

Organizadores:

Eduardo Mendonça Pinheiro

Patrício Moreira de Araújo Filho

Glauber Tulio Fonseca Coelho



4iD

ENGÊNHARIA

a era da produção inteligente

2021


Pascal
Editora

8^o
Volume

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

ENGENHARIA 4.0

a era da produção inteligente

VOLUME 8

EDITORA PASCAL
2021

2021 - 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: Patrício Moreira de Araújo Filho

Conselho Editorial

Dr. Will Ribamar Mendes Almeida

Dr. Saulo José Figueredo Mendes

Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior

Dr. Raimundo Luna Neres

Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda

Dr. Ernane Rosa Martins

Dr. Raimundo J. Barbosa Brandão

Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57prod

Engenharia 4.0: a era da produção inteligente. / Eduardo Mendonça Pinheiro, Patrício Moreira de Araújo Filho e Glauber Tulio Fonseca Coelho, (Orgs.). — São Luís: Editora Pascal, 2021.

325 f.; il. – (Engenharia 4.0; v. 8)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-86707-75-5

D.O.I.: 10.29327/552186

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

CDU: 089.3

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

2021

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 14 capítulos que foram apresentados em eventos regionais, nacionais e internacionais 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

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 9

MOBILIDADE URBANA E TRANSPORTE COLETIVO: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SÃO LUÍS / MA E CURITIBA / PR

Victoria Morena Moreira de Freitas

Amanda Emyli Alves Silva

Luanne de Fátima Pereira Batalha

Matheus Macedo Barroso

Rachid Santo Maluf

CAPÍTULO 2..... 27

DEPOSIÇÃO DE PROTEÍNAS NA SUPERFÍCIE DE IMPLANTES OSSEOINTEGRÁVEIS

Ana Karine Rocha de Andrade Nattrodt

Carlos Nelson Elias

Adriana Marcela Lobato Rocha

André Aguiar Marques

CAPÍTULO 3..... 42

USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE PLANO DE NEGÓCIOS DE UMA PADARIA

Wellinton de Assunção

Thainara Silva Soares

Franklin Lima Júnior

CAPÍTULO 4..... 59

USO DO MÉTODO DE MONTE CARLO NA ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCO APLICADA A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE RODEIROS FERROVIÁRIOS

João Vitor Rego Muniz

Wellinton de Assunção

CAPÍTULO 5..... 73

DICALCOGENÍDEOS BIDIMENSIONAIS DO TIPO XY_2 ($X=Mo,W$; $Y=S,Se$): PROPRIEDADES OPTOELETRÔNICAS VIA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Liana de Oliveira Araújo

André Luís Rodrigues Mathias

Nilton Ferreira Frazão

Fernando Marques de Oliveira Moucherek

David Lima Azevedo

Edvan Moreira

CAPÍTULO 6..... 89

**ANÁLISE DO FMEA PARA VALIDAÇÃO DO PROCESSO DE TORNEAMENTO DE DES-
BASTE EM TORNO VERTICAL**

Afonso Bassanelli Junior
Renann Pereira Gama

CAPÍTULO 7..... 119

**O IMPACTO DO USO DE FERRAMENTAS DE CONTROLE DE QUALIDADE NO PRO-
CESSO PRODUTIVO DE CERVEJA**

Thamara Gomes Lima
Rhubens Ewald Moura Ribeiro

CAPÍTULO 8..... 134

A IMPORTÂNCIA DE UMA GESTÃO COMUNICATIVA EM PROJETOS

Claudenice Alves dos Santos
Gisely Rodrigues Oliveira
Kelma Antônia Dutra Fernandes
Ovidia Castro Costa
Saulo Henrique Carvalho Castro

CAPÍTULO 9..... 140

**GESTÃO DE RECURSOS FINANCEIROS: ESTUDO DE CASO SOBRE ORÇAMENTO
BASE ZERO EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO**

Jéssica Feitosa de Assunção
Heitor Carvalho Cantanhede Marques
Wellinton de Assunção

CAPÍTULO 10..... 153

**A POLÍTICA DE PD&I NA ZONA FRANCA DE MANAUS: OPORTUNIDADES E DESA-
FIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

Arthur de Freitas Lisboa
Luiz Frederico Oliveira de Aguiar
Mauricio Itikawa
Armando Araújo de Souza Junior

CAPÍTULO 11..... 167

**MAPEAMENTO DE PROCESSOS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DELIVERY
DE UMA REDE DE SUPERMERCADOS EM TERESINA – PI**

Gabriel Campelo da Silva
Rhubens Ewald Moura Ribeiro

CAPÍTULO 12..... 180

INTEGRAÇÃO LEAN MANUFACTURING E INDÚSTRIA 4.0: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Thales Simões Gonçalves Ferreira Duque Estrada
Ercilia de Stefano
Alberto Eduardo Besser Freitag

CAPÍTULO 13..... 196

IMPLANTAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO RCM NA LINHA DE ENVASE DE LATAS EM UMA CERVEJARIA NO MARANHÃO

Heitor Carvalho Cantanhede Marques
Jéssica Feitosa de Assunção
Wellinton de Assunção

CAPÍTULO 14..... 214

A RELAÇÃO ENTRE O LEAN, ECONOMIA CIRCULAR E INDUSTRIA 4.0 COMO FERRAMENTA PARA OBTENÇÃO DE VANTAGEM COMPETITIVA

Catarina Sabbadim Santana
Clarice de Oliveira Carvalho
Ercília de Stefano
Gabrielle da Silva Azevedo
Jéssika Coelho de Oliveira

CAPÍTULO 15..... 227

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETO COM COMPOSIÇÃO HÍBRIDA DE AGREGADO GRAÚDO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Bruno Leite Cruz
Bernardo Borges Pompeu Neto
Marylin Fonseca Leal de Farias Wetters

CAPÍTULO 16..... 242

OTIMIZAÇÃO DE PORTFOLIOS DE INVESTIMENTOS ATRAVÉS DE MODELOS ESTADÍSTICOS EM PYTHON

João Victor Neves Loose
Wellinton de Assunção

CAPÍTULO 17..... 266

APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA COMO MELHORIA NO ATENDIMENTO E FATURAMENTO DE UMA ASSISTÊNCIA TÉCNICA AUTORIZADA EM TERESINA – PI

Francisco Jairo Ferreira da Costa
Rhubens Ewald Moura Ribeiro

CAPÍTULO 18..... 276

A INFLUÊNCIA DO MARKETING DIGITAL, SOBRE AS VENDAS EM UM SUPERMERCADO PIAUIENSE

José Robert Ferreira da Silva Filho
Cicero Tadeu Tavares Duarte

CAPÍTULO 19 294

A IMPORTÂNCIA DO TREINAMENTO COMO ESTRATÉGIA DE POTENCIALIZAÇÃO DO DESEMPENHO DOS COLABORADORES NAS ORGANIZAÇÕES

Samuel Ribeiro Soares
Eldelita Águida Porfírio Franco

CAPÍTULO 20 306

A IMPORTÂNCIA DO GERENCIAMENTO DA COMUNICAÇÃO EM PROJETOS

Ana Karoline Silva de Oliveira
Edinaldo Silva Frazão
João Pedro Morais Carreiro
Mateus Costa Vasconcelos

AUTORES 312

ORGANIZADORES..... 324

CAPÍTULO 1

MOBILIDADE URBANA E TRANSPORTE COLETIVO: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SÃO LUÍS / MA E CURITIBA / PR

URBAN MOBILITY AND COLLECTIVE TRANSPORT: A STUDY BETWEEN
SÃO LUÍS / MA AND CURITIBA / PR

Victoria Morena Moreira de Freitas

Amanda Emyli Alves Silva

Luanne de Fátima Pereira Batalha

Matheus Macedo Barroso

Rachid Santo Maluf

Resumo

A necessidade de entender e usufruir de uma mobilidade eficaz por parte dos usuários, tendo em vista que as questões de mobilidade urbana e transporte público, são crescentes. O deslocamento configura-se como parte essencial da vida humana, desde os tempos mais remotos até hoje, proporcionando estar presente nos espaços, sendo um dos principais meios de integração de povos e desenvolvimento da economia. A evolução dos meios de transportes foi constante, do meio mais rústico ao mais inovador, contudo, em algumas regiões alguns percalços passaram a existir e dificultar a mobilidade e todo o sistema de funcionamento social por trás dessa atividade, por isso a importância de compreender os instrumentos fundamentais de suas especificidades. A pesquisa surgiu com o intuito de compreender a mobilidade urbana e o sistema de transporte público, entre as cidades de São Luís/MA e Curitiba/PR, por identificar características próximas em caráter urbano, mas estruturas viárias distintas. O estudo possui caráter descritivo-exploratório caracterizado por via bibliográfica, onde foram assimiladas literaturas de grande relevância como: artigos nacionais e internacionais, dissertações e teses, bem como a análise de normas e diretrizes presentes no Estatuto da Cidade e o Planos Diretor de cada cidade. Entre os pontos identificados no trabalho, destaca-se a dependência de um único modal de transporte urbano coletivo e a média diária de tráfego de passageiros, além do mais, identificou-se o não cumprimento de diretrizes da cidade de São Luís, a falta de infraestrutura viária, baixos pontos de integração e ações tardias de intervenção nas vias em busca de solução para problemas antigos. Quanto a cidade de Curitiba identificou-se um sistema inovador de transporte que é referência nacional a ser seguido tendo foco o transporte coletivo, devido a implantação de um sistema de integração abrangente entre a região metropolitana e canais de escoamento exclusivo para transportes coletivos.

Palavras Chaves: Mobilidade. Transporte. Região metropolitana.

Abstract

The need to understand and enjoy effective mobility on the part of users, considering that the issues of urban mobility and public transport, are growing. Displacement is an essential part of human life, since the most remote times until today, providing being present in spaces, being one of the main means of integration of peoples and development of the economy. The evolution of the means of transport was constant, from the most rustic to the most innovative, however, in some regions some mishaps began to exist and hamper mobility and the entire system of social functioning behind this activity, hence the importance of understanding the fundamental instruments of their specificities. The research arose with the aim of understanding urban mobility and the public transport system between the cities of São Luís/MA and Curitiba/PR, as it identified similar characteristics in an urban nature, but distinct road structures. The study has a descriptive-exploratory character characterized by bibliographical approach, where relevant literatures were assimilated, such as: national and international articles, dissertations and theses, as well as the analysis of norms and guidelines present in the City Statute and the Master Plans of each city. Among the points identified in the work, the dependence on a single modal of collective urban transport and the daily average of passenger traffic stands out. road infrastructure, low integration points and late intervention actions on the roads in search of a solution to old problems. As for the city of Curitiba, an innovative transport system was identified that is a national reference to be followed with a focus on public transport, due to the implementation of a comprehensive integration system between the metropolitan region and exclusive flow channels for public transport.

Key-words: Mobility. Public transportation. Metropolitan region.



1. INTRODUÇÃO

O transporte está intimamente ligado à compreensão das origens dos povos bem como o desenrolar das próprias inovações do ramo. Conhecer a sua história é desfrutar das contribuições no desencadear dos avanços das cidades e do país. Propor um desenvolvimento de um sistema de transporte mais produtivo e com alta qualidade é oferecer um desenvolvimento sustentável englobando um cenário econômico, social e principalmente ambiental, porém a isso deve-se atrelar uma boa infraestrutura apropriando o cenário para as gerações posteriores (ROCHA, 2015).

