRO, Ewerton Azevedo. **Introdução à tecnologia em segurança no trabalho** [livro eletrônico]. São Luís: UEMAnet, 2016. 22 p. rev. ISBN: 978-85-8462-030-2.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

_____. **Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

FERNANDES, Eda Conte. **Qualidade de vida no trabalho: como medir para melhorar**. São Paulo: Casa da Qualidade, 1996. 118 p.

GOV. **Normas Regulamentadoras – NR**. Publicado em 22/10/2020. Atualizado em 22/12/2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>. <Acesso em 27 de dezembro de 2022>.

HEIDARIMOGHADAM, R.; MOHAMMAD FAM, I.; SOLTANIAN, A.R.; KHOTANLOU, H.; SOHRABI, M.S. Study protocol and baseline results for a quasi-randomized control trial: An investigation on the effects of ergonomic interventions on work-related musculoskeletal disorders, quality of work-life and productivity in knowledge-based companies. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 80, 2020.

KLEIN, L. L., PEREIRA, B. A. D., & LEMOS, R. B. Qualidade de vida no trabalho: Parâmetros e avaliação no serviço público. **Revista de Administração Mackenzie**, 2019. doi:10.1590/1678-6971/eRAMG190134.

LIMONGI-FRANÇA, A. C. **Qualidade de Vida no Trabalho - QVT: conceitos e práticas nas empresas da sociedade pós-industrial**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MARCONI, M; LAKATOS, E. **Metodologia do trabalho científica**. São Paulo: Atlas, 2000.

MOSISA, G.; ABADIGA, M., OLUMA, A., WAKUMA, B. Quality of work-life and associated factors among nurses working in Wollega zones public hospitals, West Ethiopia: A cross-sectional study. **International Journal of Africa Nursing Sciences**, 17, 2020.



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

10

**CORREÇÃO DE VIÉS POR MEIO DE BOOTSTRAP
DE BLOCO MÓVEL PARA UM PROCESSO
ARMA(1,1)**

*CORRECTION OF BIES THROUGH MOVING BLOCK
BOOTSTRAP FOR AN ARMA(1,1) PROCESS*

Caroline Cogo Carneosso

João Inácio Scrimini

Cleber Bisognin



[10.29327/5170404.1-10](https://doi.org/10.29327/5170404.1-10)

Resumo

Neste trabalho estamos interessados em estudar séries temporais de memória curta, como o processo $ARMA(1,1)$. O principal objetivo é efetuar uma comparação entre Monte Carlo (MMC) e *bootstrap* de bloco móvel (MBB) na estimação de parâmetros, sobretudo em séries temporais com tamanhos amostrais pequenos. Para isso, foram realizadas simulações de MMC e de MBB, aplicados juntamente aos métodos de otimização, estimação por máxima verossimilhança (EMV) e soma de quadrados condicional (CSS), para um processo $ARMA(1,1)$, definidos por $\phi_1 = 0,5$ e $\theta_1 = -0,7$, e utilizando tamanhos amostrais de 50 e 100. Para o método MBB foram definidos os blocos de tamanho 5, 10, 15, 20, 25, 40 e 45, e um bloco igual à 0 representando o método de MMC. Para verificar a acurácia das estimativas dos parâmetros, foram analisados principalmente a média, o viés e o erro quadrático médio (EQM) para a comparação entre os métodos. Constatamos que para a estimação dos parâmetros para $n = 50$ o método MBB-CSS com tamanhos de blocos menores é mais eficiente quando comparado ao MMC, já para $n = 100$, se destaca o MBB-EMV, porém com tamanhos de blocos maiores. Logo, verifica-se que o MBB é superior para a estimação de séries temporais, e é válido para o melhoramento das estimativas dos parâmetros.

Palavras-chave: Séries temporais, ARMA, *Bootstrap*, Simulação de Monte Carlo

Abstract

In this work we are interested in studying short-memory time series, such as the $ARMA(1,1)$ process. The main objective is to compare between Monte Carlo (MMC) and moving block *bootstrap* (MBB) in the estimation of parameters, particularly in time series with small sample sizes. For this, simulations of MMC and MBB were performed, applied together with optimization methods, maximum likelihood estimation (EMV) and conditional sum of squares (CSS), for a $ARMA(1,1)$ process, defined by $\phi_1 = 0.5$ and $\theta_1 = -0.7$, and using sample sizes of 50 and 100. For the MBB method, blocks of size 5, 10, 15, 20, 25, 40 and 45, and a block equal to 0 representing the mmc method. To verify the accuracy of the estimates of the parameters, the mean, the bias and the mean square error (MSE) were analyzed for the comparison between the methods. We confirm that for the estimation of parameters for $n = 50$, the MBB-CSS method with smaller block sizes is more efficient when compared to MMC, already for $n = 100$, the MBB-EMV is highlighted, but with larger block sizes. Therefore, it verifies that the MBB is superior for the estimation of time series, and is valid for improving the estimates of the parameters.

Key-words: Time series, ARMA, *Bootstrap*, Monte Carlo simulation

1. INTRODUÇÃO

O processo ARMA (Auto Regression Moving Average) é considerado um processo de memória curta, uma vez que a função de autocorrelação (FAC) decai para zero exponencialmente, ou seja, mais rápido do que um processo de memória longa, o qual é um processo estacionário em que a função de autocorrelação decresce hiperbolicamente para zero. Tais processos foram propostos por Box e Jenkins (1976) para séries temporais estacionárias. A estacionariedade destes processos também pode ser verificada através das raízes dos seus polinômios (autorregressivo e de médias móveis). A estimação dos parâmetros dos processos ARMA está diretamente ligada a estacionariedade destes processos que por sua vez está ligada aos coeficientes dos polinômios. Os estimadores de máxima verossimilhança (EMV) e soma de quadrados condicionais (CSS) são usualmente utilizados para a estimação dos parâmetros destes processos. Através de simulações de Monte Carlo, principalmente para séries temporais de tamanho pequeno, podemos perceber que existem intervalos para os coeficientes dos polinômios que, mesmo satisfazendo a estacionariedade destes processos, os estimadores apresentam um vício razoavelmente grande, mesmo sendo estimadores consistentes. Desta forma, faz-se necessário a aplicação de outras técnicas para melhorar a estimação dos parâmetros.

Bootstrap é um método de reamostragem introduzido por Efron (1979), muito útil e poderoso, devido à sua simplicidade e versatilidade, uma vez que, quando os métodos paramétricos e a teoria estatística não funcionam, permite aproximar cada estimativa aplicando uma amostragem aleatória com reposição nos dados. Além disso, atua satisfatoriamente em uma variedade de problemas complexos de estimação. Entretanto, para dados dependentes do tempo, o *Bootstrap* clássico não pode ser usado, pois não é capaz de replicar a estrutura de correlação das séries temporais. Então, Hall, Horowitz e Jing (1995) propuseram o *bootstrap* em bloco, o método não paramétrico mais conhecido para implementar o *bootstrap* com dados de séries temporais. Ele consiste em reamostrar aleatoriamente blocos de valores sequentes dos dados e alinhar esses blocos em uma amostra de *bootstrap*.

Os métodos frequentemente usados em *bootstrap* de bloco são o *bootstrap* de bloco móvel (MBB) ou *bootstrap* em blocos com repetição (KUNSCH, 1989; LIU E SINGH, 1992), *bootstrap* de bloco não sobreposto (NBB) ou *bootstrap* em blocos sem repetição (CARLSTEIN, 1986), *bootstrap* de bloco circular (CBB) (POLITIS; ROMANO, 1992) e *bootstrap* estacionário (SB) (POLITIS; ROMANO, 1994).

Neste estudo iremos realizar uma comparação de métodos de estimação, onde será implementado simulações de Monte Carlo (MMC) e *bootstrap* de bloco móvel (MBB), com o objetivo de testarmos um melhoramento das estimativas de um processo ARMA(1,1).

O presente estudo encontra-se dividido da seguinte forma: após à introdução sobre o tema, com a contextualização e o objetivo, na Seção 2 apresenta-se a metodologia delineando os métodos utilizados, como a definição e propriedades do processo ARMA, métodos de estimação dos parâmetros e *Bootstrap* utilizados. Na Seção 3, apresentam-se os resultados contendo tabelas e gráficos das simulações de Monte Carlo. Por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões finais sobre o trabalho, seguida das referências utilizadas.

2. METODOLOGIA

Nesta seção apresentamos os processos $ARMA(p, q)$, métodos de estimação dos parâmetros e o método de *bootstrap* de blocos móveis para redução do vício nos métodos de estimação.

2.1 Modelos ARMA e suas propriedades

A definição a seguir apresenta os processos $ARMA(p, q)$ propostos por Box e Jenkins (1976).

Definição 1: Seja $\{X_t\}_{t \in \mathbb{Z}}$ um processo estocástico satisfazendo a equação (1)

$$\phi(B)(X_t - \mu) = \theta(B)\varepsilon_t, \quad (1)$$

onde: μ é a média do processo, $\{\varepsilon_t\}_{t \in \mathbb{Z}}$ é o processo ruído branco, $s \in \mathbb{N}$ é a sazonalidade, B é o operador defasagem ou retardo, isto é, $B^j(X_t) = X_{t-j}$, para $j \in \mathbb{N}$, $\phi(\cdot)$ e $\theta(\cdot)$ são os polinômios de ordem p e q , respectivamente, definidos pelas equações (2)

$$\phi(z) = \sum_{\ell=1}^p (-\phi_\ell)z^\ell, \quad \theta(z) = \sum_{m=1}^q (-\theta_m)z^m, \quad (2)$$

com $\phi_\ell, 1 \leq \ell \leq p$ e $\theta_m, 1 \leq m \leq q$ são constantes reais e $\phi_0 = -1 = \theta_0$. Então $\{X_t\}_{t \in \mathbb{Z}}$ é um processo autorregressivo de média móvel de ordem (p, q) , denotado por $ARMA(p, q)$.

A Proposição 1 apresenta algumas propriedades dos processos $ARMA(p, q)$ e a demonstração pode ser encontrada em Box e Jenkins (1976) e Brockwell e Davis (1991).

Proposição 1: Seja $\{X_t\}_{t \in \mathbb{Z}}$ um processo $ARMA(p, q)$ que satisfazendo a Definição 1. Assume que as equações $\phi(B) = 0$ e $\theta(B) = 0$, não possuem raízes em comum. Então as seguintes afirmações são verdadeiras:

- processo é invertível, se todas as raízes da equação $\theta(B) = 0$, como equação de B , estão fora do círculo unitário;
- processo é estacionário, se todas as raízes da equação $\phi(B) = 0$, como equação de B , estão fora do círculo unitário.