O século XX é marcado por uma enorme expansão dos meios de produção e, em consequência disso é marcado por um período de intenso deslocamento em direção aos grandes centros urbanos, o conhecido êxodo rural, a fuga do campo para as a cidades, cuja finalidade dos cidadãos eram melhores condições de vida, uma vaga de emprego e, concomitantemente, estabilidade financeira. Devido a essa mudança da conjuntura social, os efeitos da globalização fizeram surgir a necessidade de um novo modelo populacional que atendessem a nova dinâmica social a qual exigia ação quanto ao aspecto de deslocamento urbano (GONÇALVES, ROTHFUSS e MORATO, 2012).

O processo de urbanização fez nascer então a dinâmica dos transportes públicos, os quais necessitavam se adequar as novas demandas sociais, exigido cada vez mais atuação pública em aspectos socioeconômicos, em especial no que tange à mobilidade urbana. Nesse sentido, a mobilidade urbana era entendida por um viés amplo de políticas de transportes as quais tinham por base proporcionar um acesso amplo e democrático, estimulando o uso de transportes coletivos efetivos, inclusivos por uma vertente social e ecologicamente sustentáveis, cujo foco passou a ser o cidadão e não o objeto motorizado (BOARETO, 2003).

Nesse sentido Soriano (2017) passou a considerar o conceito de mobilidade urbana dentro de um contexto estrutural da sociedade, pois fora cada vez mais avançando em espaços, fazendo surgir intervenções as quais eram necessárias para a implementação dos sistemas de transportes. Indo de ao encontro a esse cenário, Meira (2013, p. 74) afirma que a "acessibilidade pode ser denominada como a mobilidade para satisfazer as necessidades, ou seja, as condições para alcançar o destino desejado e não simplesmente a facilidade de cruzar espaços." Contudo, o crescimento desenfreado gerou problemáticas que convergem no acréscimo da demanda de fluxos de passageiros.

O aumento do tempo de deslocamentos, congestionamentos, elevado fluxo em horários de pico, poluição oriunda da emissão de gases poluentes na atmosfera, são muitas das problemáticas evidenciadas (SORIANO, 2017). Devido a isso, identifica-se uma insustentabilidade do modelo atual nas metrópoles brasileiras, e pode ser evidenciado por meio de quatro pontos comuns, sendo esses: 1) elevados índices de motorização individual; 2) ineficiência do transporte público; 3) associação entre trânsito, poluição e congestionamento; e 4) uma falha integração modal e territorial (BRASIL, 2005).

Dada a conjuntura atual da dinâmica do transporte público no território brasileiro, optou-se em analisar duas metrópoles que apresentam características próximas em suas

configurações espaciais, mesmo que seja identificado duas realidades distintas no ponto de estudo em questão. Levando em consideração o papel dos órgãos públicos como responsáveis diretos por essa situação em associação com o proposto por Banister (2008) onde pontua que os governos locais tem o desafio de propor para os seus cidadãos um ambiente urbano de qualidade. Partiu-se desse pressuposto para um estudo de caráter comparativo de mobilidade urbana e transporte coletivo entre as cidades de São Luís-MA e Curitiba-PR, a fim de entender o processo de formação viária nas cidades, bem como a atuação do poder público em consonância aos planos diretores e estatutos da cidade, em relação a trafegabilidade do transporte coletivo público, e o entendimento que as ações do poder público tem em função da problemática evidenciada em suas regiões metropolitanas (RM), para assim entender as características da dinâmica do transporte e por meio dos dados aferidos, fazer um estudo comparativo relacionando causas e efeitos.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

Instituída pela lei federal nº 12.5587/2012, surge a Política Nacional de Mobilidade Urbana, conhecida popularmente como “Lei da Mobilidade” cujo objetivo é tratar acerca do conceito de mobilidade urbana associada a política de transportes e o desenvolvimento urbano, com a finalidade de orientação aos governos locais para sanarem a problemática envolvida nesse cenário. Contudo, infelizmente, por mais que sejam criadas diversas medidas que tratem acerca da mobilidade, um fato que chama atenção é que muitas das vezes o foco de estudo é votado **à circulação do modo** motorizado de transporte, sendo que deve também /englobar outros meios de locomoção, tal fato, traduz que muitas das vezes ocorre uma ineficiência de vários planos que são estipulados (OLIVEIRA e RODRIGUES DA SILVA, 2015).

Em seus estudos, Miranda et. al. (2012) buscando entender quais as dificuldades na implementação de planos de mobilidade urbana dos gestores e técnicos da área de transporte em algumas cidades, chegou à conclusão de que as pessoas responsáveis por concretizar as ideias não tinham experiências quanto a questões de mobilidade, plano diretor e alguns outros meios legais, e, devido a este cenário, acarretava ações que não eram voltadas a solucionar a problemática de um modo geral, mas sim se pequenos pontos específicos, que muitas das vezes provocavam ações que não obtinham êxito.

Ainda nessa análise, Curtis e Low (2012) analisam as dificuldades institucionais que levam a problemas de transição e, ressalta o péssimo cenário de administração a questões de inalteração apesar da extrema necessidade de mudança. Complementando o assunto abordado, Rodrigues da Silva (2013) analisando o trabalho de Curtis e Low reforça a necessidade de aprimoramento das pessoas responsáveis por elaborar planos de ação e, afirma ainda a necessidade de estar criando cada vez mais estudos e paradigmas, nessa área de estudo, por acreditar que será um grande desafio para várias cidades.



3. SERVIÇO DE TRANSPORTE PÚBLICO METROPOLITANO

Levando em consideração que o transporte urbano coletivo é de responsabilidade dos órgãos públicos de jurisdição municipal, deve-se salientar que esta definição foi estipulada por meio da Lei nº 8.987, na qual, ainda afirma que todos os instrumentos instaurados em seu texto devem ser obrigatoriamente adequados até o ano de 2010, e, caso não operado e gerido diretamente pelo serviço municipal, este deve criar meios (concessões ou permissões) para os quais atendam as definições legais (NETO e FILHO, 2015).

Ainda nessa análise, é indispensável que os municípios atuem na elaboração de sistemas regulares baseados por critério legais, estipulando entre outras coisas, regras tarifárias e a igualdade entre os direitos dos usuários que irão dispor dos serviços (NETO e FILHO, 2015).

É válido ressaltar que os assuntos que englobam a mobilidade urbana, tem por base atender as necessidades das regiões metropolitanas, pautadas sobre o reconhecimento das funções públicas de interesse comum (Fpics), concomitantemente, às atribuições constitucionais dos estados envolvidos. A função pública nesse aspecto de transporte surge como um serviço que visa a atender de forma eficaz à população, sendo um serviço explícito assegurado por definições da Constituição Federal de 1988 (CF, 1988).

4. METRÓPOLES: PLANOS DE MOBILIDADE

O acelerado processo de metropolização das áreas urbanas desencadeou diversos fatores que têm obrigado as autoridades públicas a estabelecerem planos para a organização das cidades, pois os reflexos são variados, porém convergem a interferirem na dinâmica social (GONZAGA e KNEIB, 2015). Dada essa realidade, percebe-se a necessidade de estudos que visem a avaliação da mobilidade urbana em termos dos Planos Diretores Municipais, pois percebe-se que a medida que as cidades crescem, tornam-se cada vez mais difícil locomover-se, evidenciado cada vez mais longas filas de engarrafamentos nos centros urbanos, tal como pode ser exemplificado pela reportagem feita da cidade de São Paulo-SP, em que traduz uma problemática que vai além de onde podemos imaginar, veiculada pelo portal de notícias R7 (2019) em que afirma que “o maior congestionamento da história da cidade foi registrado em 23 de maio de 2012, às 10h da manhã, com 249 quilômetros de trânsito parado.” Contudo, vale ressaltar que essa problemática pode vir ou não associada a outros problemas de ordens sociais e naturais, tais como manifestações e temporais, respectivamente.

Baseado nesse cenário, e seguindo os princípios instaurados pelo Estatuto da Metrópole, instituído em janeiro de 2015 (BRASIL, 2015), o qual complementa as normas gerais contidas no Estatuto da Cidade, que fora instaurado pela Lei nº 10.257 de 10 de junho de 2001 (BRASIL, 2001), e que tem por finalidade criar planos e metas de adequação e melhoria dos sistemas de mobilidade urbana. Neste panorama, destacam-se as seguintes iniciativas: obrigatoriedade de adoção do plano diretor para município que tenha população acima de 20 mil habitantes e que estão inseridos em perímetro metropolitano, que são de caráter turístico ou que tenham em suas áreas estruturas de grande porte com impacto ambiental, tais como: aeroportos, portos rodovias, hidrelétricas ou barragens

(BRASIL, 2001).

Segundo estudos do Ministério das Cidades (2015), remota dos anos 70 o início de estudos que visavam a gestão de planos metropolitanos, entretanto, um problema identificado desse período e que dificilmente foi sanado, trata da inserção das instâncias municipais, as quais ficaram a parte do processo. Logo, traduziu-se em uma visão segregada de investimentos federais (GONZAGA e KNEIB, 2015). Vale ressaltar, que o Estatuto da Metrópole foi idealizado para atender ao Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI) para as regiões metropolitanas, inserindo a compatibilização do plano municipal (plano diretor) nessa esfera, contudo a realidade foi edificada contrária ao que foi proposto e, hoje percebe-se inconsistências visíveis na dinâmica de fluidez das cidades.

4.1 Estatuto da cidade

Entrando em vigor desde 2001 por meio da Lei Nº 10.257, surge com a proposta de estabelecer o uso adequado da propriedade urbana baseado em princípios acerca do bem coletivo, equilíbrio ambiental, segurança pública e bem-estar dos cidadãos. Envolve ações que promovam ações conjuntas entre governo e iniciativa privada, bem como outros setores sociais, a disponibilização de equipamentos urbanos, serviços e transporte público, e, também a edificação de estrutura democrática a qual insira as diversas organizações sociais em prol da sociedade (BRASIL, 2001). Tal ponto, encontra-se disposto ao longo da pesquisa por esta ter um caráter avaliativo acerca da política de transporte e mobilidade das cidades de São Luís-MA e Curitiba-PR, relacionando-os suas regiões metropolitanas.

4.2 Estatuto da metrópole

Entrando em exercício no ano de 2015, instituída pela Lei Nº 13.089 e tendo por base o desenvolvimento integrado das aglomerações urbanas, estabelece diretrizes para o planejamento das regiões metropolitanas, envolvendo questões de governança inter federativa. Estabelece o PDUI como um dos instrumentos principais para a gestão da metrópole, por relacionar a mobilidade urbana envolve em sua estruturação as características locais de cada região bem como pontua cada um de seus componentes (BRASIL, 2015).

4.3 Lei Federal da Mobilidade

Entrando em vigor no ano de 2012 por meio da Lei nº 12.587, esta lei tem por base estabelecer as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, cujo foco principal é contribuir para o acesso igualitário a qualquer ponto das cidades, contemplando todos os modos de transporte, deslocamentos, serviços e, principalmente, infraestrutura (BRASIL, 2012).



5. INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA

Giambiagi e Além (2001) destacam que a atuação do estado, direta ou indiretamente, em ações econômicas se dá muitas das vezes por meio da existência de falhas de mercado em alguns serviços e, dentre essas falhas podem ser citadas: alguns monopólios, mercados incompletos e algumas externalidades. Nesse cenário, por se tratar em serviços, estão inseridas as atividades públicas, as quais visam a prevalência coletiva em detrimento do pessoal.

O serviço público está dentro dessa esfera de serviços, por gerar externalidade às características das próprias cidades, assim como, em algumas esferas edificarem mercados incompletos, principalmente por se considerar os espaços externos às áreas metropolitanas e as áreas densamente urbanizadas.

O transporte urbano deve ser entendido como um dos indicadores sociais de qualidade de vida e desenvolvimento urbano. Souza (2007) destaca que este não se baseia apenas em lazer, poluição sonora ou visual, mas que a qualidade de vida nos centros urbanos é diretamente ligada ao deslocamento, e, nesse aspecto destacam-se os tempos de viagens, às distâncias ao trabalho e ao modo de locomoção. Segundo o mesmo autor, tal fato vai de encontro com a tríade que compõe a análise de desenvolvimento urbano: habitação, saneamento e transporte. Logo, propor investimentos é essencial.

Herdy, Malburg e Santos (2012) asseveram que com o passar dos anos cada vez mais a dinâmica social exige dos gestores públicos, tomada de decisões que visem a sustentabilidade socioeconômica e ambiental. Nessa vertente, afirmam proporcionar aos usuários um sistema de transporte adequado, deve-se considerar seis aspectos importantes, sendo esses:

- Produtividade e competitividade;
- Saúde;
- Meio ambiente urbano;
- Emprego e renda;
- Acesso a bens e serviços;
- Infraestrutura e custos.

Quanto ao último ponto, cabe salientar que deve proporcionar a valorização do espaço por meio de uma infraestrutura adequada, implantação e ampliação de vias, sinalização, modernização dos meios (trens, metros, ônibus), e, uma dinâmica de elevação de custos de transportes considerando o aumento das distâncias percorridas HERDY, MALBURG E SANTOS (2012). Por fim, cabe ponderar que o custo financeiro deve ser equilibrado tendo em mente a vida útil da infraestrutura nesse cenário, os gastos originários para esse setor compreendem o de implementação, financiado diretamente pelo gestor, e o de operação, arcando na maior parte pelos usuários os quais custearão por meio do pagamento de ta-

rifas (SORIANO, 2017).

5. FATORES CARACTERIZADORES DE QUALIDADE DO SERVIÇO DE TRANSPORTE PÚBLICO

A qualidade está diretamente ligada a percepção individual de quem dispõe e usufrui daquele serviço. Para um investidor, um serviço será caracterizado bom se acarretar em uma boa rentabilidade, mas e quanto aos usuários? A qualidade irá depender da finalidade que aquele serviço origina, ligada a questões objetivas (menor tempo de deslocamento, por exemplo) ou até mesmo emotiva (se sentir no confortável), e, cabe aos órgãos públicos junto com seus gestores, garantir o bom estado físico e emocional dos usuários dependentes do transporte público (SILVA, 2015).

Vários são os estudos que abordam diversas vertentes que tratam acerca da qualidade dos serviços prestados, e devido a isso cabe citar os trabalhos de Hensher et. al. (2003) o qual afirma que a velocidade do transporte associada a uma baixa tarifa são fatores essenciais de qualidade, enquanto que Eboli e Mazzula (2008) consideram além do preço, a frequência com que os meios de transporte são disponibilizados aos usuários. Redman et. al. (2013) em seus estudos mais recentes destacam doze pontos essenciais (Quadro 1) ao que considera como indicadores de qualidade.

Atributo	Definição
Confiabilidade	Cumprimento da rota conforme o itinerário e o horário estabelecido anteriormente
Frequência	Frequência com que o serviço opera durante um determinado período
Velocidade	Tempo de viagem entre pontos específicos
Acessibilidade	Disponibilidade do transporte público para o maior número de pessoas
Preço	Custo monetário de viagem
Previsão de Informação	Quantidade de informações fornecidas sobre rotas e conexões
Facilidade de transferência/ conexão	Simplicidade durante a conexão, incluindo o tempo de espera
Estado do veículo	Condições físicas e mecânicas dos veículos
Conforto	Nível de conforto da viagem, incluindo os assentos, níveis de ruído, habilidade do condutor, temperatura
Segurança	Acidentes envolvendo os veículos e segurança pessoal
Conveniência	Facilidade para usar o transporte público e quão bem ele contribui para a mobilidade
Estética	Veículos, estações e áreas de espera

Quadro 1 - Indicadores de qualidade
Fonte: Adaptado de Redman et. al. (2013)



Por mais que sejam estabelecidos parâmetros de análise, estipular a qualidade do serviço de transporte de um modo geral é uma tarefa difícil por considerar as seguintes questões:

1. Intangibilidade (envolve a percepção do usuário);
2. Perecibilidade (usar aquilo que está à disposição, caso contrário haverá perda, ou seja, não se deve ser estocado);
3. Inseparabilidade (produção e consumo andam juntas);
4. Variabilidade (os serviços dependem de onde serão dispostos e para quem irá dispor). (SORIANO, 2017).

Devido a essa variabilidade, Hotta (2007) pontua que a decisão do melhor sistema de transporte para determinada região é necessária, e essa escolha deve ser pautada por estudos aprofundados, pois não depende apenas das características dos usuários, mas também do município. Nesse sentido, entende-se a necessidade de elaboração de projetos que atendam questões tecnológicas, financeiras, institucionais e ambientais.

6. METODOLOGIA

O desenvolvimento do estudo se deu por meio de uma pesquisa exploratória, cuja opção metodológica pautou-se na abordagem de cunho qualitativo, por considerar que a pesquisa irá diagnosticar uma situação, levantando dados secundários, tendo por base uma determinada população ou fenômeno, estabelecendo suas relações variáveis (MATTAR, 2001; GIL, 1999). Teve por base artigos científicos, dissertações e teses, ou seja, caracteriza-se por ser uma pesquisa do tipo bibliográfica, cuja finalidade foi desenvolver um estudo rico e com um bom embasamento teórico acerca dos temas relacionados.

Considerou-se principalmente os estudos do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), a qual serviu de base para o conhecimento mais aprofundado das características das regiões metropolitanas e da disposição do sistema de transporte público das cidades escolhidas (São Luís e Curitiba), bem como, utilizou-se materiais públicos dispostos nos portais do Senado Federal do Brasil, e nos portais das cidades, onde foi possível ter acesso aos Planos Diretores Municipais. A escolha da cidade de Curitiba - PR pautou-se pelo fato de ser uma cidade modelo para as questões de mobilidade, já sendo eleita mais de uma vez a cidade brasileira com o melhor sistema de transporte urbano (POLLE; TISCHER, 2019), por isso, utilizou-se de base para comparar com a cidade de São Luís - MA, a qual corresponde a cidade de naturalidade dos pesquisadores.

Partindo desse pressuposto, optou-se em analisar duas cidades com características próximas no que tange a mobilidade urbana (aumento do número de carros), além do mais, o estudo adotou como principais parâmetros a infraestrutura viária, o modal de transporte predominante, quantidade de rotas, as regiões metropolitanas. Para isso, deve-se conhecer um pouco de algumas informações relevantes de suas formações (Tabela

1 e 2), para que sejam feitos os levantamentos adequados.

Índices	Valores
Área Territorial	435,036 Km ²
População	1.933.105 pessoas (2010)
Densidade demográfica	4.027,04
IDHM	0,823
PIB per capita	44.384,92

Tabela 1 - Dados relevantes da cidade de Curitiba-PR
Fonte: IBGE (2020)

Índices	Valores
Área Territorial	582,974 Km ²
População	1.101.884 pessoas (2010)
Densidade demográfica	1.215,69
IDHM	0,768
PIB per capita	27.226,41

Tabela 2 - Dados relevantes da cidade de São Luís-MA
Fonte: IBGE (2020)

Os resultados foram abordados por meio de dados dispostos nos formatos de gráficos, tabelas, figuras e, principalmente, comentários acerca do que foi analisado, com um viés comparativo.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que a mobilidade urbana tem se transformado um grande entrave da atualidade, atingindo desde cidades pequenas até, principalmente, as de grande porte, devido a associação entre aumento da frota de veículos particulares e baixa qualidade da oferta de transporte público, resultado em grandes problemas envolvendo locomoção, principalmente quando considerada regiões comerciais (FERNANDES, NUNAN e ALMEIDA, 2018).

Conhecer as regiões metropolitanas dos estados é essencial para se entender como se dá a dinâmica de mobilidade. Observou-se que a cidade de São Luís não ter as variabilidades de modais para o transporte coletivo, a cidade conta apenas com a circulação de ônibus em um sistema tráfego misto, concomitantemente aos automóveis o que acarreta em um prejuízo a dinâmica social, pois impacta diretamente na velocidade do tráfego urbano originando longas viagens (SÃO LUÍS, 2016). Logo, tal problemática influencia na extrema necessidade de intervenção urbana, devido a dependência de um único modal, exigindo prioridades para que o serviço de transporte coletivo por meio de ônibus não entre em colapso.

As primeiras intervenções viárias na cidade de São Luís são datadas do ano de 2014, especificamente no mês de outubro, quando foram implementados corredores exclusivos (faixas) para a livre tráfegabilidade dos transportes coletivos com o objetivo de amenizar o problema de mobilidade urbana, dividindo em duas fases (tabela 3).

Fases do projeto	Extensão em quilômetro (km)
1º fase	4,6 km
2º fase	7,2 km (para 2024)

Tabela 3 - Intervenção viária em São Luís
Fonte: São Luís (2016)

Os projetos focam apenas em transportes coletivos, o qual é o mais carregado em termos de movimentação de usuários e, espera-se bons resultados apenas para o ano de 2024 (o Plano de Diretor da cidade está sendo revisado), focando apenas nas vias de maiores fluxos. Para o ano em questão também é estipulado a inserção dos BRTs (Bus Rapid Transit) os quais tráfegarão também em faixas exclusivas com velocidades constantes de 25km/h. Oliveira e Rosa (2013) em seus estudos de comparação de desempenho entre o BRT e o VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) em uma linha de operação na cidade do Rio de Janeiro, concluíram que o BRT é um sistema super viável, pois em sua produção utilização veículos de boa eficiência energética, apresentam um baixo custo de operação e proporcionam aos usuários uma qualidade adequada (conforto, velocidade e segurança).

Conforme levantamentos da própria prefeitura da cidade “a malha viária disponível na cidade de São Luís apresenta problemas de fluidez” (SÃO LUÍS, 2016, p. 22), degradando a velocidade de circulação dos automóveis, tal fato encontra-se justificado por três características encontradas com facilidade na cidade, sendo essas: o uso compartilhado de automóveis e ônibus na maioria das vias, estacionamentos em vias públicas, principalmente em áreas comerciais e estruturas viárias geometricamente dissonantes evidenciadas pela falta de transição entre as vias principais e locais.

É interessante salientar que antes da prevalência do transporte coletivo por meio de ônibus na cidade, São Luís contava com o sistema de bondes elétricos os quais prevaleciam no núcleo urbano antigo da cidade e contribuiu para a expansão da mesma, caracterizando-se como transporte público por promover os deslocamentos dos indivíduos (PEREIRA e ALCÂNTAR JUNIOR, 2017).

Com o passar dos anos e o advento da tecnologia que passou a alterar o espaço urbano, o transporte acompanhou o crescimento e desenvolvimento das cidades, nesse aspecto Nobre (2010) cita o urbanismo por meio do rodoviarismo, traduzindo uma alteração na conjuntura vigente, e, por meio do “Plano de Prestes Maia” evidenciou-se na sociedade a presença maciça de vias projetadas para o transporte automotivo e, essa realidade é marcante nos dias de hoje evidenciando pela dependência da cidade de São Luís por um modal de transporte urbano exclusivamente automotivo, pois não há na cidade metrô, trem e VLT, por exemplo, e, vias de grande fluxo com a presença maciça de viadutos e rotatórias.

Para corroborar com o supracitado, por meio de uma pesquisa de velocidade e retardamento realizada nas principais vias da cidade de São Luís, com o intuito de avaliar a infraestrutura urbana, viária e da mobilidade, analisando as principais rotas de fluxo da cidade evidenciou-se 10 pontos críticos, todos com velocidade média abaixo de 10km/h, ocasionados principalmente devido a congestionamentos constantes no entorno de interseções, associadas à falta de infraestrutura das vias: falta de retornos de quadra, diâmetros insuficientes de retornos, excesso de semáforos, excesso de uso comercial nas margens das vias e, até mesmo, obras de arte inadequadas aos locais, tais como um elevado e um viaduto em associação à rotatórias (SÃO LUÍS, 2016).