A demonstração da Proposição 1 pode ser encontrada em Box e Jenkins (1976) e Brockwell e Davis (1991).

2.1 Modelos ARMA e suas propriedades

Nesta seção apresentamos os estimadores de máxima verossimilhança e soma dos quadrados condicionais. A seguir, definimos o estimador de máxima verossimilhança (EMV).

Seja $\{X_t\}_{t=1}^n$ uma série temporal com média $\boldsymbol{\mu} = (\mu_1, \dots, \mu_n)^T$ e a matriz de variância e covariâncias $(n \times n)$ dada por

$$\mathbf{\Omega} = E(\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})(\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})^T,$$

ou

$$\mathbf{\Omega} = \begin{bmatrix} \gamma_X(0) & \cdots & \gamma_X(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_X(n) & \cdots & \gamma_X(0) \end{bmatrix},$$

onde $\gamma_X(n)$ é a função de autocovariância do processo ARMA(p, q).

A função de verossimilhança é dada pela função normal multivariada dada por

$$L(\boldsymbol{\eta}) = (2\pi)^{-n/2} |\mathbf{\Omega}|^{1/2} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})^T \mathbf{\Omega}^{-1}(\mathbf{X} - \boldsymbol{\mu})\right\}.$$

O estimador de máxima verossimilhança de $\boldsymbol{\eta}$ é definido por

$$\hat{\boldsymbol{\eta}} = \arg \max_{\boldsymbol{\eta} \in \Theta} \{L(\boldsymbol{\eta})\}$$

ou

$$\hat{\boldsymbol{\eta}} = \arg \max_{\boldsymbol{\eta} \in \Theta} \{\ell(\boldsymbol{\eta})\},$$

onde $\ell(\boldsymbol{\eta}) = \log(L(\boldsymbol{\eta}))$ e Θ é o espaço de parâmetros.

O método de estimação soma de quadrados condicionais (CSS), amplamente utilizado para modelos de séries temporais, define-se a seguir.

Supondo $\mathbf{X}_0 = \{X_0, X_{-1}, \dots, X_{1-p}\}$ e $\boldsymbol{\varepsilon}_0 = \{\varepsilon_0, \varepsilon_1, \dots, \varepsilon_{1-q}\}$ conhecidos, então a sequência $\{\varepsilon_t\}_{t=1}^n$ pode ser calculada utilizando-se $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_n)^T$ e a equação recursiva

$$\varepsilon_t = X_t - c - \phi_1 X_{t-1} - \phi_2 X_{t-2} - \dots - \phi_p X_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q},$$

para $t = 1, \dots, n$. Logo, o método CSS é definido por

$$\hat{\boldsymbol{\eta}} = \arg \min_{\boldsymbol{\eta} \in \Theta} \sum_{t=0}^n \hat{\varepsilon}_t^2,$$

onde $\mathbf{h} = (\mathbf{f}, \mathbf{q}, \sigma^2)$ e Θ é o espaço paramétrico, para ambos os métodos apresentados.

2.3 Bootstrap

Segundo Efron (1979), o método *Bootstrap* é conhecido como uma técnica de reamostragem, em que se realiza simulações de Monte Carlo tratando a amostra original como uma pseudo-população. Ou seja, reamostragens são feitas a partir da amostra original, sendo que nenhuma suposição é feita sobre a população que gerou a amostra.

Para o estudo de séries temporais utilizando técnicas *bootstrap*, é necessário que o algoritmo/técnica preserve a estrutura de autocorrelação da mesma. Faria e Neto (2014) aplicaram um algoritmo, baseado em *moving blocks*, para obter as distribuições amostrais *bootstrap* de ϕ e θ , necessárias na identificação da ordem do modelo ARMA(p, q), e assim avaliar as variabilidades destas estatísticas.

No *bootstrap* de bloco móvel (MBB), os dados serão divididos em $n - b + 1$ blocos com reposição de comprimento b , sendo n é o comprimento da série temporal. Desses blocos, n/b blocos serão sorteados aleatoriamente com reposição. Em seguida, deve-se alinhá-los

na ordem do sorteio, assim fornecerá as observações de *bootstrap*, para criação de novas séries.

3. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Primeiramente, foram simuladas séries do modelo $ARMA(p,q)$, com tamanhos $n \in \{50, 100\}$. O software estatístico R Core Team (2022) foi utilizado para realizar as simulações de Monte Carlo. Usou-se a função *arima.sim* para a geração das séries temporais. A estimação dos parâmetros ϕ_1 e θ_1 foram realizadas utilizando os EMV e CSS, baseadas no método de Monte Carlo (MMC) com 10.000 réplicas e *bootstrap* de blocos móveis (MBB), com 1.000 réplicas e tamanho de blocos $b \in \{5, 10, 15, 20, 25, 40$ e $45\}$, denotamos $b = 0$ para o método de MMC sem *bootstrap*.

Para avaliar os desempenhos dos EMV e CSS pelos métodos MMC e MBB, foram calculadas, a média das estimativas (Média), viés das estimativas (Viés), Desvio Padrão (DP), Erro Quadrático Médio (EQM), Assimetria (AC) e Curtose (K).

Na Tabela 1, apresentamos as estimativas dos parâmetros através dos métodos de MMC e MBB, considerando $\phi_1 = 0,5$, $\theta_1 = -0,7$ e $n = 50$, com $b = 0$ para MMC e tamanho de blocos $b \in \{5, 10, 15, 20, 25, 40$ e $45\}$ para MBB. Percebe-se que as médias das estimativas de ϕ_1 e θ_1 para o $b = 0$ (MMC) foram inferiores, para ambos os estimadores, comparadas as médias dos obtidas por blocos (MBB), podendo ser melhor visualizada pela Figura 1.

n = 50	EMV		CSS		EMV		CSS	
	ϕ_1	θ_1	ϕ_1	θ_1	ϕ_1	θ_1	ϕ_1	θ_1
b = 0					b = 5			
Média	0,1623	-0,3873	0,0766	-0,2991	0,4046	-0,6416	0,2102	-0,4401
Viés	-0,3377	0,3127	-0,4234	0,4009	-0,0954	0,0584	-0,2898	0,2599
DP	0,4766	0,5554	0,4690	0,5866	0,8586	0,9801	0,8540	10,563
EQM	0,3411	0,4062	0,3992	0,5048	0,7463	0,9641	0,8132	11,833
AC	-0,6606	0,9100	-0,4205	0,6842	-0,6137	0,9411	-0,4246	0,7394
K	24,178	27,209	23,251	26,134	26,465	30,976	25,942	29,659
b = 10					b = 15			
Média	0,3890	-0,5731	0,2167	-0,3949	0,3994	-0,5630	0,2182	-0,3691
Viés	-0,1110	0,1269	-0,2833	0,3051	-0,1006	0,1370	-0,2818	0,3309
DP	0,8406	0,9629	0,8437	10,383	0,8317	0,9517	0,8485	10,430
EQM	0,7189	0,9433	0,7920	11,712	0,7019	0,9246	0,7994	11,974
AC	-0,6544	10,067	-0,4190	0,7614	-0,7242	10,572	-0,4685	0,8025
K	27,982	33,742	26,923	31,019	29,549	35,495	27,818	32,156
b = 20					b = 25			
Média	0,3701	-0,5218	0,1937	-0,3342	0,3847	-0,5274	0,2000	-0,3346
Viés	-0,1299	0,1782	-0,3063	0,3658	-0,1153	0,1726	-0,3000	0,3654
DP	0,8490	0,9743	0,8445	10,342	0,8464	0,9679	0,8405	10,310
EQM	0,7377	0,9810	0,8071	12,034	0,7297	0,9667	0,7965	11,964
AC	-0,6731	10,133	-0,4287	0,7476	-0,6770	10,452	-0,4170	0,7538
K	28,784	34,392	27,605	31,133	29,422	35,713	27,854	31,739
b = 40					b = 45			
Média	0,3479	-0,4702	0,1879	-0,3002	0,3666	-0,4901	0,1949	-0,3084
Viés	-0,1521	0,2298	-0,3121	0,3998	-0,1334	0,2099	-0,3051	0,3916

DP	0,8448	0,9727	0,8450	10,413	0,8164	0,9396	0,8340	10,318
EQM	0,7368	0,9989	0,8115	12,442	0,6843	0,9270	0,7886	12,179
AC	-0,7510	11,038	-0,4861	0,8188	-0,7329	11,189	-0,4936	0,8258
K	30,729	37,080	28,402	32,533	31,288	38,564	28,262	32,830

Tabela 1 – Resultados das simulações de Monte Carlo e Bootstrap de bloco móvel para um processo ARMA(1,1), pelo método EMV e CSS, com $n = 50$, $\phi_1 = 0,5$ e $\theta_1 = -0,7$

Fonte: Os autores

Para ϕ_1 vemos uma diferença de aproximadamente 0,1 em relação aos métodos de MMC e MBB, para a média das estimativas no método de otimização CSS e aproximadamente 0,2 para EMV. Não apresentando uma diferença significativa quando há variação no tamanho dos blocos.

Já para θ_1 , as estimativas geradas sem *bootstrap* são inferiores as estimativas utilizando *bootstrap*. Para bloco de tamanho 5, notamos uma melhor média das estimativas e, conforme aumento do tamanho dos blocos, houve uma pequena piora nas estimativas. O método de otimização EMV apresentando menor viés comparado ao CSS para os dois parâmetros (ϕ_1 e θ_1) e melhores estimativas para o bloco de tamanho 5. Em relação aos DP e EQM, o bloco 0 apresentou menores valores comparados aos outros blocos. E entre os blocos (MBB) não houve muitas diferenças, todos apresentando DP e EQM similares. Para AC e K, espera-se que estejam próximos de 0 e 3, respectivamente, indicando a normalidade assintótica dos estimadores.