A cidade de Curitiba-PR difere da cidade de São Luís no que tange a origem de interferências viárias para a adequabilidade de mobilidade urbana, porém converge na dependência de um único modal para o deslocamento público, contudo elas não evidenciam os problemas com as mesmas proporções. Curitiba ganhou destaque nacional pela solução de problemas urbanos e, colhe esse fruto devido a iniciar em meados dos anos de 1940 projetos que atendessem o meio urbano, e essa marca pode ser evidenciada pelo crescimento circular da cidade, tendo por base a presença de anéis que expandem a cidade do centro para as periferias (MIRANDA, 2010; BENEVOLO, 2001). Segundo Gnoato (2003) a elaboração de planos da cidade, desde 1940, tinham com ênfase a distribuição de espaços e a relação com estrutura e infraestrutura de edifícios os quais com uma vertente de urbanização iriam propor uma inter-relação entre os zoneamentos (a base de uso e ocupação do solo na cidade) e transporte coletivo, tal fato, contribuiu para a cidade se desenvolver linearmente de forma estruturada (IPPUC, 2009), o que não evidenciou-se na cidade de São Luís, que em sua formação não propôs essa visão e teve ocupações desfreadas e sem planejamentos ao longo do tempo.

Por meio do tripé: uso do solo, transporte coletivo e circulação, desenvolveu-se o que se identificou como Eixos Estruturais (IPPUC, 2009; GNOATO, 2006). Em pouco tempo surgiu na cidade de Curitiba o Sistema Trinário (figura 1), um sistema de três vias, em que cada uma tem uma destinação específica (tabela 4), cuja a finalidade é priorizar o transporte coletivo em vez do individual.

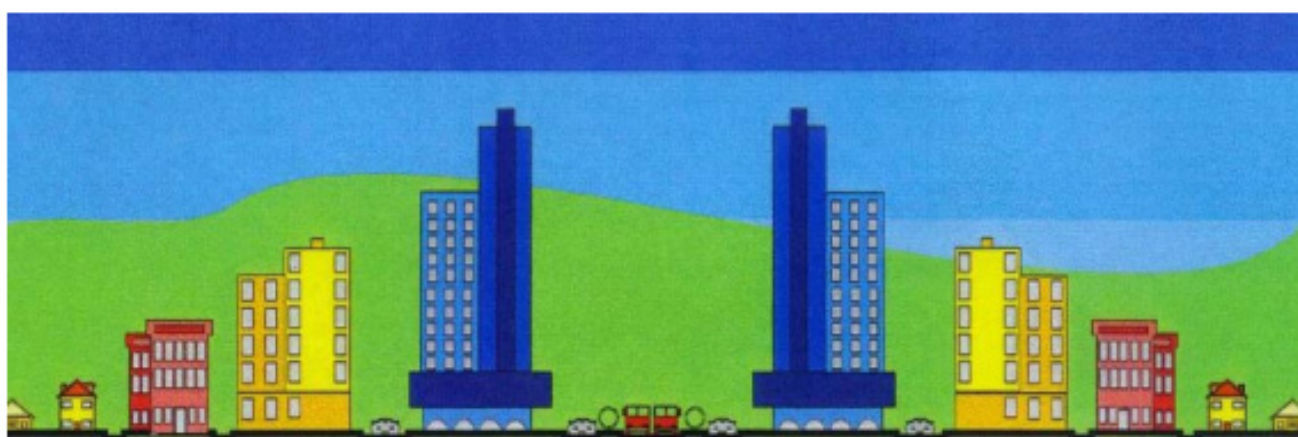


Figura 1 - Eixos estruturais de Curitiba-PR
Fonte: PlanMob Curitiba (2008)

CAPÍTULO 1

Eixos	Tipo de tráfego	Destinação
Eixo Central	Tráfego lento	Transporte público e comércio
Eixos Externos	Tráfego rápido	Outras finalidades

Tabela 4 - Finalidades dos Eixos Estruturais
Fonte: PlanMob Curitiba (2008)

Miranda (2010) em seu estudo de análise da mobilidade sustentável na cidade de Curitiba chegou à conclusão de que a cidade possui uma rede viária bastante densa (Figura 2) na qual engloba 13 municípios, o que vai de contra a estrutura da cidade de São Luís (Figura 3) que cresceu sem um plano estruturado e onde o sistema de trânsito e transporte da cidade atende apenas a perimetral municipal de São Luís (SÃO LUÍS, 2016).

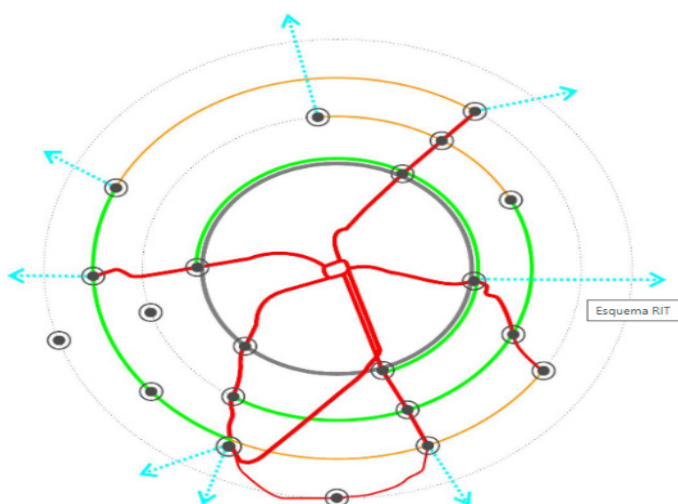


Figura 2 - Distribuição de transporte – Curitiba
Fonte: URBS (2020)

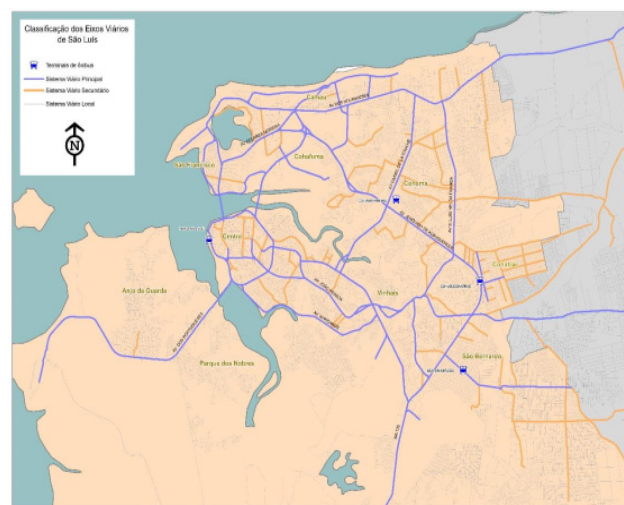


Figura 3 - Distribuição de transporte - São Luís
Fonte: São Luís (2016)

Para uma análise um pouco mais aprofundada da dinâmica de transporte coletivo nas cidades, deve-se ter noção dos números que envolvem o setor urbano (tabela 5). Ressalta-se que a infraestrutura está intimamente ligada a questões de mobilidade e conseqüente velocidade de deslocamentos.

Índices	Curitiba	São Luís
Modal	Rodoviário	Rodoviário
Movimentação	600.000 (2017)	600.000 (2020)
Frota	Nova	Antiga
Munícios interligados	13 municípios	1 (capital)
Linhas	251 linhas	106 Linhas
Integração	Terminais de Integração	Terminais de integração
Vias	Canaletas exclusivas, faixas exclusivas, vias compartilhadas, vias exclusivas	Vias compartilhadas e faixas exclusivas
Terminais	2	5

Tabela 5 - Dados da dinâmica de transporte público das cidades
Fonte: URBS; São Luís, 2020.

Pode-se identificar que nem sempre os problemas são quantitativos, pois fazendo um quadrado comparativo entre as tabelas 1, 2 e 5, identifica-se que um elevado número de pessoas nem sempre está relacionado a precariedade de um serviço. Por mais que a cidade de Curitiba tenha uma maior densidade demográfica e maior fluxo de passageiros, a cidade de São Luís apresenta índices piores no que tange a mobilidade, pois identificou-se ao longo da pesquisa que a cidade não tem uma infraestrutura adequada. Em contrapartida, a cidade de Curitiba tem em sua história o foco em propor um ambiente urbano que tinha como base o adequado uso e ocupação do solo, elaborando projetos e associando-os aos planos diretores e estatutos da cidade.

A região metropolitana da cidade de São Luís é contemplada por um Sistema Integrado de Transportes (SIT) o qual é subordinado a Secretaria Municipal de Trânsito e Transportes. Cabe salientar que parte do transporte semiurbano (subordinado a secretaria de infraestrutura – SINFRA), sob jurisdição da SINFRA, é integrada a SIT, a qual permite integrações proporcionando aos usuários uma maior mobilidade e um menor custo dentro da RM, contudo cabe ressaltar que o serviço complementar é realizado por meio de autorizações da SINFRA, porém esta não se encontra integrada a SIT, acarretando em alguns casos inchaços em algumas linhas e custos de passagem (NETO e FILHO, 2015). Vale destacar que quanto a esse ponto, diverge com a cidade de Curitiba a qual permite uma maior integração de suas linhas, bem como uma maior mobilidade quando compara ao quantitativo de pontos de integração que é 4 vezes maior do que a cidade de São Luís, além do mais, disponibiliza aos passageiros mais que o dobro em comparação a outra.

Ribeiro e Costa (2013) destacam ainda que o município carece da falta de plano de mobilidade, o que vai contra as diretrizes estabelecidas pelo Estatuto da Cidade com a PNMU, mesmo que abordadas isoladamente nos planos diretores dos municípios que fazem parte da região metropolitana. Evidenciou-se que no ano de 2015 a capital elaborou um plano de acessibilidade e mobilidade que contempla apenas a região central, a qual não havia sido aprovado pela Câmara Municipal. É interessante destacar que São Luís adotou uma medida contrária às outras RM (incluindo Curitiba), pois enquanto nestas se identificavam concessões de transporte metropolitano com as quais objetivavam-se planejamentos e operações por outros atores, aquela optou-se por passar ao município a responsabilidade de operar os serviços, sendo assim, este passou a responsabilizar-se com planejamentos e custos.

A cidade de Curitiba apresenta um arranjo totalmente diferente da cidade de São Luís, mesmo que ambas apresentam características próximas (quando considerados a movimentação diária de usuários e a área de região metropolitana), era de se esperar inclusive que Curitiba exibisse problemas mais nítidos, por ter uma elevada densidade demográfica, contudo não é o que evidencia-se. Segundo relatos de Kornin e Costa (2013) isso deve-se devido a boa estruturação da rede viária da cidade. A rede integrada de transportes (RIT) da cidade além de englobar os treze municípios da RM conta com doze empresas que prestam serviço de transporte público, enquanto que na cidade de São Luís esse valor é de apenas seis empresas (SÃO LUÍS, 2020). Tal falta chama atenção na disponibilidade dos serviços oferecidos aos usuários, a demanda está intimamente ligada a precariedade ou não de um serviço.

Outra grande diferença evidenciada entre as cidades é que além da RIT há a empresa de economia mista de Urbanização de Curitiba S/A (URBS) a qual tem papel ativo no gerenciamento do transporte coletivo em que atua em conjunto com a Coordenação da



Região Metropolitana de Curitiba (Comec) desde o ano de 1996, além de contar também com o trabalho do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (Ippuc) que caracteriza-se por ser uma instituição que é responsável pelo macroplanejamento e levantamentos que tangem à mobilidade e sistema viário que também atua em conjunto com a Câmara Técnica do Sistema Viário Metropolitano a qual relaciona-se diretamente a integração das diretrizes de transporte e uso do solo (NETO e FILHO, 2015). Enquanto que a atuação do transporte coletivo na RM de São Luís é papel exclusivo apenas do município que não dispõe de nenhum outro suporte técnico.