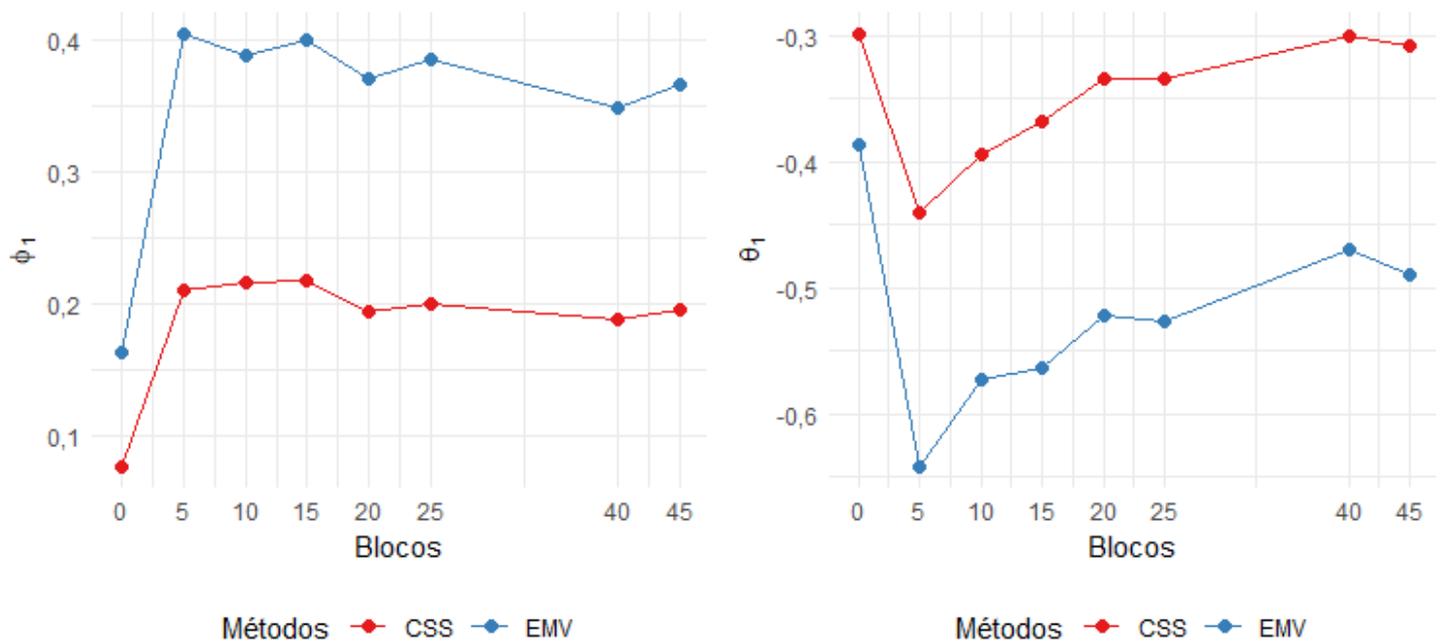


Figura 1 – Médias das simulações de Monte Carlo e Bootstrap de bloco móvel para um processo ARMA(1,1), pelo método EMV e CSS, separados por blocos, para os parâmetros $\phi_1 = 0,5$ e $\theta_1 = -0,7$, com $n = 50$

Fonte: Os autores

Como o cenário escolhido apresentou-se problemático para estimação, não chegando ao valor fixado dos parâmetros ($\phi_1 = 0,5$ e $\theta_1 = -0,7$), esperava-se que os estimadores não apresentarem normalidade, como mostrou-se neste caso. Porém, conseguimos notar que o método de bootstrap de bloco móvel demonstrou-se bastante eficiente na melhora do viés das estimativas de ARMA(1,1) para o tamanho amostral 50.

Na Tabela 2 verificamos as estimativas das simulações de MMC e MBB, considerando

$\phi_1 = 0,5$, $\theta_1 = -0,7$ e $n = 100$, com $b = 0$ para MMC e Blocos iguais à $b \in \{5, 10, 15, 20, 25, 40 \text{ e } 45\}$ para MBB. Observa-se novamente que as médias das estimativas de ϕ_1 e θ_1 para o bloco 0 (MMC) foram inferiores comparadas as médias dois outros blocos (MBB), podendo ser melhor visualizada pela Figura 2. Para ϕ_1 , as estimativas via MBB não apresentaram praticamente diferenças variando o tamanho dos blocos, apenas em relação ao bloco 0. O método de otimização CSS apresentou menores viés em relação ao EMV, apresentando pequeno viés para ϕ_1 .

Para θ_1 , houve uma melhora nas estimativas de ϕ_1 , para tamanho do bloco 5 ao 25, mantendo-se praticamente constante para os outros tamanhos de bloco. E em relação aos dois métodos de otimização, percebe-se que a melhor estimativa foi no bloco 5 pelo CSS, chegando o mais próximo do valor fixado de $-0,7$ para θ_1 . A partir do bloco 25, não houve diferença significativa nas estimativas entre EMV e CSS.

Em relação ao DP e EQM, o bloco 0 apresenta novamente menores valores, comparados com os outros blocos. E similaridade entre os outros blocos (MBB). Para AC e K, novamente não apresentou normalidade em nenhum dos tamanhos de blocos, inclusive no bloco 0.

Entretanto, o método de *Bootstrap* de bloco móvel demonstrou-se novamente eficiente na melhora do viés das estimativas de ARMA (1,1) para o número amostral 100. Entretanto, não na mesma proporção vista na amostra de 50, mas ainda apresentando melhoras de estimações. Como o esperado, as amostras menores apresentam maiores problemas de estimação, sendo uma alternativa a utilização do método de *Bootstrap* para melhoramento do viés.

n = 100	EMV		CSS		EMV		CSS		
	ϕ_1	θ_1	ϕ_1	θ_1	ϕ_1	θ_1	ϕ_1	θ_1	
b = 0					b = 5				
Média	0,3093	-0,5288	0,2106	-0,4288	0,6719	-0,8912	0,4671	-0,6845	
Viés	-0,1907	0,1712	-0,2894	0,2712	0,1719	-0,1912	-0,0329	0,0155	
DP	0,4101	0,4375	0,4115	0,4616	0,7291	0,7706	0,7469	0,8316	
EQM	0,2046	0,2207	0,2531	0,2866	0,5611	0,6304	0,5589	0,6917	
AC	-11,413	15,325	-0,8433	11,841	-10,207	14,972	-0,8090	12,062	
K	37,527	48,277	31,263	38,094	40,796	53,960	34,974	43,100	
b = 10					b = 15				
Média	0,6510	-0,8175	0,4679	-0,6329	0,6636	-0,8108	0,4692	-0,6150	
Viés	0,1510	-0,1175	-0,0321	0,0671	0,1636	-0,1108	-0,0308	0,0850	
DP	0,7097	0,7551	0,7392	0,8228	0,7123	0,7569	0,7439	0,8252	
EQM	0,5265	0,5839	0,5474	0,6815	0,5341	0,5852	0,5544	0,6882	
AC	-11,422	16,099	-0,8972	12,887	-11,433	16,049	-0,9193	12,944	
K	45,014	59,481	37,314	45,922	45,597	59,457	38,812	46,503	
b = 20					b = 25				
Média	0,6503	-0,7874	0,4581	-0,5920	0,6460	-0,7765	0,4637	-0,5918	
Viés	0,1503	-0,0874	-0,0419	0,1080	0,1460	-0,0765	-0,0363	0,1082	
DP	0,7197	0,7676	0,7504	0,8340	0,7186	0,7635	0,7386	0,8198	
EQM	0,5405	0,5969	0,5649	0,7072	0,5378	0,5887	0,5469	0,6838	
AC	-11,759	16,200	-0,8904	12,452	-11,709	16,236	-0,8717	12,582	
K	46,136	59,809	36,777	44,057	46,504	60,746	37,154	45,677	
b = 40					b = 45				
Média	0,6512	-0,7717	0,4730	-0,5912	0,6599	-0,7798	0,4749	-0,5920	
Viés	0,1512	-0,0717	-0,0270	0,1088	0,1599	-0,0798	-0,0251	0,1080	

DP	0,7244	0,7696	0,7526	0,8350	0,7216	0,7654	0,7487	0,8322
EQM	0,5477	0,5975	0,5671	0,7091	0,5463	0,5922	0,5612	0,7042
AC	-11,482	15,932	-0,9090	12,912	-11,768	16,397	-0,9336	13,230
K	46,513	60,213	38,298	46,674	47,908	62,360	39,148	47,761

Tabela 2 – Resultados das simulações de Monte Carlo e Bootstrap de bloco móvel para um processo ARMA(1,1), pelo método EMV e CSS, com $n = 100$, $\phi_1 = 0,5$ e $\theta_1 = -0,7$

Fonte: Os autores

Através da Figura 3 e 4 é possível visualizar os gráficos de convergência para a média das estimativas dos parâmetros ϕ_1 e θ_1 , com valores fixados de 0,5 e -0,7, respectivamente, para os valores amostrais de 50 e 100, das simulações de Monte Carlo (MCC) e *Bootstrap* de bloco móvel (MBB) para ARMA(1,1). Na qual, o bloco 0 é representado o MMC e os outros tamanhos de blocos para MBB.

Percebe-se que com $n = 50$ (Figura 3), que todos os métodos/blocos convergiram, como esperado, para as 10.000 réplicas. Para ϕ_1 é nítido a diferença das médias das estimativas entre utilizar ou não MBB, com o bloco 0 deslocado dos demais, e com estimativas piores para o parâmetro pelos dois métodos de otimização (CSS e EMV). E grande proximidade entre os outros blocos (MBB), mostrando pouca diferença entre os tamanhos de blocos. Já para θ_1 , o bloco 0 apresenta maior proximidade com os blocos maiores. E os blocos menores (desconsiderando o bloco 0) apresentam melhores estimações.

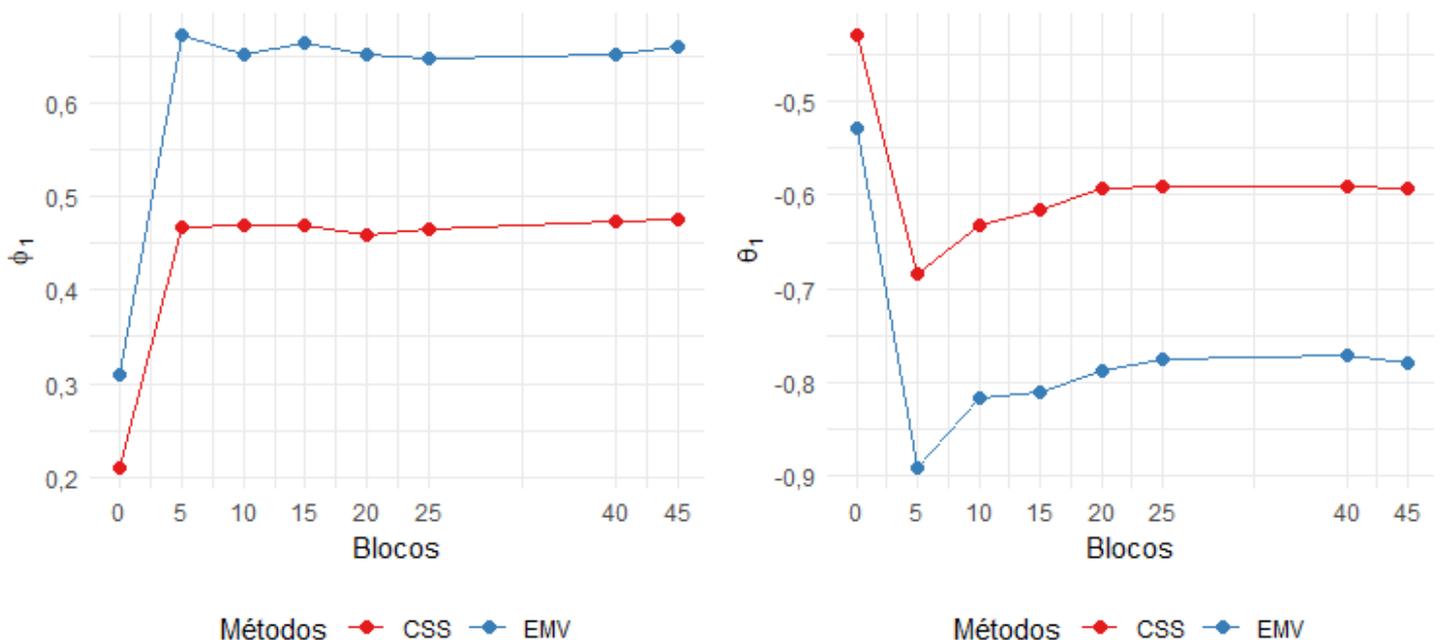


Figura 2 – Médias das simulações de Monte Carlo e Bootstrap de bloco móvel para um processo ARMA(1,1), pelo método EMV e CSS, separados por blocos, para os parâmetros $\phi_1 = 0,5$ e $\theta_1 = -0,7$, com $n = 50$

Fonte: Os autores

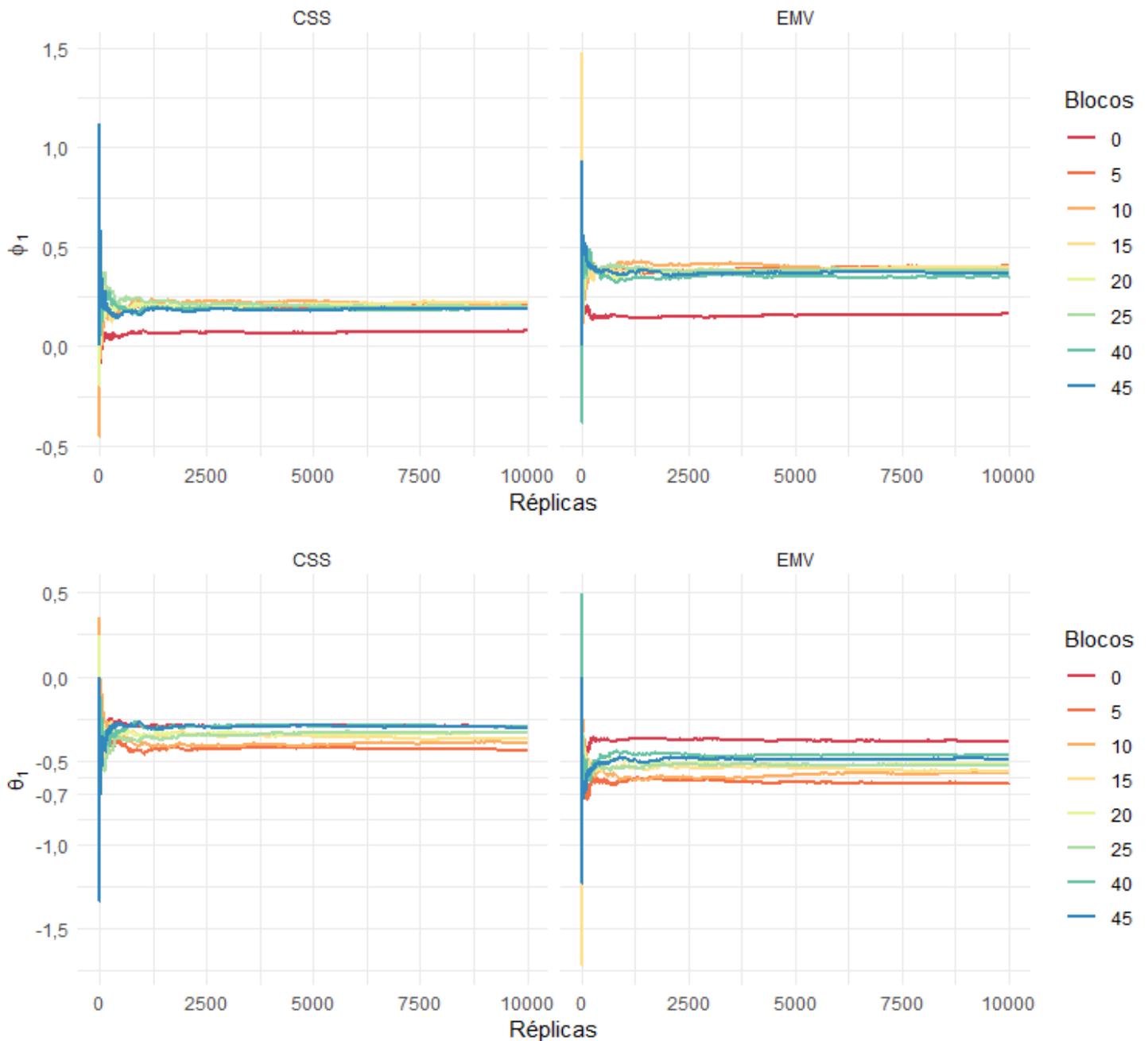


Figura 3 – Convergência da média das estimativas pelas simulações de Monte Carlo (MMC) e Bootstrap de bloco móvel (MBB) para um processo ARMA(1,1), pelo método EMV e CSS, para os parâmetros $\phi_1 = 0,5$ e $\theta_1 = -0,7$, com $n = 50$

Fonte: Os autores

Considerando $n = 100$ (Figura 4), o comportamento mantém-se muito similar ao anterior ($n = 50$), com maior proximidade entre os blocos (desconsiderando o bloco 0) e pelo método de CSS para o parâmetro ϕ_1 as estimativas foram muito próximas de 0,5 (valor fixado). Para θ_1 , pelo método de otimização CSS, a melhor estimativa foi para o bloco 5 e para EMV, os blocos de tamanhos maiores 25, 40 e 45 apresentaram melhores estimativas para a média do parâmetro θ_1 .

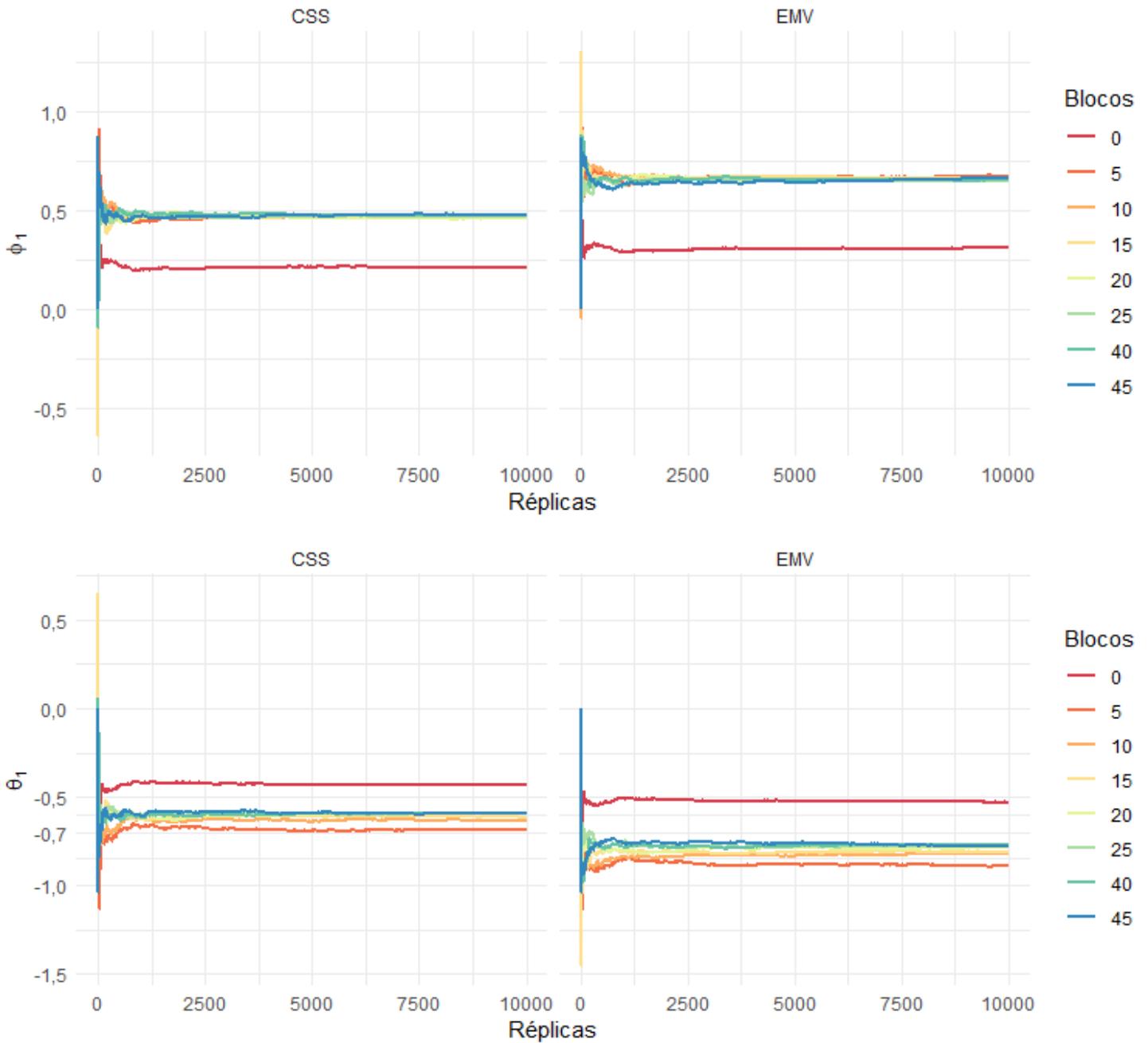


Figura 4 – Convergência da média das estimativas pelas simulações de Monte Carlo (MMC) e Bootstrap de bloco móvel (MBB) para um processo ARMA(1,1), pelo método EMV e CSS, para os parâmetros $\phi_1 = 0,5$ e $\theta_1 = -0,7$, com $n = 100$

Fonte: Os autores

4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi implementado o método MBB em séries temporais, com a finalidade de melhorar o viés das estimativas dos parâmetros de um processo ARMA(1,1) para tamanhos amostrais $n \in \{50, 100\}$.