Konin e Costa (2013) ressaltam que por mais que Curitiba não disponha de um plano de metropolitano de transportes, assim como São Luís, a cidade demonstrava preocupação com essa dinâmica desde 2004 com a elaboração do Plano Diretor de Curitiba, conforme destaca Neto e Filho (2015) ao defender o transporte público, sendo primordial para a integralização metropolitana, sendo necessário articular meio coletivos, planejando e gerenciando o setor nos diversos níveis de poderes.

9. CONCLUSÃO

A cidade de Curitiba apresenta um alto índice demográfico em relação a cidade de São Luís, contudo evidenciou-se que a problemática de mobilidade urbana não está estritamente relacionando ao quantitativo populacional e área. Há décadas a cidade de Curitiba preocupa-se com o quesito de dinâmica social, com foco na priorização do transporte coletivo em relação ao individual, o que não se identifica na cidade de São Luís.

A cidade de São Luís apresentou teve uma preocupação tardia em relação aos transportes coletivos. Mesmo que as cidades tenham uma dependência exclusiva do modal rodoviário para o transporte coletivo (ônibus, vans, micro-ônibus) ambas têm atitudes distintas. A cidade de Curitiba é bem mais estruturada contendo em seus espaços uma grande frota de ônibus, vários pontos de integração. Enquanto Curitiba apresenta 251 linhas de ônibus, interligação de 13 municípios e 21 terminais de integração, a cidade de São Luís apresenta apenas 106 linhas de ônibus, 1 município e 5 terminais de integração. A cidade de São Luís não apresenta um bom plano de ação. Além de dispor de uma frota consideravelmente pequena, a infraestrutura da cidade colabora por piorar a situação de mobilidade, principalmente por ter em seus espaços a associação de obras de arte inadequadas (elevados associados a rotatórias) em vias de tráfego misto por toda região metropolitana, a falta de retornos em suas vias e elevados pontos de vias usadas como estacionamentos, principalmente no centro da cidade.

O sistema trinário da cidade de Curitiba favorece para uma melhor circulação, ou seja, mobilidade, enquanto que São Luís, apresenta vários pontos de tráfego por não existir distinção de vias, ou seja, carros pesados trafegam com carros leves, e isso se encontra justificado pela quase inexistência de faixas exclusivas de ônibus, por exemplo. A metodologia da pesquisa foi atendida com êxito, pois analisando os dados disponibilizados principalmente por órgãos públicos que traduzem a realidade das cidades, obteve-se um panorama mais conciso. Identificou-se também o não seguimento de normas e diretrizes estabelecidos por meio do Estatuto da Cidade e do Plano Diretor, principalmente na cidade de São Luís.

Diante do que foi exposto, faz-se necessário uma intensificação de fiscalizações pelos órgãos competentes na cidade de São Luís no que se refere a utilização inadequada de vias como estacionamentos no centro da cidade, além de ações de intervenções viárias tais como a abertura de retornos nas principais vias, a expansão de faixas exclusivas e evitar o uso de obras de arte em vias de grande fluxo. Para a cidade de Curitiba, propõe-se o estudo da implementação de rodízios de carros, pois por mais que a cidade seja contemplada por um sistema que priorize o transporte coletivo o qual é atendido positivamente pela população, deve-se considerar o crescimento dos grandes centros urbanos e o quantitativo de acesso da população a bens de consumos, nesse caso identificado por veículos individualizados, afim de que futuramente a cidade não sofra por um inchaço de veículos.

Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP. Estudo do custo das externalidades negativas da mobilidade das pessoas nos vários modos de transporte no Brasil. **Série de Cadernos Técnicos**, v. 24. ANTP: São Paulo, 2015.

ARIAS, Z. P. **Transporte coletivo público urbano: seleção de alternativas tecnológicas**. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2001.

BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. **Transport policy**, v. 15, n. 2, p. 73-80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>. 2008.

BENEVOLO, L. **História da cidade**. Perspectiva: São Paulo, 2001.

BOARETO, R. A mobilidade urbana sustentável. **Revista dos Transportes Públicos** – ANTP, ano 25, p. 28-26, 2003.

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

BRASIL. **Lei Nº 8.987, de 13 de Fevereiro de 1995**. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Brasília, DF, 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2020.

BRASIL. **Lei Nº 10.257, de 10 de junho de 2001**. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Presidência da República. Casa civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2020.

BRASIL. **Lei Nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis Nº 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decret-Lei Nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis Nº 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Presidência da República. Casa civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 22 maio 2020.

BRASIL. **Lei Nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015**. Institui o Estatuto da Metrôpole, altera a Lei Nº 10.257, de 10 de junho de 2001, e dá outras providências. Presidência da República. Casa civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 19 maio 2020.

BRASIL. **Mobilidade e Política Urbana**: Subsídios para uma Gestão Integrada. Ministério das Cidades. Brasília – DF, 2005.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Atlas do Transporte 2006**. Disponível em: <http://www.cnt.org.br>. Acesso em: 10 de abr. de 2020.



CURITIBA. **Plano de mobilidade urbana e transporte integrado - PlanMob**. Prefeitura Municipal de Curitiba. 2008. Disponível em: <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/informacion/banco-de-estudo-de-impactos/641-plano-de-mobilidade-curitiba/file>. Acesso em: 17 de maio de 2020.

CURTIS, C.; LOW, N. **Institutional Barriers to Sustainable Transport**. Ashgate, Farnham, Surrey, 2012.

EBOLI, L.; MAZZULLAG. A stated preference experiment for measuring service quality in public transport. **Transportation Planning and Technology**, v. 31, n. 5, p. 509–523, 2008. DOI: 10.1080/03081060802364471.

FERNANDES, G.; NUNAN, C.; ALMEIDA, M. A. F. **Mobilidade urbana**: estudo comparativo sobre pedágio urbano e identificação de área potencial na capital mineira. In: Anais do XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Maceió, Alagoas, 2018.

GIAMBIAGI, F.; ALÉM, A. C. **Finanças públicas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, cap. 1, p. 23-29, 2001.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GNOATO, L. S. **Arquitetura e urbanismo de Curitiba** – Transformações do movimento moderno. Tese (Doutorado em arquitetura e urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, FAU, São Paulo, 2003.

GNOATO, L. S. Curitiba, cidade do amanhã: 40 anos depois. Algumas premissas teóricas do Plano Wilhein-IPPUC. **Arquitextos**, São Paulo, 2020.

GONÇALVES, N. M.; ROTHFUSS, R.; MORATO, R. S. A organização e a ocupação do espaço urbano nas cidades do século XXI: impactos das políticas públicas do Brasil dos anos 90 no direito de ir e vir no ambiente local. **Amicus Curiae**, v. 9, n. 9, 2012.

GONZAGA, A. S. da S.; KNEIB, E. C. **Transformações metropolitanas e mobilidade urbana: os desafios da integração entre planos municipais e metropolitanos**. In: Anais do XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANTEP. Ouro Preto, MG, 2015.

HENSHER, D.A.; STOPHER, P.; BULLOCK, P. Service quality-developing a service quality index in the provision of commercial bus contracts. **Transportation Research**, Part A, v. 37, n. 6, p. 499–517, 2003. DOI: 10.1016/S0965-8564(02)00075-7.

HERDY, R. R.; MALBURG, C. H. R.; SANTOS, R. T. **Transporte urbano**: o papel do BNDES no apoio à solução dos principais gargalos de mobilidade. In: BNDES 60 anos: perspectivas setoriais. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Rio de Janeiro, p. 310 – 346, 2012.

INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9662-censo-demografico-2010.html?t=destaques>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e Estados**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA - IPPUC. **Mobilidade urbana e transporte integrado**. 2009. Disponível em: https://ippuc.org.br/visualizar.php?doc=http://admsite2013.ippuc.org.br/arquivos/documentos/D315/D315_001_BR.pdf. Acesso em: 17 de maio de 2020.

KORNIN, T.; COSTA, M. A. Relatório de pesquisa. **Análise comparativa da gestão das Fpics na RM de Curitiba**. Rio de Janeiro: Ipea, 2013.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001

MIRANDA, H. de F. **Mobilidade urbana sustentável e o caso de Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). 178 f. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, USP, São Carlos, 2010.

MIRANDA, H. de F.; MANCINI, M. T.; AZEVEDO FILHO, M. A. N. D.; ALVES, V. F. B.; RODRIGUES DA SILVA, A. N. **Barreiras para a Implantação de Planos de Mobilidade**. In: XXIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Vitória. ANPET, p. 1-12, 2009.

NETO, V. C. L.; FILHO, R. D. O. Relatório de Pesquisa. **A governança metropolitana da mobilidade: uma análise a partir dos estados**. Rio de Janeiro: IPEA, 2015.

NOBRE, E. A. C. **A atuação do poder público na construção da cidade de São Paulo:** a Influência do rodoviarismo no urbanismo paulistano. 2010. Disponível em: http://www.fau.usp.br/pesquisa/napplac/trabalhos/enobre/enobre_art1.pdf. Acesso em 15 de maio de 2020.

OLIVEIRA, G. M. de.; RODRIGUES DA SILVA, N. Desafios e perspectivas para avaliação e melhoria da mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo de municípios brasileiros. **Revista Transportes**, v. 23, n. 1, p. 59-68, 2015. DOI: 10.14295/transportes.v23i1.768.

OLIVEIRA, G. T.; ROSA, O. B. **Comparativo de desempenho de sistemas de transporte público de média capacidade via AHP – Estudo BRT x VLT no Rio de Janeiro.** In: XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte – ANPET, 2013

PEREIRA, M. R. S.; ALCÂNTARA JUNIOR, J. O. A mobilidade e a expansão territorial na cidade de São Luís, MA: um novo paradigma social na ocupação do espaço urbano. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 19, n. 40, p. 997-998, set/dez, 2017.

POLLE, M.; TISCHER, V. Sistema de avaliação de cidades de referência em transportes e mobilidade urbana sustentável. **Cad. Metrop.**, São Paulo, v. 21, n. 45, p. 481-509, maio/ago., 2019

REDMAN, L.; FRIMAN, M.; GARLING, T.; HARTIG, T. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. **Transport Policy**, v. 25, p. 119-127, 2013.

RIBEIRO, M. O. M. S.; COSTA, M. A. Relatório de pesquisa. **Análise comparativa da gestão das Fpics na RM da Grande São Luís.** Rio de Janeiro: IPEA, 2013.

RODRIGUES DA SILVA, A. N. Institutional Barriers to Sustainable Transport, CURTS, C.; NICHOLAS, L. **Journal of Transport Geography.** (Book Review). DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2013.04.004, 2013.

ROCHA, C. F. **O transporte de cargas no brasil e sua importância para a economia.** Monografia (Graduação em Ciência Econômicas). 71 f. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUI, Ijuí, RS, 2015.

ROSENDO, M. Após temporal, SP registra 2º maior congestionamento do ano. **Portal R7**, São Paulo, 11 de mar. 2019. Disponível em: <https://noticias.r7.com/sao-paulo/apos-temporal-sp-registra-2-maior-congestionamento-do-ano-11032019>. Acesso em: 08 de maio 2020.

SÃO LUÍS. Prefeitura Municipal de São Luís. **P9 – Formulação de Diretrizes.** Elaboração de projeto básico para a concessão dos serviços do sistema de transporte coletivo urbano e plano de mobilidade do município de São Luís. 54f. São Luís, MA, 2016. Disponível em: https://www.saoluis.ma.gov.br/midias/anexos/2217_etapa_9_plano_de_mobilidade.pdf. Acesso em: 10 de maio 2020.