Foram realizadas simulações de MMC e MBB, para tamanhos amostrais $n \in \{50, 100\}$, pelos métodos EMV e CSS para ARMA (1,1), com os parâmetros ϕ_1 e θ_1 fixados em 0,5

e -0,7. Concluímos que para o tamanho amostral menor ($n = 50$) o método de estimação EMV apresentou melhor desempenho na estimação dos parâmetros. Para números amostrais um pouco maiores ($n = 100$) o método de CSS apresentou melhor desempenho para o parâmetro ϕ_1 , enquanto o estimador EMV apresentou melhor desempenho na estimação do parâmetro θ_1 .

Em relação aos blocos, para $n = 50$, os blocos menores (desconsiderando o bloco 0) apresentaram melhores estimativas para os parâmetros. Para $n = 100$ os blocos (desconsiderando o bloco 0) não apresentaram grandes diferenças, com exceção para θ_1 , que apresentou estimativas menores entre os blocos 5 e 25, após mostrou-se praticamente constante.

Nenhuma das simulações apresentaram normalidade, com valores distantes de 0 e 3 para AC e K, respectivamente.

Portanto, o método de MBB mostrou-se muito eficaz na melhora do viés das estimativas dos parâmetros em séries temporais, principalmente com tamanhos amostrais menores, sendo uma boa alternativa para a correção do viés nesta situação.

Referências

- BOX, G.E.P.; JENKINS, G.M. **Time series analysis: forecasting and control**. Oakland, California: Holden-Day, 1976.
- BROCKWELL, Peter J.; DAVIS, Richard A. **Stationary time series**. In: **Time Series: Theory and Methods**. Springer, New York, NY, 1991. p. 1-41.
- CARLSTEIN, Edward. The use of subseries values for estimating the variance of a general statistic from a stationary sequence. **The annals of statistics**, 1986.
- EFRON, Bradley. Bootstrap methods: another look at the jackknife. In: **Breakthroughs in statistics**. Springer, New York, NY, 1992.
- FARIA, Thais Mariane Biembengut; NETO, Anselmo Chaves. Identificação de modelos ARMA pelo método Bootstrap. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, 2014.
- HALL, Peter; HOROWITZ, Joel L.; JING, Bing-Yi. On blocking rules for the bootstrap with dependent data. **Biometrika**, v. 82, 1995.
- KUNSCH, Hans R. The jackknife and the bootstrap for general stationary observations. **The annals of Statistics**, p. 1217-1241, 1989.
- LIU, R. Y.; SINGH, K. Moving blocks jackknife and bootstrap capture weak dependence. **Exploring the limits of bootstrap**, Wiley, New York, 1992.
- POLITIS, Dimitris N.; ROMANO, Joseph P. **A circular block-resampling procedure for stationary data**. Purdue University. Department of Statistics, 1991.
- POLITIS, Dimitris N.; ROMANO, Joseph P. The stationary bootstrap. **Journal of the American Statistical association**, v. 89, n. 428, p. 1303-1313, 1994.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022. URL <https://www.R-project.org/>.



ENGENHARIA 4.0

ERA DA PRODUÇÃO INTELIGENTE

11

**SIMULAÇÃO NUMÉRICA EM MEIOS POROSOS
COM CONVECÇÃO NATURAL**

NUMERICAL SIMULATION IN POROUS MEDIA

Bruno Leite Cruz



[10.29327/5170404.1-11](https://doi.org/10.29327/5170404.1-11)

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo de convecção natural em uma cavidade quadrada bidimensional, preenchida por meio poroso saturado e ar como fluido. Foi realizada validação numérica com base em estudos anteriores. O modelo matemático utilizado consiste na equação da conservação da massa, conservação do momento e da conservação da energia. As simulações foram realizadas no software ANSYS FLUENT® e deste foram extraídas as isothermas para diferentes valores de número de Rayleigh (Ra), número de Darcy (Da). A validação numérica foi feita comparando as isothermas, bem como o número de Nusselt (Nu) para variados números de Ra.

Palavras-chave: Convecção natural, Poroso, Validação.

Abstract

This work presents a study of natural convection in a two-dimensional square cavity filled with saturated porous medium and air as fluid. Numerical validation was performed based on previous studies. The mathematical model used consists of the equation of conservation of mass, conservation of momentum and conservation of energy. The simulations were carried out using the ANSYS FLUENT® software and the isotherms for different values of Rayleigh number (Ra) and Darcy number (Da) were extracted from it. Numerical validation was performed by comparing the isotherms, as well as the Nusselt number (Nu) for various Ra numbers.

Key-words: Natural convection, Porous, Validation.

1. INTRODUÇÃO

A transferência de calor em meios porosos tem sido objeto de diversas pesquisas no meio acadêmico por conta de sua importância em inúmeras aplicações, que variam desde o seu uso na indústria petroquímica, como no armazenamento de energia térmica, secagem de alimentos, sistemas geotérmicos, entre outros (KEFAYATI, 2019).

Levantamentos realizados na literatura sobre o tema consideram que os efeitos relacionados ao parâmetro de Darcy na transferência de calor por convecção em meios porosos saturados de fluidos têm sido investigados numericamente por muitos pesquisadores (LIU *et al.*, 2014). No presente trabalho empenhou-se em expressar os efeitos de diferentes parâmetros de transferência de calor e fluxo de fluido. Os resultados obtidos foram validados com investigações numéricas anteriores e os efeitos dos parâmetros principais (número de Rayleigh, número de Nusselt, porosidade e número de Darcy) foram estudados.

As referências comparadas neste estudo foram: LIU *et al.* (2014) - *A multiple-relaxation-time lattice Boltzmann model for convection heat transfer in porous media*, o qual forneceu as isotermas e o KEFAYATI, 2019 - *Lattice Boltzmann method for natural convection of a Bingham fluid in a porous cavity*, que forneceu os valores dos número de Nusselt (Nu).

Como objetivos deste trabalho foram utilizadas as isotermas e diferentes números de Nusselt para fazer a validação do modelo, assim como fazer as análises das malhas propostas.

2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A geometria estudada consiste em uma cavidade bidimensional quadrada de altura (H) e comprimento (L) de 1m. As paredes superiores e inferiores são consideradas adiabáticas, enquanto as paredes verticais são isotérmicas (Parede Quente, T_H e Parede Fria, T_C). O interior da cavidade é preenchido por um meio poroso saturado e isotrópico, conforme mostra a Fig. 1.

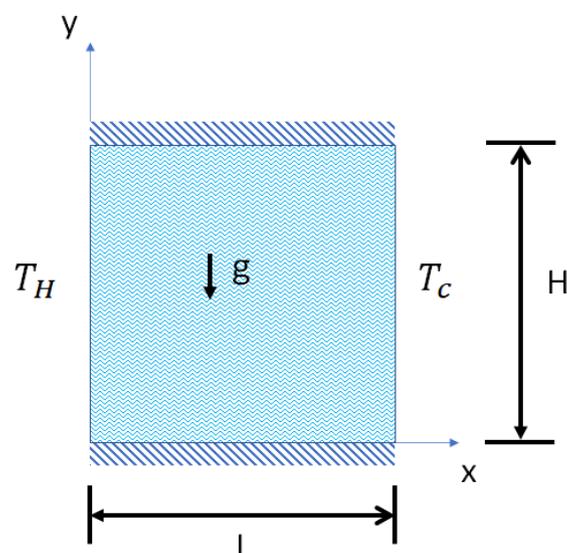


Figura 1 – Domínio Computacional.

Fonte: O autor (2020)

O fluido utilizado é o ar, considerando incompressível e com propriedades constantes. A Tab. 1 apresenta os valores utilizados de calor específico (C_p), condutividade térmica (k), constante de expansão térmica (β), viscosidade (μ). Para a massa específica (ρ) foi utilizado a aproximação de Boussinesq.

c_p [J/(kg K)]	ρ [kg/m ³]	k [W/mK]	β [1/K]	μ [kg/ms]
1006,43	1,225	0,0242	$3,92756 \cdot 10^{-5}$	$2,404539 \cdot 10^{-5}$

Tabela 1 – Propriedades termofísicas do ar.

Fonte: O autor (2020)

2.1 Modelo matemático

O modelo matemático utilizado é baseado na equação da conservação da massa, conservação do momento e conservação da energia, Eq. (1-4), respectivamente, acrescidos do modelo de solução de meios porosos.

$$\frac{\partial \rho_f}{\partial t} + \nabla(\rho_f V) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\rho_f}{\varepsilon} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\rho_f}{\varepsilon^2} \left(\frac{\partial(uu)}{\partial x} + \frac{\partial(uv)}{\partial y} + \frac{\partial(uw)}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\varepsilon} \nabla^2 u - \left(\frac{\mu}{K} + \rho_f C_2 |u| \right) u \quad (2)$$

$$\frac{\rho_f}{\varepsilon} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\rho_f}{\varepsilon^2} \left(\frac{\partial(vu)}{\partial x} + \frac{\partial(vv)}{\partial y} + \frac{\partial(vw)}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\varepsilon} \nabla^2 v - \left(\frac{\mu}{K} + \rho_f C_2 |v| \right) v + \rho g \beta (T_f - T_{r\text{ef}}) \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\varepsilon \rho_f E_f + (1 - \varepsilon) \rho_s E_s) + \nabla \left(\vec{v} (\rho_f E_f + p) \right) = \nabla [k_{\text{eff}} \nabla T] \quad (4)$$

onde ε representa a porosidade do meio, t o tempo, ρ a massa específica, \vec{v} o vetor velocidade, p a pressão, \vec{g} o vetor gravidade, β o coeficiente de expansão térmica, K a permeabilidade do meio, C_2 a constante de resistência inercial, E a energia total, T a temperatura e k_{eff} a condutividade térmica efetiva. Os subíndices f e s indicam fluido e sólido, respectivamente. A energia total E é obtida através da equação 5.

$$E = h - \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} \quad (5)$$

onde h é a entalpia do material obtida através da equação 6.

$$h = \int_{T_{r\text{ef}}}^T C_p dT \quad (6)$$

A permeabilidade, K , e a constante de resistência inercial, C_2 , são obtidas a partir das seguintes equações.

$$K = \frac{\varepsilon^3 D p^2}{150(1 - \varepsilon)^2} \quad (7)$$

$$C_2 = \frac{3,5}{\sqrt{150 K \varepsilon}} \quad (8)$$

onde D_p é o diâmetro da esfera (para parâmetros computacionais). A condutividade térmica efetiva k_{eff} é determinado pela seguinte equação.

$$k_{eff} = \varepsilon k_f + (1 - \varepsilon)k_s \quad (9)$$

onde k é a condutividade térmica do material. Foi considerado $k_f = k_s$, suposição também utilizada por Nithiarasu (1997). Para realizar comparações com outros trabalhos foram utilizados os seguintes parâmetros adimensionais.

$$Ra = \frac{g\beta_f \Delta T L^3}{\alpha_f \nu_f} \quad (8) \quad Da = \frac{K}{L^2} \quad (9) \quad \alpha_f = \frac{k_f}{(\rho C_p)_f} \quad (10) \quad Pr = \frac{\nu_f}{\alpha_f} \quad (11) \quad \theta = \frac{T - T_C}{T_H - T_C} \quad (12) \quad (10)$$

onde β o coeficiente de expansão térmica e α a difusividade térmica.

2.2 Condições de contorno

As paredes horizontais foram consideradas adiabáticas, segundo as Eqs. (13, 14). As paredes verticais foram consideradas isotérmicas, de acordo com as Eqs. (15, 16).

$$-k \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{\substack{x=0-L \\ y=H}} = 0 \quad (13)$$

$$-k \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{\substack{x=0-L \\ y=0}} = 0 \quad (14)$$

$$T \Big|_{\substack{x=0 \\ y=0-H}} = T_H \quad (15)$$

$$T \Big|_{\substack{x=L \\ y=0-H}} = T_C \quad (16)$$

3. SIMULAÇÃO NUMÉRICA

As simulações numéricas foram realizadas no software ANSYS FLUENT, as malhas computacionais no software ANSYS WORKBENCH, a geometria e malha foram no DESIGN MODELER e MESHING do referido programa, todos na versão 19.2. O escoamento foi considerado em regime permanente. O acoplamento pressão-velocidade foi calculado através do método SIMPLE, a correção de pressão através do PRESTO. Para o momento foi utilizado o método *Power Law* e *Second Order Upwind* e para energia *Second Order Upwind*. Os coeficientes de relaxamento utilizados para *Density*, *Body Forces* e *Energy* foram de 1. Para *Pressure* e *Momentum* foram utilizados os valores de 0,1 e 0,7, respectivamente. Os critérios de convergência foram mantidos em 1.10^{-5} para a continuidade e velocidade em x e y, enquanto foi utilizado 1.10^{-6} para a energia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Validação Numérica

A validação numérica foi realizada com base no trabalho de LIU *et al.* (2014). Os autores aplicaram um modelo de “*multiple-relaxation-time lattice-boltzmann*” para simular a convecção natural em meio poroso e em uma cavidade quadrada bidimensional com temperatura isotérmicas nas paredes verticais e adiabático nas paredes horizontais. Foram simuladas para variados valores de Rayleigh (Ra) e Número de Darcy (Da).

Para a análise de independência de malha, foram criadas três malhas computacionais contendo 11.025, 15.625 e 22.500 elementos, conforme mostrado nas Figs. 2(a-c). Nestas figuras pode-se observar a presença de menores elementos próximos às paredes, possibilitando a simulação da camada limite de velocidade bem como os gradientes de temperatura. A análise foi realizada de acordo com o método de GCI (*Grid Convergence Method*) (CELIK *et al.*, 2008), onde compara-se a malha de maior elemento (figura 2 (c)) em relação às duas malhas de menos elementos (Figs.2 (a-b)). A variável a ser comparada foi o número de Nusselt médio obtido da parede Quente (T_H). Os valores de GCI obtidos foram de 0,262461% e 0,240566 % para GCI^{21} e GCI^{32} , respectivamente. Dessa forma, a malha computacional de 22.500 elementos é a mais adequada para a simulação.

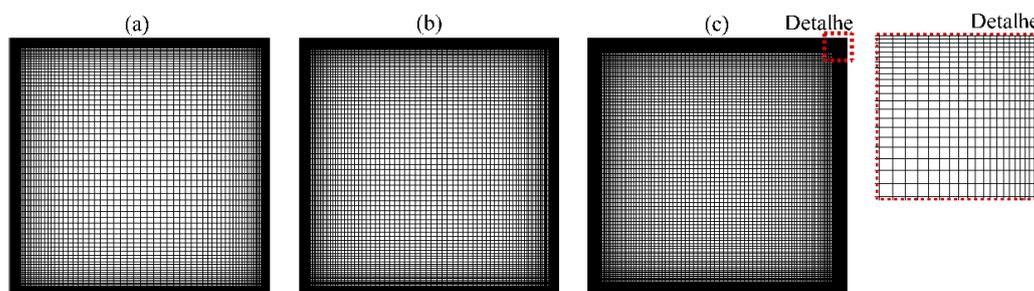


Figura 2 – Malha Computacional: (a) 11.025, (b) 15.625 e (c) 22.500 elementos.

Fonte: O autor (2020)

As Figuras 3(a-c) apresentam a comparação entre as isotermas do presente trabalho e as isotermas obtidas por LIU *et al.* (2014) para diferentes números de Rayleigh (Ra) e de Darcy (Da). A partir da Fig. 3 é possível observar que há boa concordância entre as isotermas.

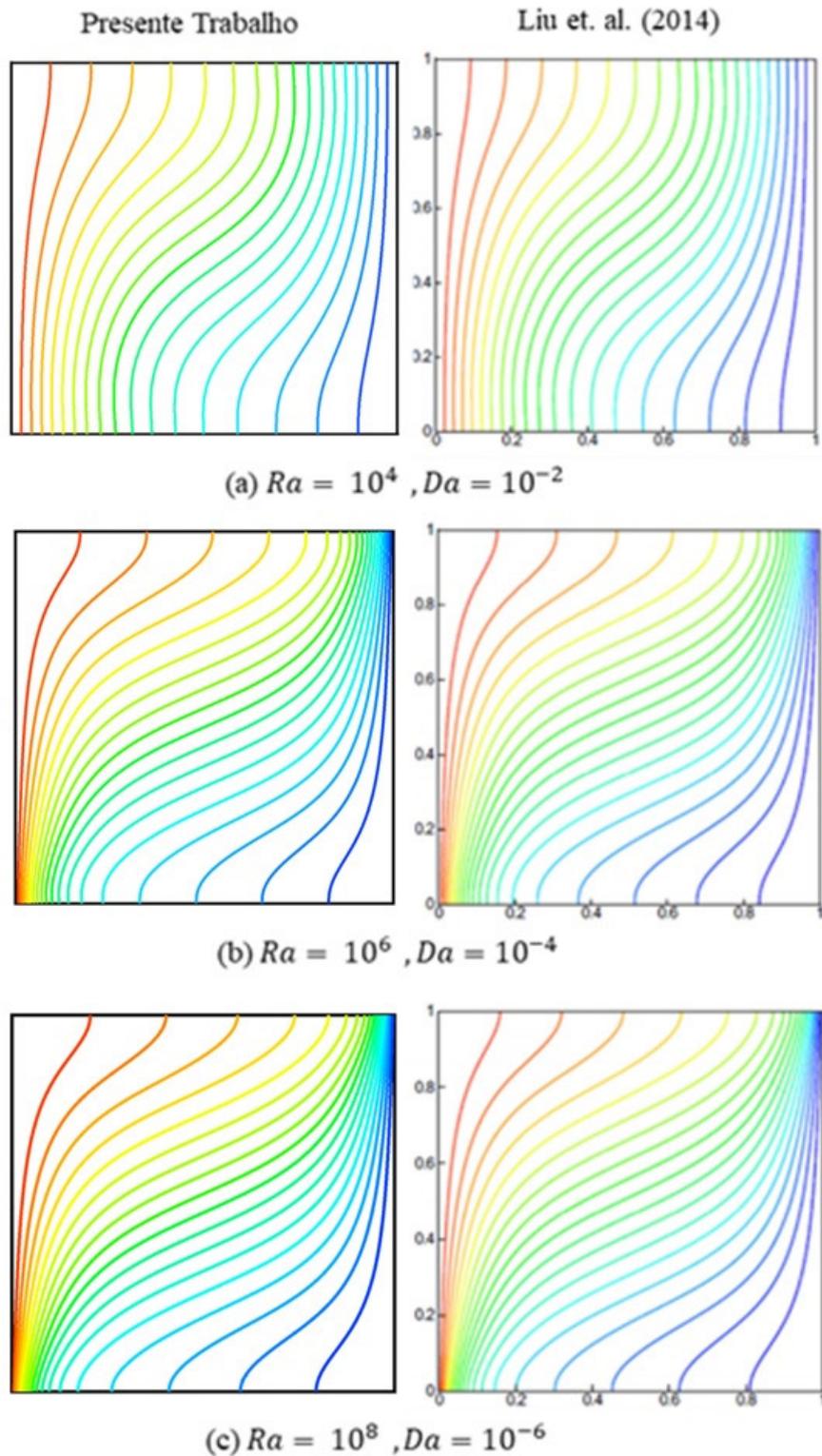


Figura 3 – Isotermas para $\varepsilon = 0,4$, $Pr = 1$, (a) $Ra = 10^4$, $Da = 10^{-2}$, (b) $Ra = 10^6$, $Da = 10^{-4}$ e (c) $Ra = 10^8$, $Da = 10^{-6}$

Fonte: O autor (2020)

A Fig. 3 ilustra as isothermas para vários números de Rayleigh e Darcy em $Pr = 1$ e $\varepsilon = 0,4$. Em $Ra = 10^4$, os contornos de temperatura são levemente paralelos às paredes, o que demonstra que a condução está levemente presente nas paredes verticais da cavidade. À medida que o número de Rayleigh aumenta, os movimentos das isothermas entre as paredes fria e quente melhoram significativamente e tornam-se progressivamente curvos.

Além da validação numérica realizada com base no trabalho de Liu *et al.* (2014), este estudo comparou, com base no artigo do KEFAYATI, 2019 os números de Nu, como seguem na tabela 2.