SÃO LUÍS. Prefeitura Municipal de São Luís. **P8 – Avaliação da infraestrutura urbana, viária e da mobilidade.** Elaboração de projeto básico para a concessão dos serviços do sistema de transporte coletivo urbano e plano de mobilidade do município de São Luís. 115f. São Luís, MA, 2016. Disponível em: https://www.saoluis.ma.gov.br/midias/anexos/2217_etapa_8_plano_de_mobilidade.pdf. Acesso em: 10 de maio 2020.

SÃO LUÍS. Prefeitura Municipal de São Luís. **Transporte Público.** Disponível em: https://www.saoluis.ma.gov.br/projetos.asp?id_projeto=19. Acesso em: 24 de maio de 2020.

SILVA, A. F.; NASCIMENTO, S. O. **Análise da qualidade do serviço de transporte público sobre trilho – VLT no município de Juazeiro do Norte e Crato na percepção do usuário.** In: XIII Congresso Rio de Transportes. Rio de Janeiro, 2015.

SORIANO, M. de A. **Estudo do modo de transporte público de passageiros para operar no corredor da avenida norte Miguel Arraes de Alencar.** Dissertação (Mestrado em Transportes e Gestão das Infraestruturas). 201 f. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, PE, 2017.

SOUZA, F. **Desenvolvimento urbano para o transporte sustentável: estudo da linha dois do metrô do Rio de Janeiro.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S/A – URBS. **Rede integrada de transporte.** 2020. Disponível em: <https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte>. Acesso em: 16 de maio de 2020.



CAPÍTULO 2

DEPOSIÇÃO DE PROTEÍNAS NA SUPERFÍCIE DE IMPLANTES OSSEOINTEGRÁVEIS

PROTEIN DEPOSITION ON THE SURFACE OF OSSEOINTEGRATED
IMPLANTS

Ana Karine Rocha de Andrade Nattrodt

Carlos Nelson Elias

Adriana Marcela Lobato Rocha

André Aguiar Marques

Resumo

Os biomateriais são utilizados para diversas aplicações. O estudo das interações das células e das proteínas com os implantes tem sido cada vez mais explorado devido aos possíveis efeitos no sucesso do tratamento. Neste contexto, a adsorção das proteínas desempenha papel importante na interação entre o biomaterial e os tecidos, favorecendo a adesão, migração e diferenciação celular, sendo um dos primeiros eventos que ocorre após a instalação de um implante no leito cirúrgico. A adsorção de proteínas é um processo dinâmico e influenciada por diversos fatores. Este artigo tem por objetivo analisar os mecanismos envolvidos na adsorção das proteínas na superfície de implantes, analisar a influência na osseointegração, e os possíveis fatores inerentes aos biomateriais que podem influenciar positivamente em tal processo.

Palavras-chave: Adsorção, Biomateriais, Proteínas.

Abstract

Biomaterials are used for different applications. The study of cell and protein interactions with implants has been increasingly explored due to the possible effects on treatment success. In this context, the adsorption of proteins plays an important role in the interaction between the biomaterial and tissues, favoring cell adhesion, migration and differentiation, being one of the first events that occur after the installation of an implant in the surgical bed. Protein adsorption is a dynamic process and is influenced by several factors. This article aims to analyze the mechanisms involved in the adsorption of proteins on the surface of implants, analyze the influence on osseointegration, and the possible factors inherent to biomaterials that can positively influence this process.

Key-words: Adsorption, Biomaterials, Proteins.



1. INTRODUÇÃO

1.1 Conceitos de citologia aplicados aos biomateriais

Quando um material fica em contato com os fluidos fisiológicos, ocorre a adsorção espontânea de moléculas de água e íons na sua superfície e, em seguida, as proteínas são adsorvidas. As interações entre as células e os biomateriais são favorecidas pela adsorção de algumas proteínas às superfícies (TRINO, 2018). A análise do envolvimento das proteínas da matriz extracelular, da membrana celular e do citoesqueleto permite entender os mecanismos envolvidos na interação dos tecidos vivos com os biomateriais (ORÉFICE, 2012).

As proteínas são substâncias formadas por um conjunto de aminoácidos unidos entre si por ligações peptídicas. As proteínas diferem entre si no tipo, número e sequência dos aminoácidos, que é determinada pela sequência genética da estrutura tridimensional específica, a qual determina a sua atividade (SANTOS, 2021). Da combinação de uma sequência de aminoácidos se estabelece a reatividade e possível afinidade química entre as proteínas e as superfícies dos biomateriais (FERREIRA, 2009).

A célula é a unidade estrutural e morfofuncional dos seres vivos. É composta por uma membrana citoplasmática - externa, e pela carioteca ou membrana nuclear interna. A primeira delimita o citoplasma onde estão as organelas e inclusões, e a segunda aloja o nucleoplasma e a cromatina (ORÉFICE et al, 2012). O modelo atual da estrutura da membrana plasmática é conhecido como mosaico fluido proposto por Jonathan Singer e Garth Nicolson (SINGER, NICOLSON, 1972). Neste modelo, a membrana plasmática é descrita como bicamada fosfolipídica com a presença de proteínas (SANTOS, 2021). Na membrana celular (citoplasmática) existem moléculas que possuem especificidade e afinidade por determinadas substâncias (ORÉFICE, 2012).

As células apresentam dois tipos básicos de adesão: adesão célula-célula (adesão direta) e adesão célula-matriz (adesão indireta). Na adesão direta, as moléculas de adesão celular (CAMs) se agrupam em junções celulares. Na adesão indireta, receptores de adesão na membrana plasmática ligam-se aos componentes da matriz extracelular (CLEM, CHOWDHURY, 2008). Os receptores são proteínas transmembranas com domínios extracelulares discriminadores que se acoplam aos ligantes e domínios citoplasmáticos transdutores de sinais. Os principais receptores celulares para a ligação são as integrinas, as quais são proteínas da matriz extracelular. As interações célula-biomaterial são mediadas pelo tipo e conformação das proteínas adsorvidas que podem interagir com as integrinas específicas expressas pelas células (ORÉFICE, 2012).

A matriz extracelular é formada por elementos fluidos e fibrosos. Os fluidos são as glicosaminoglicanas e proteoglicanas. Os fibrosos são proteínas estruturais (colágeno, fibras elásticas ou fibras colágenas) e proteínas adesivas. Destas últimas, uma das mais importantes proteínas da matriz extracelular para a interação com os biomateriais é a fibronectina. A fibronectina é uma proteína extracelular (glicoproteína) conhecida por promover adesão e espalhamento celular em diversas superfícies dos materiais (PULEO, NANJI, 1999).



1.2 Biomateriais

Existem várias definições de biomateriais, entre elas a proposta por Williams, segundo o qual "Os biomateriais são substâncias ou combinação de substâncias de origem natural ou sintética, que possa ser usada por um período de tempo, idealizada para substituir, no todo ou em parte os sistemas biológicos que deixaram de ter suas funções" (WILLIAMS, 2009). Considerando que haverá contato entre o biomaterial e os fluídos é essencial que o material apresente biocompatibilidade. A biocompatibilidade é a habilidade do material desempenhar com uma resposta tecidual apropriada uma aplicação específica (WILLIAMS, 1990). Nesta definição pode-se observar que os biomateriais não apresentam biocompatibilidade ilimitada, cada material é indicado para uma aplicação. A biocompatibilidade de um determinado material só pode ser definida através de um entendimento global sobre as várias formas de interação do organismo com o material, dando-se ênfase especial à interface tecido - material. O entendimento dos fenômenos que ocorrem na interface material-tecido, apenas alguns segundos depois da implantação, são de grande importância para o sucesso do biomaterial no corpo (ORÉFICE, 2012).

Os biomateriais podem ser classificados quanto ao tipo do material constituinte (polímeros, metais, cerâmicos, compósitos e macromoléculas naturais), quanto a sua bioatividade e quanto a sua biocompatibilidade (MENDONÇA, 2008).

2. REVISÃO DE LITERATURA

A superfície dos materiais é um defeito estrutural, porque quebra a continuidade na distribuição dos átomos em relação ao seu volume. Os átomos na superfície não possuem vizinhos dispostos por todos os lados, isto aumenta sua instabilidade e a energia do sistema. Como forma de reduzir o excesso de energia da superfície, os átomos tendem a se ligar muito facilmente a espécies presentes nas interfaces. O fenômeno da ligação das moléculas presentes na superfície do material e os átomos da superfície é denominado de adsorção (ORÉFICE, 2012).

Cerca de 20-30 minutos após a inserção do biomaterial no organismo, ocorre a adsorção das proteínas na forma de nanocamada. Após a formação desta nanocamada de proteínas, ocorre a adesão e proliferação *das células* no período de 1 a 24 horas. Nesse processo, as proteínas plasmáticas desempenham um papel importante no recrutamento *das células para a superfície do biomaterial* (CLEM, CHOWDHURY, 2008).

As proteínas plasmáticas devem ser capazes de adsorver especificamente nas superfícies dos biomateriais para garantir a biofuncionalidade. Para potencializar a adesão das proteínas, as superfícies dos biomateriais são modificadas para serem potencialmente reconhecidos pelas proteínas como parte do corpo. Uma adsorção específica exige que a proteína mantenha sua conformação original, preserve suas características e mantenha os grupos e segmentos ativos da sua estrutura. A adsorção específica pode ser promovida a partir da alteração da composição química das superfícies dos biomateriais. Outra estratégia para manipular o processo de adsorção das proteínas na superfície de materiais é mediante a deposição na superfície dos materiais de cadeias poliméricas específicas para controlar a adsorção (ORÉFICE, 2012).



A adsorção de proteínas na superfície dos biomateriais ocorre através de grupamentos polares e apolares para favorecer a concentração nas interfaces entre a fase líquida – fluidos corpóreos – e a superfície hidrofóbica ou hidrofílica do biomaterial. As maiores adesões de proteínas aos biomateriais ocorrem em superfícies com níveis intermediários de molhabilidade. A presença de grupos químicos específicos na superfície de um biomaterial pode orientar e mesmo organizar o processo de adsorção de uma proteína específica (ORÉFICE, 2012).