Nusselt (Nu)	Presente Trabalho	Liu et. al. 2014	Kefayati 2019	Diferença percentual (Presente Trabalho/ Liu et. al. 2014)	Diferença percentual (Presente Trabalho/ Kefayati 2019)
$Ra = 10^4$, $Da = 10^{-2}$	1,39	1,36	1,36	2%	2%
$Ra = 10^6$, $Da = 10^{-4}$	2,67	2,63	2,61	2%	2%
$Ra = 10^8$, $Da = 10^{-6}$	3,08	2,94	2,99	4%	3%

Tabela 2 – Comparação do Nusselt médio na parede quente para diversos Rayleigh e Números de Darcy em $\varepsilon = 0,4$ e $Pr = 1$

Fonte: O autor (2020)

A Tab. 2 apresenta a comparação do Nusselt médio na parede quente para vários valores de Rayleigh e Número de Darcy para $\varepsilon = 0,4$ e $Pr = 1$. É possível notar que os valores estão dentro de um limite considerado adequado, com discrepância máxima de 4%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o aumento do número de Rayleigh aumenta a transferência de calor. As isothermas apresentam comportamento curvo devido a acentuação da convecção natural, que aumenta quando o Ra é aumentado.

Pelos os dados apresentados nas comparações com os estudos referenciados, analisando as isothermas e os número de Nu, fez-se concluída a validação proposta neste estudo.

Referências

CELIK, I. B.; GHIA, U.; ROACHE, P. J.; FREITAS, C. J.; COLEMAN, H.; RAAD, P. E. Procedure for estimation and reporting of uncertainty due to discretization in CFD applications, **Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME**, 130(7), pp. 0780011–0780014. doi: 10.1115/1.2960953, 2008.

KEFAYATI, GH. R. **Lattice Boltzmann method for natural convection of a Bingham fluid in a porous cavity**, 2019.

LIU, Q. A.; HE, Y. A.; LI, Q. B.; TAO, W. **A multiple-relaxation-time lattice Boltzmann model for convection heat transfer in porous media**, 2014.

NITHIARASU, I. ; SEETHARAMU, K. N.;SUNDARARAJAN, T.; **Natural convective heat transfer in a fluid saturated variable porosity médium**, 1997.

AUTORES

Aline Mirely Gonçalves Maia

Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Ceuma, UNICEUMA, Brasil.

Antonio Marcos Cossi

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (2000), mestrado em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (2003) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (2008). Possui experiência nas áreas de Sistemas Elétricos de Potência e Matemática Aplicada, com ênfase em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento e confiabilidade de sistemas de distribuição de energia elétrica, fluxo de potência, pesquisa operacional, otimização de sistemas (técnicas de otimização clássica e combinatorial). Atualmente é Professor Assistente Doutor na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, junto ao Departamento de Matemática.

Bruno Leite Cruz

Possui graduação em Engenharia Mecânica Industrial pelo IFMA (CEFET-MA), é Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (área: Estruturas, Construção Civil e Materiais) pela Universidade Federal do Pará - UFPA e atualmente cursando Doutorado em Engenharia Mecânica, na área de Engenharia de Energia, trabalhando com biomassa de coco babaçu, para produção de energia, e seus impactos socioambientais. Tem experiência na área industrial na AMBEV, ALUMAR e VALE. Atuou como Especialista em Engenharia Ferroviária, passando pela área de manutenção industrial, gestão da qualidade total, assistência técnica, ferrovia (vagões, máquinas de via permanente), gestão de contratos e projetos de engenharia. Na área acadêmica lecionou disciplinas na área de Máquinas Térmicas, Cálculo, Desenho Técnico e Qualidade (ensino técnico profissionalizante, graduação e pós-graduação). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, atua como Perito Judicial no Tribunal Regional do Trabalho - MA. Atua como Professor Tutor na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), no curso de Graduação em Tecnologia em Segurança do Trabalho, sendo bolsista da CAPES.

Caroline Cogo Carneosso

Graduação em Estatística pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil.

Cleber Bisognin

Possui graduação em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Federal de Santa Maria (1999), mestrado em Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003) e doutorado em Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2007). Atualmente é professor associado da Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência na área de Probabilidade e Estatística, com ênfase em Séries Temporais, atuando principalmente nos seguintes temas: séries temporais, estatística matemática, estimação, previsão e inferência estatística.

Emerson Rigoni

Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - 1995), Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (UTFPR - 2002) e Doutorado em Engenharia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC - 2009). Professor Titular do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da UTFPR, atuando na graduação e na pós-graduação junto aos seguintes temas: engenharia da confiabilidade, metodologias para gestão da manutenção, métodos multicritérios para apoio a tomada de decisão. Coordenador dos seguintes cursos de pós-graduação (Lato-Sensu) da UTFPR: Engenharia da Confiabilidade, MBA em Gestão de Ativos e Lean Six Sigma - Certificação Black Belt. Membro do comitê técnico da Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN), regional VII PR/SC. Membro fundador da Associação Brasileira de Análise de Risco, Segurança de processo e Confiabilidade (ABRISCO).

Felipe Fernando da Costa Tavares

Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (2005), mestre em Ciências dos Materiais pelo Instituto Militar de Engenharia (2007) e doutor em Engenharia com ênfase em Ciência e Tecnologia dos Materiais no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2020). Atualmente é professor Adjunto VIII com dedicação exclusiva vinculado ao colegiado de Engenharia Química da Universidade do Estado do Amapá - UEAP. Tem experiência na área de Engenharia com ênfase em Engenharia dos Materiais Poliméricos e Compósitos, atuando principalmente nos seguintes temas: caracterização; degradação; estabilização e reciclagem. Para tanto, é líder do Grupo de Pesquisa Tecnologia dos Materiais (GPTM) cujo foco é a engenharia de materiais ecologicamente corretos; socialmente justos; economicamente viáveis e culturalmente aceitos.

Fernanda Alves Silva

Graduação em andamento em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Senac, SENAC/SP, Brasil.

Fernando Nunes Belchior

Graduado em 2000, recebeu o título de Mestre em 2003 e Doutor em 2006 em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU-MG, Brasil. No mestrado trabalhou com a influência de afundamentos de tensão em conversores de frequência tipo PWM senoidal. No doutorado trabalhou com dois filtros harmônicos eletromagnéticos, um voltado para a filtragem de harmônicos de sequência zero e outro destinado à filtragem de harmônicos de sequência positiva e negativa. De fev/2007 a dez/2015 foi professor associado no Grupo de Estudos da Qualidade da Energia Elétrica (GQEE) no Instituto de Sistemas Elétricos e Energia (ISEE) da Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI-MG (www.unifei.edu.br), Brasil. Atualmente trabalha como professor associado na Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Federal de Goiás (UFG), no campus avançado de Aparecida de Goiânia (<https://www.fct.ufg.br/>). Orientou mais de 15 monografias de conclusão de curso de especialização, mais de 40 trabalhos de conclusão de curso de graduação, mais de 45 orientações de iniciação científica, 2 orientações de mestrado e mais de 5 co-orientações de mestrado. Atualmente está orientando 4 alunos de mestrado no PPGEF



(Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) e 4 alunos de TCC na Engenharia Elétrica e 1 na engenharia de produção. Participou de 10 bancas de doutorado, 13 bancas de qualificação de doutorado, 54 bancas de mestrado, 17 bancas de qualificação de mestrado, 16 bancas de monografias de cursos de especialização e 90 bancas de conclusão de curso. Publicou mais de 110 trabalhos em anais de eventos nacionais e internacionais, mais de 6 livros, 14 capítulos de livros e 22 textos em jornais/revistas. É revisor de artigos em conferências nacionais e internacionais e revistas técnico científicas nacionais e internacionais. Suas principais áreas de interesse englobam: Qualidade da Energia Elétrica, Máquinas Elétricas, Eletrônica de Potência, Medições Elétricas, Fontes Renováveis de Energia, Eficiência Energética e Geração Distribuída, principalmente geração de energia solar fotovoltaica. Já realizou trabalhos de consultoria junto a CPFL, DuPont, Parmalat, CEB, ONS, Elektro, e outros, com participação nas campanhas de medição de Qualidade da Energia Elétrica ocorridas na UFU a serviço do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), em 2001 e 2003. Trabalhou em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) junto a CEB, CEMAT, LIGHT, CHESF, ELEKTRO, ENEL-GO. Foi vice-presidente da SBQEE - Sociedade Brasileira da Qualidade da Energia Elétrica, na Gestão 2011-2013 e foi presidente da SBQEE na Gestão 2013-2015 (www.sbqee.org.br).

Gabriel dos Santos Maciel

Graduação em andamento em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. Graduação em Fisioterapia pela Faculdade Metropolitana de Manaus, FAME-TRO, Brasil.

Hilton Seheris da Silva Santos

Possui graduação em Engenharia Mecânica (Universidade Estadual do Maranhão (2011)) e Químico Industrial (Universidade Federal do Maranhão (2011)), especialização em Automação de Processos Industriais pela Universidade Federal do Piauí (2014), mestrado em Automação e Controle pela Universidade Federal do Maranhão (2017). Atualmente é professor da Universidade CEUMA e Faculdade NETCOM. Foi professor da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) - Campus do Bacanga, São Luís e Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Tem experiência na área de Manutenção Industrial, Montagens Mecânicas e Sistemas de Controles Industriais.

Jacqueline Pharlan de Camargo

Possui graduação em Letras pela Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão (1998). PÓS-GRADUAÇÃO "Latu Sensu" em LÍNGUA PORTUGUESA-Faculdades Integradas de Amparo - SP, (2000) Especialista em Mídias da Educação pela Universidade Federal do Amapá (2015). Professora no Ensino Superior em cursos de Graduação por mais de dez anos e professor-orientador de monografias no curso de Pós graduação (Mídias) da Universidade Federal do Amapá - Unifap (2010), na Faculdades Integradas de Goiás / Avila, Ibaesp /Facel (Instituto Brasileiro de Atuação no Ensino Superior e Pós-Graduação) em 2016 eFaveni (Faculdade Venda Nova do Imigrante) em 2017. Atualmente é efetiva da Escola Estadual Alexandre Vaz Tavares na disciplina de Língua Inglesa. Tem experiência na área de Letras, com ênfase em Inglês e português, atuando principalmente nos seguintes temas: inglês, redação, interpretação, coerência e coesão e metodologia científica. Acadêmica do 9º semestre do curso de Engenharia de Produção da UEAP.

João Inácio Scrimini

Graduação em Estatística pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil.