A superfície de um biomaterial pode ser um substrato para a migração e crescimento celulares. A resposta celular depende inicialmente da interação dos receptores de adesão com as proteínas adsorvidas na sua superfície. Na interface da superfície do material com o meio biológico, os mecanismos biológicos, físicos e químicos são modulados pela adsorção das proteínas, cuja natureza e quantidade influenciam na adesão, migração e proliferação celular subsequentes (MARTINS, 2009; FERREIRA, 2009)

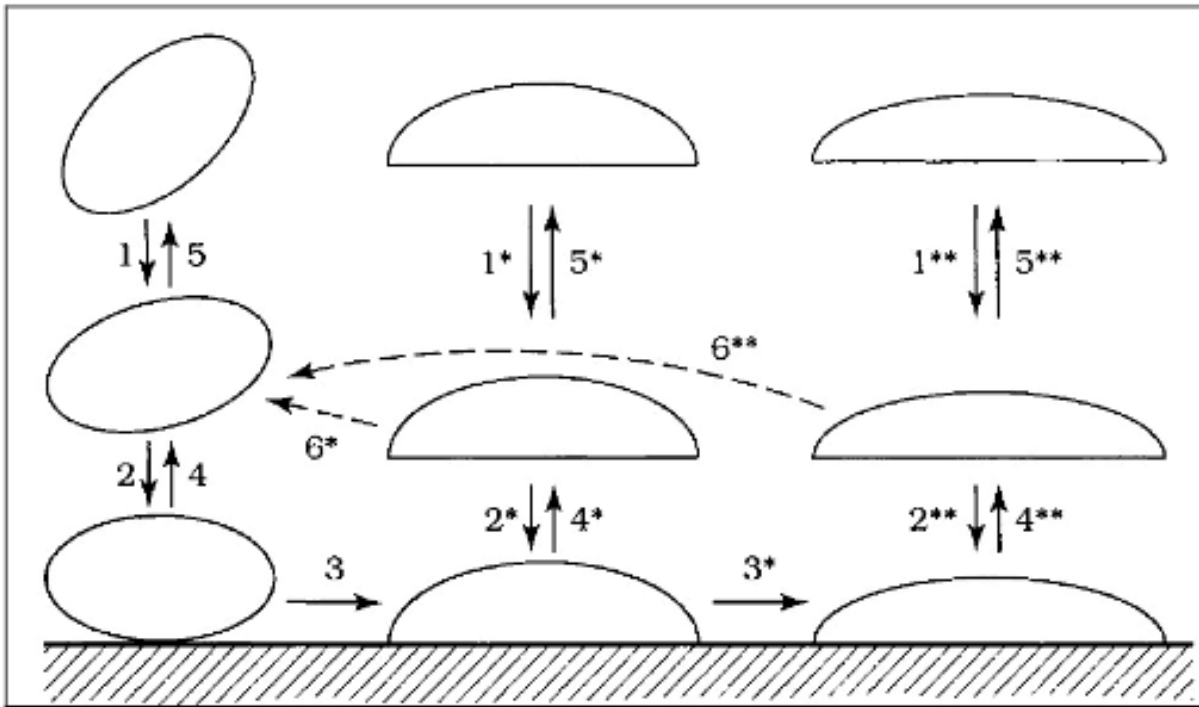
A biocompatibilidade de um material está estritamente relacionada ao comportamento das células em contato com a superfície, especialmente a adesão celular (ELIAS et al, 2012). No contato entre o biomaterial e os fluidos fisiológicos, a camada das proteínas adsorvidas alteram a interface de modo a prepará-la para a colonização celular (RIBEIRO, 2009), além de induzir interações indiretas entre as células e o material (DOLATSHAHI-PIROUZ et al, 2008). Sabe-se que as células só aderem e proliferam sobre uma superfície coberta por proteínas adsorvidas. A partir do momento em que ocorre a identificação do biomaterial pela célula, através de mensagens recebidas pelas proteínas, a mesma tem sua morfologia alterada. O espalhamento celular faz parte do processo de maturação da própria célula, e é responsável por sua adesão à superfície do implante através dos receptores transmembrana (integrinas) (GRAVINA, 2010).

Existem caso em que não se deseja a adsorção de células na superfície dos biomateriais. Na cardiologia, a adsorção das proteínas pode dar início ao processo de coagulação do sangue, já que pode levar à aglomeração de plaquetas e outras células capazes de iniciar a cascata de eventos ligados à coagulação. Neste caso, é interessante que os biomateriais apresentem superfícies que restrinjam a adsorção de proteínas (ORÉFICE, 2012).

2.1 Mecanismos de adsorção das proteínas

Conforme esquematizado na figura 1, o processo de adsorção das proteínas na superfície dos biomateriais envolve 5 etapas principais: 1) transporte da proteína até a superfície; 2) ancoragem da proteína na superfície; 3) mudança conformacional da proteína; 4) dessorção da proteína; 5) transporte da superfície para o meio (NORDE et al, 2005).

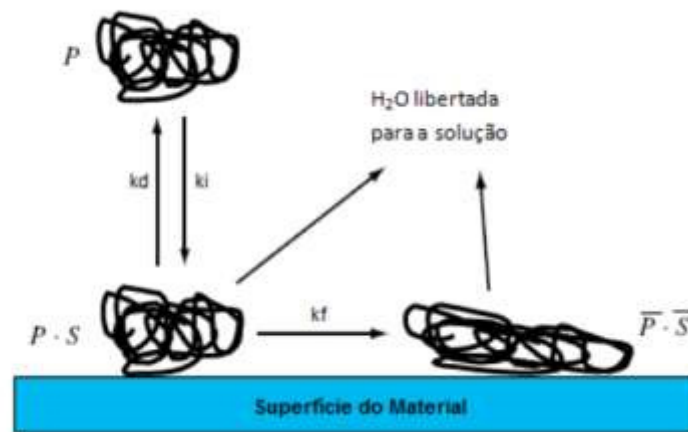
Figura 1: Etapas do processo de adsorção de proteínas



Fonte: Norde et al. (2005)

Para que ocorra a adsorção das proteínas são necessárias determinadas condições termodinâmicas. A variação da energia livre do sistema precisa ser negativa indicando que o processo atingiu o patamar mais estável e com menor energia (RIBEIRO, 2009; COMPLETO, 2008). Sempre que uma proteína é adsorvida na superfície de um biomaterial, os mecanismos para diminuição da energia deflagram a dessorção, difusão superficial ou relaxação estrutural da proteína (BUSQUIM, 2012). Como mostrado na figura 2, neste processo as proteínas sofrem alterações na forma, dimensão e área de contato em relação à sua conformação inicial. Se estas alterações forem permanentes, diz-se que a proteína foi desnaturada (LATOURE, 2008).

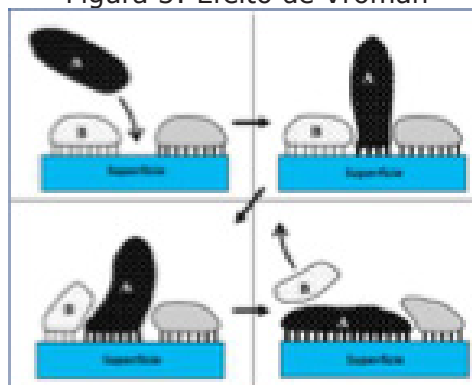
Figura 2: Processo de adsorção de proteínas



Fonte: Alves Rezende et al. (2015)

Quando simultaneamente várias proteínas entram em contato com a superfície do material, o processo de adsorção é mais complexo. Neste caso, há competição entre as diferentes proteínas na reação com a superfície. As proteínas de menores pesos moleculares são as primeiras a serem adsorvidas, a seguir elas são substituídas por proteínas com maior afinidade e com maior peso molecular. Estes mecanismos caracterizam o Efeito de Vroman (Figura 3) (LATOURE, 2008).

Figura 3: Efeito de Vroman



Fonte: Alves Rezende et al (2015)

As propriedades do meio biológico tais como, pH, temperatura e concentração iônica desempenham papel essencial na singularidade estrutural da proteína, isto é, na localização ordenada e preferencial de resíduos polares na superfície e apolares no interior da molécula (ALVES REZENDE et al., 2015).

2.2 Influência da adsorção das proteínas na osseointegração

No passado a osseointegração era considerada como o contato do osso com o implante. Atualmente, sabe-se que interface implante-organismo existem proteína e o termo osseointegração é baseado na ancoragem estável de um implante alcançada através de proteínas e glicoproteínas. Em função do tipo de biomaterial, a osseointegração depende de prévia osteoindução e osteocondução. A osteoindução é o processo que induz à osteogênese através do recrutamento de células imaturas, e estímulo destas células para

se desenvolverem em pré-osteoblastos. A osteocondução é um fenômeno que ocorre nos enxertos e significa que o osso está crescendo em uma superfície. Tanto a osteocondução quanto a osseointegração dependem da resposta de corpo estranho. A resposta à osteocondução deve ser curta, porém, bem-sucedida para que a osseointegração seja mantida por um longo período. Dependendo do material usado na fabricação dos implantes, estes fenômenos podem ou não serem observados (ELIAS et al., 2012).

O titânio comercialmente puro (Ti cp) é o biomaterial que apresenta as melhores propriedades para aplicações em implantes dentários por garantirem a osseointegração. Este comportamento está associado a algumas propriedades importantes que permitem sua aplicação, dentre elas está a formação espontânea de uma camada de dióxido biocompatível que favorece a adesão das células (BRUNETTE et al., 2001). Apesar da biocompatibilidade deste óxido ser reconhecida, ainda existem muitos aspectos dos mecanismos de adesão entre as proteínas e a superfície do material que não são totalmente compreendidos (GOMES, 2019).

Quando um implante é instalado em um defeito tecidual, inicia-se um processo de adsorção de proteínas em sua superfície. Esta camada de proteínas controla a interação das células do tecido adjacente com a superfície do implante (ELIAS, 2012). A importância da adsorção de proteínas no processo de osseointegração resulta principalmente da tendência que as proteínas têm de se depositarem na superfície do titânio como um adsorvato fortemente ligado, e da influência decisiva que estes depósitos têm nas interações subsequentes entre as células e o implante (ALVES REZENDE et al., 2015).

Logo após a inserção do implante no alvéolo, inicia-se a formação do coágulo sanguíneo que substitui a matriz provisória, e é a partir das células potencialmente osteogênicas que migram para a superfície do implante que ocorre formação de tecido ósseo. A superfície do implante que contém proteínas séricas, íons minerais, glicosaminoglicanas, lipídeos e citocinas iniciam o processo de osseointegração até o 4º dia após a inserção (BUSQUIM, 2012; MARTINS, 2009).

2.2.1 Fibronectina

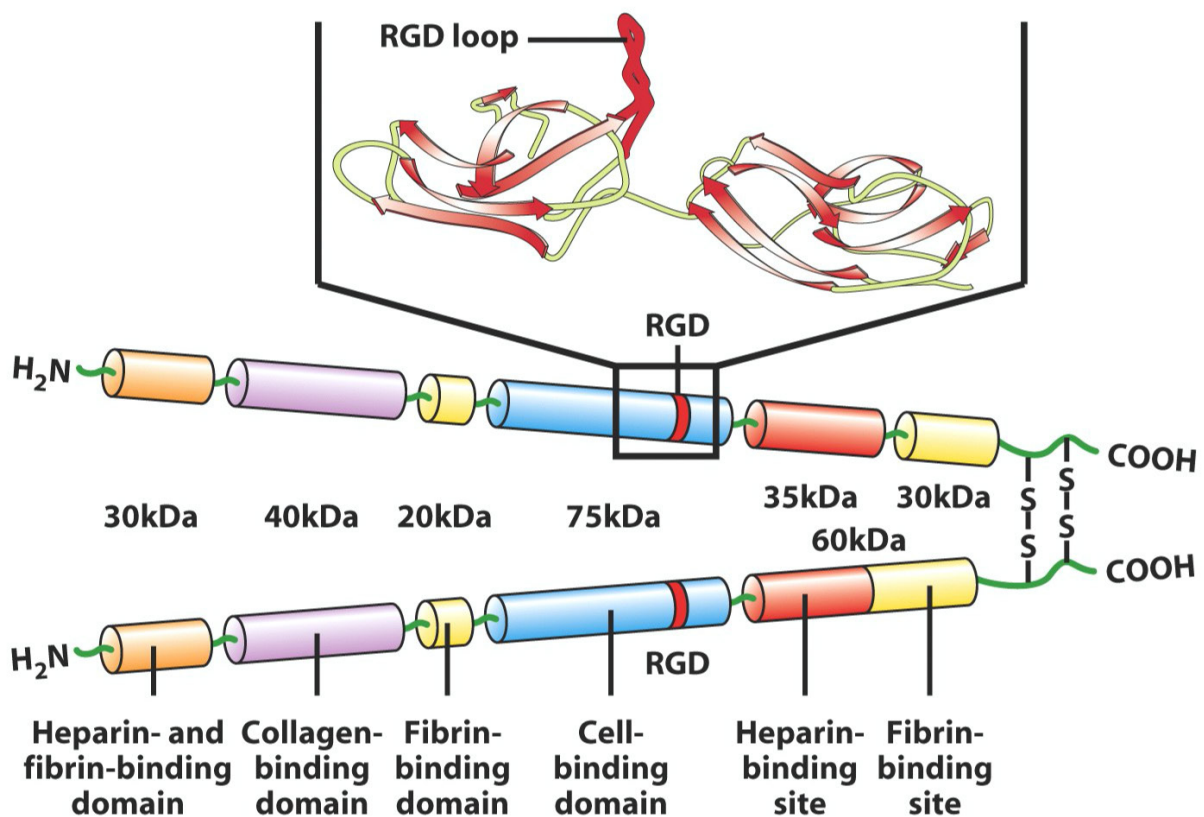
A matriz extracelular do osso é composta por 90% de proteínas colagenosas (97% de colágeno tipo I e 3% de colágeno tipo V) e 10% de proteínas não colagenosas (20% de osteocalcina, 20% de osteonectina, 12% de sialoproteínas ósseas, 10% de proteoglicanas, osteopontinas, fibronectinas, fatores de crescimento, proteínas morfogenéticas do osso, e outras proteínas). Os osteoblastos sintetizam todas essas proteínas e a maioria delas está envolvida no processo de adesão. Algumas destas proteínas (fibronectinas, osteopontinas, sialoproteínas ósseas, colágeno tipo I, vitronectinas) têm propriedades adesivas ou quimiotáticas, principalmente porque elas contêm a sequência RGD (Arginina-Glicina-Ácido aspártico) que é específica para a fixação de receptores de membrana celulares como as integrinas. Diversos trabalhos consideram a importância de peptídeos com a sequência RGD para promoverem a adesão de células ósseas, com a possibilidade de melhoria dos biomateriais pela adsorção preliminar desses peptídeos (ANSELME, 2000).