José Ribamar Santos Moraes Filho

Doutorando em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela UNIDERP, com sua pesquisa voltada à RSS e Logística Reversa. Mestre em Energia e Ambiente pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Especialista em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Internacional UNINTER. Especialista em Administração e Gestão da Qualidade pelo Centro Universitário Internacional UNINTER. Graduado em Engenharia de Produção Bacharelado pela Universidade Ceuma. Graduado em Administração Bacharelado pelo Centro Universitário Cidade Verde (UNIFCV). Professor, orientador de ligas acadêmicas universitárias, consultor de Empresa Junior e orientador de trabalho de conclusão de curso (TCC). Professor, membro do NDE e Colegiado de cursos de Engenharia da Universidade Ceuma. Professor, membro do NDE e Colegiado de curso da Faculdade Pitágoras de São Luís. Professor, membro do NDE e Colegiado de curso da Faculdade Pitágoras do Maranhão. Professor Substituto da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Professor conteudista de material EAD (livro didático, webaulas e banco de questões) para a Faculdade Edufor e Universidade Ceuma. Atuação como Engenheiro nas áreas de Engenharia de Produção e Engenharia de Segurança do Trabalho (CREA ativo).

Julia Neves Cano

Graduação em andamento em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Senac, SENAC/SP, Brasil.

Laura Stefanini Pereira

Atualmente cursando graduação em Engenharia Elétrica na UNESP campus de Ilha Solteira. Membro bolsista do grupo PET - Engenharia Elétrica desde junho de 2019 e membro do Centro Acadêmico de Engenharia Elétrica (CAEE) desde 2019. Participante do Programa de Iniciação Científica Jr. (PIC Jr.) na área de Matemática Pura e Aplicada com bolsa do CNPq de 2013 a 2015. Atualmente é integrante do laboratório de otimização de sistemas de distribuição, do Departamento de Matemática da UNESP campus de Ilha Solteira.

Leonardo Lima Gomes

Graduado em Administração pelo Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão (UniFacema), Caxias-MA - 2016. Graduando em Tecnologia em Segurança no Trabalho, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís-MA - 2026. Dentre todos esses 10 anos de experiência, listo abaixo as que mais se destacaram na minha carreira até o momento: -FINANCEIRA: Enfoque em lançamento de Notas Fiscais, Rotinas Contábeis, Contas a Pagar, Contas a Receber, Negociação com Clientes e Fornecedores, relacionamento bancário e rotinas de fluxo de caixa; expertise também em processos de auditorias financeiras e de logísticas. LOGÍSTICA: Controle de estoque, gestão de pedidos e suprimentos, roteirização, montagem e acompanhamento de rota de entrega e coleta por



todo o Maranhão, gestão de frota empresarial através da plataforma nacional TicketLog. GESTÃO: Atualização de metas de equipes na gestão corporativa, reuniões de cadência com equipe logística, comando interino de equipe logística, criação, desenvolvimento e avaliação de indicadores de resultados, dentre outras atividades. Com experiência e domínio dos sistemas ERP GVCollege (educação), ERP SIENGE (construção civil), ERP Microsoft AX (vendas e distribuição).

Luana Aparecida Gracheki Da Costa

Graduanda em Engenharia Mecânica na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), membro efetivo atuante na diretoria de qualidade da ACTUS Soluções & Consultoria, Empresa Júnior de Engenharia Mecânica da UTFPR, campus Guarapuava.

Lucas Macedo da Silva

Graduado em Engenharia de Computação pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2020) e atualmente pós-graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Goiás. Participou de projetos no grupo de pesquisa BÉSt e atualmente trabalha na linha de inteligência artificial com foco em modelos para a detecção de objetos. Foi monitor da Escola de Ciências Exatas em 2017. Atuou profissionalmente como estagiário do Ministério Público do Estado de Goiás, auxiliando na melhoria de diversos processos internos. Atua profissionalmente como desenvolvedor de software backend.

Marcelo Nunes Fonseca

Engenheiro de Produção com mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Pós Doutor na Universidade Presbiteriana Mackenzie no programa de pós graduação em administração de empresas, atuando com foco em finanças, supervisionado pelo Prof. Dr. Wilson Toshiro Nakamura. De 2017 a julho de 2022 atuou como professor na graduação da UFG, ministrando as disciplinas de Engenharia Econômica, Contabilidade e Gestão de Custos. Foi membro da comissão de revalidação de diploma do curso de Engenharia de Produção (UFG). É professor permanente do corpo de docentes do mestrado profissional em Engenharia de Produção da UFG. Professor da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Ocupou o cargo de Coordenador do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da UFG de 2021 a 2022. Foi vice coordenador do PPGEP/UFG até 2021. É Membro do GT de pós graduação da ABEPRO. Durante o mestrado realizou estágio por um mês em Luanda, na Angola. Em sua dissertação utilizou a técnica de opções reais para análise de investimentos para desenvolvimento de um campo de petróleo Angolano. Já em sua tese, desenvolveu uma estrutura para análise da utilização de sistemas híbridos (Diesel e Fotovoltaico) para geração de energia em regiões Isoladas (sistemas off-grid). Durante sua primeira experiência na docência, ministrou as disciplinas de Engenharia Econômica, Contabilidade, Sistemas Produtivos e Gestão da produção no Centro Universitário de Itajubá (2016 a 2017). De 2017 a 2021 foi membro do Núcleo Docente Estruturante do curso da graduação em Engenharia de Produção. Tem interesse em pesquisas em temas relacionados à análise de investimentos e decisão de estrutura de capital de empresas. Foi um dos coordenadores do projeto de transferência da estrutura hospitalar do Hospital das Clínicas de Goiás e de projetos de pesquisa para redução de desperdícios (pensamento enxuto) em empresas localizadas na cidade de Goiânia e Aparecida de Goiânia.

Marcelo Rodrigues

Doutor em Educação pela Universidade Del Mar (Udelmar - Chile 2013), Mestre em Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - 2003), Graduado em Física pela Universidade Federal do Paraná (UFPR - 1998), Técnico em Eletrotécnica (CEFET-PR - 1989) e Eletricista Diesel-elétrica de Locomotivas (SENAI/RFFSA - 1988). Desde 1989 é professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEFET-PR/UTFPR). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica e de Produção com ênfase na Gestão de Ativos (ISO 55000), Confiabilidade Humana, Gerenciamento de Risco e Gerência de Manutenção (PCM, TPM, RCM e WCM), atuando nos seguintes temas: qualificação profissional, gestão de manutenção, indicadores de manutenção, tecnologia e qualidade na manutenção, fator humano na manutenção, análise de falhas (RCA), confiabilidade de sistemas e confiabilidade humana. Coordenador do Curso de Especialização em Gerência de Manutenção na UTFPR e do Curso de Especialização em Energias renováveis. Membro do comitê técnico da Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos ABRAMAN Regional Sul PR/SC/RS (desde 2001). Autor de livros na área de Gestão de Manutenção.

Marcos Felipe Nascimento Santana

Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade UNICEUMA, São Luís-MA.

Marcos Gabriel Vieira de Vilhena

Graduação em andamento em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil.

Marjorie Maria Bellinello

Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal de Tecnologia do Paraná (UTFPR), - Campus Guarapuava. Possui Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (USP) e M.Sc. em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Tecnologia do Paraná (UTFPR). Também realizou Pós-doutorado em confiabilidade e análise de risco para ativos industriais na Università Politecnica delle Marche (UNIVPM), Itália. É autora e coautora de mais de 20 publicações em revistas, capítulos de livros e anais de conferências nacionais e internacionais. Participou como pesquisadora em diversos projetos nacionais e internacionais junto a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Politécnica de Marche (UNIVPM) e Universidade de Nottingham. Seus interesses de pesquisa incluem gestão industrial, otimização de problemas operacionais usando métodos científicos e matemáticos, engenharia de confiabilidade e análise de risco, engenharia de manutenção, confiabilidade humana e técnicas de inteligência artificial aplicadas à teoria de tomada de decisão e tecnologias da indústria 4.0. Também é revisora regular de periódicos internacionais, incluindo Expert Systems with Applications, ASCE-ASME de risco e incerteza em sistemas de engenharia, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Journal of Intelligent Manufacturing (JIMS) e Processes (MDPI). Possui cerca de 20 anos de experiência profissional acadêmica e industrial na área de engenharia de manutenção em diversos campos industriais (alimentos e bebidas, indústria química, usina hidrelétrica, siderúrgica, fábrica automotiva, papel e celulose). Atualmente desenvolve projetos de pesquisa com Usinas Hidrelétricas (UHEs) brasileiras com o objetivo de garantir a confiabilidade e disponibilidade do sistema de geração de energia (P&D ANEEL).



Matheus Eiji Toriy Botelho

Graduação em andamento em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Brasil.

Pedro Henrique Pereira dos Santos

Cursando Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Amapá (UEAP). Formado em Técnico em Edificações no Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Amapá (IFAP).

Ricardo Luiz Ciuccio

Possui graduação em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Guarulhos (2003), Bacharelado em Matemática pela Universidade Guarulhos (2004), graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO pela Universidade Guarulhos (2009), especialista em Educação Matemática pela Universidade Guarulhos (2005), MBA em direção de empresas pela Faculdade Armando Alvares Penteado (2007) e especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho (2019). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Taubaté (2013). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia de Processo, atuando principalmente nos seguintes temas: processos de fabricação, desenvolvimento de produto, usinagem. Atualmente atua com desenvolvimento de novos produtos e processos no setor de implantodontia odontológica.

Tito Lívio Pinto de Freitas

Mestre em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal do Amapá (2013); Especialista em Gestão de Arranjos Produtivos Locais pela UNIFAP (2011) e Docência do Ensino Superior pela META (2010); graduado em engenharia de produção pela Universidade Salgado de Oliveira (2004). Professor efetivo da Universidade do Estado do Amapá, já atuou como coordenador do curso de Engenharia de Produção e Pró-Reitor de Planejamento e Administração.

Vinicius Martins Dias Toni

Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Brasil.

Vitor de Almeida Silva

Possui graduação em Engenharia de Computação pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2020). Recebeu a premiação de Mérito Acadêmico Magna cum laude. Participou de projetos no grupo de pesquisa BEST em parceria com o projeto Alfadown da PUC Goiás. Foi estagiário do Tribunal de Justiça do Estado de Goiás atuando no controle de qualidade, manutenção de equipamentos e produção de relatórios.

Nesta obra os Organizadores ressaltam a importância da série científica “Engenharia 4.0: a era da produção inteligente” no contexto empresarial, científico e seus utilitários, por se tratar de tema da maior relevância para a indústria e centros de pesquisa que buscam identificar propostas com o potencial de desenvolvimento tecnológico e inovação. Pautada com trabalhos focalizados em discussões da Engenharia a respeito da produção inteligente e sua nova fronteira, oportuniza aos acadêmicos, professores e profissionais atuantes excelente material para novas reflexões.

ISBN: 978-65-80751-60-0