A fibronectina é um dos mais importantes componentes da matriz extracelular. É



uma glicoproteína dimérica, encontrada em todos os vertebrados sob duas formas fundamentais: solúvel (plasma sanguíneo e outros fluidos) e insolúvel (matriz extracelular de diversos tecidos). Possui peso molecular entre 440.000 e 500.000 daltons (unidade de massa atômica). Cada subunidade possui uma porção amino-terminal e uma porção carboxi-terminal. Pontes de dissulfeto ligam uma subunidade à outra na região próxima à porção carboxi-terminal de cada uma delas. Possuem dobras que levam à remodelação estrutural e diversas conformações de acordo com o meio (GRAVINA, 2010). Representa uma família de mais de 20 glicoproteínas que contém múltiplos domínios, cada um específico para macromoléculas da matriz e para receptores da matriz extracelular. É produzida por fibroblastos no tecido conjuntivo. Peptídeos contendo a sequência RGD podem competir com a fibronectina pelo sítio de ligação à célula. Quando esses peptídeos ficam ligados a uma superfície sólida, causam aderência celular (GREGÓRIO, 2021). Mostra-se na Figura 4 um desenho simplificado da fibronectina mostrando-se alguns aminoácidos e seus tamanhos.

Figura 4: Representação esquemática da fibronectina



Fonte: <http://www.gradadm.ifsc.usp.br/dados/20152/FFI0710-1/aula%20%2011%20MEC.pdf> (2021)

Os osteoblastos reconhecem e aderem à fibronectina adsorvida na superfície do biomaterial, conhecida por promover adesão e espalhamento celular em diversas superfícies de materiais (HINDIÉ et al., 2011). Além da fibronectina, outra proteína importante envolvida na osseointegração é a sialoproteína óssea, a qual é encontrada em tecidos mineralizados, incluindo osso, dentina, cimento. Esta proteína contém uma sequência terminal de adesão celular (RGD) e dois domínios de ácido glutâmico. Nucleia a formação de hidroxiapatita e estimula a remodelação óssea, bem como promove a mediação da adesão de fibroblastos, osteoblastos e osteoclastos (RAPUANO, 2004).

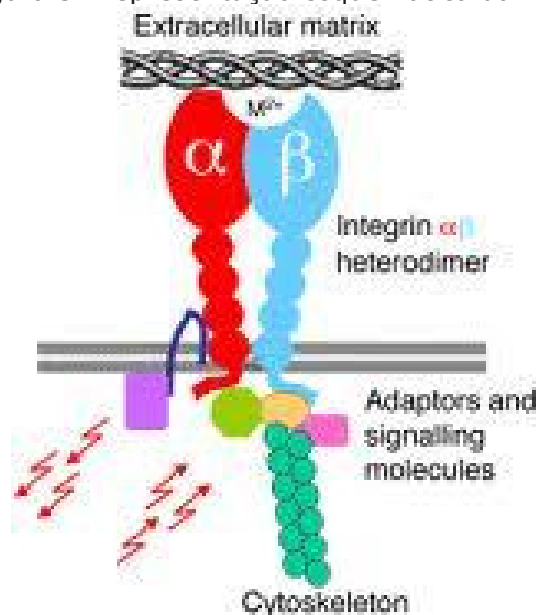
2.2.2 Integrina

As moléculas de adesão são caracterizadas pela capacidade de interagirem com ligantes específicos, que podem estar situados na membrana das células vizinhas ou serem proteínas da matriz extracelular. Essas moléculas de adesão pertencem a diferentes famílias. Porém, em relação aos osteoblastos, as mais importantes são as caderinas e integrinas. As adesões entre as células são mediadas pelas caderinas. Já a adesão entre célula e substrato é realizada pela família das integrinas (ELIAS, 2012).

As integrinas são compostas por duas subunidades de glicoproteínas transmembranares que se associam não-covalentemente (alfa e beta). As integrinas possuem sítios de ligação específicos na matriz extracelular, principalmente à seqüência do tripeptídeo RGD. Essa interação das integrinas com as proteínas do meio extracelular (MEC) é necessária para a expressão gênica dos osteoblastos. Os osteoblastos possuem receptores das integrinas que reconhecem a parte Arg-Gly-Asp (RGD) das proteínas adsorvidas, como a fibronectina e vitronectina, formando adesões focais com as superfícies. Tanto a composição química do material, quanto sua topografia, influenciam na interação das integrinas com o substrato e das integrinas com o comportamento celular (FENG et al., 2003)

Na ausência de ligante extracelular, a molécula de integrina possui menor tamanho e permanece dobrada. Quando ligada ao peptídeo RGD, a integrina adquire uma conformação estendida com duas pernas distintas (MACEDO, NÍVEA, 2021). Mostra-se na Figura 5 o desenho esquemático de uma integrina.

Figura 5: Representação esquemática da integrina



Fonte: <http://www.bcmonline.com.br/adesao-celular/aulas/Adesao-celular.pdf> (2021)

2.3 Fatores que favorecem a adsorção de proteínas aos implantes

Tanto as propriedades da superfície como as propriedades específicas das proteínas determinam a organização da camada adsorvida e, a natureza desta camada. Estas características são importantes na intensidade da resposta celular (adesão, migração e

proliferação) às superfícies adsorvidas e no processo de osseointegração (ALVES REZENDE et al., 2015). As fases de adesão, proliferação e diferenciação das células ósseas e a adesão de proteínas ao titânio estão intimamente relacionadas com as propriedades da superfície dos implantes, como rugosidade, composição química, molhabilidade e energia de superfície (ELIAS, 2012).

2.3.1 Morfologia da superfície dos implantes osseointegráveis

Existem diferenças nas taxas de sucesso entre os diversos implantes dentários disponíveis no mercado. As diferenças nas escalas micro e nanométrica são identificadas na morfologia da superfície do implante, as quais influenciam nos mecanismos de interação com as células durante o período de cicatrização e reparo dos tecidos (ELIAS, 2012). Nas superfícies rugosas existe maior quantidade de proteínas séricas e fibronectina, comparados às superfícies lisas. Essa maior adesão celular em superfícies rugosas de titânio pode ser explicada pela adsorção preferencial da fibronectina ao substrato rugoso (DELIGIANI et al., 2001).

O tratamento de superfície dos implantes tem diversos objetivos, dentre os quais, atrair células osteoblásticas, pré-osteoblásticas e mesenquimais, atrair proteínas de ligação específicas para células osteogênicas (fibronectina) e obter maior concentração possível de proteínas de ligação celular. Na tentativa de aumentar o índice de sucesso dos implantes, tem-se adotado o controle de rugosidade da superfície com o objetivo de selecionar o tipo de célula que irá interagir com o implante. Sabe-se que células osteoblásticas aderem mais rapidamente em superfícies rugosas de titânio onde há proliferação mais acentuada da síntese da matriz extracelular, do que em superfícies lisas (ELIAS, 2011).

A morfologia da superfície é crítica para a adesão dos osteoblastos (ANSELME, 2000) e do tecido ósseo à superfície de um material sintético. Por esta razão, as empresas e os pesquisadores procuram alterar o acabamento superficial dos implantes para otimizar as respostas biológicas (DAVIES, 1998). As rugosidades nanométricas têm a capacidade de melhorar a adsorção de proteínas (SUBRAMANI, MATHEW, 2012), aumentar a energia da superfície, melhorar a bioatividade, promover maior adesão e crescimento de osteoblastos (WANG et al, 2013). O grande desafio é conseguir controlar as propriedades da superfície dos implantes para garantir as interações protéicas e celulares (SUBRAMANI, MATHEW, 2012).

As superfícies de titânio recobertas com biomoléculas podem influenciar nas reações do hospedeiro e conseqüentemente intensificar a integração tecidual (SCHEIDELER et al., 2007). A fibronectina, uma das principais proteínas de adesão da matriz extracelular, tem sido utilizada nas pesquisas de recobrimento de superfícies, especialmente do titânio. As biomoléculas são importantes na adesão, migração, proliferação, diferenciação e sobrevivência das células. Este processo ocorre através de contatos focais com os receptores transmembrana (integrinas).

2.3.2 Energia de superfície e molhabilidade

Além da rugosidade, outro fator importante no controle da adsorção de proteínas e adesão celular é a molhabilidade das superfícies. A medida do ângulo de contato de um líquido com a superfície é uma das formas de quantificar a energia livre superficial dos sólidos ou a capacidade do líquido molhar o sólido. Quando o ângulo de contato é maior que 90 graus a superfície é hidrofóbica, ao contrário quando menor que 90 graus a superfície é hidrofílica (ELIAS, 2012).

A energia da superfície medida pela molhabilidade envolve as interações celulares com o biomaterial, afetando vários eventos biológicos a nível celular e sub-celular, como a adsorção de proteínas, adesão e espalhamento celulares. Através da molhabilidade do substrato é possível controlar a adesão e organização do citoesqueleto de células endoteliais, tendo um impacto na habilidade das células em estabelecer coesões célula-célula, devido à acessibilidade de domínios específicos de adsorção de proteínas. Enquanto que, em substrato hidrofóbico ocorre maior coesão célula-célula, em substrato hidrofílico predomina a adesão celular ao substrato (TZONEVA et al, 2007).

Em superfícies hidrofóbicas, os osteoblastos fetais humanos expressam níveis celulares significativamente menores das integrinas $\alpha 5$ e $\beta 3$ em comparação com células cultivadas em superfícies hidrofílicas (LIM et al., 2005). A molhabilidade das superfícies controla não apenas a interação com osteoblastos, como também com outros tipos de células. Isto indica que a manipulação da molhabilidade de biomateriais é crucial para estimular respostas positivas em aplicações biomédicas (CRUZ, 2017).

Aliada à molhabilidade das superfícies, a carga elétrica é outro fator envolvido na evolução biológica de um tecido ao redor de um implante. A carga elétrica depende de vários fatores, como a composição química da superfície do material, intensidade inflamatória, o pH do meio, entre outros fatores. A carga superficial e a distribuição de cargas do biomaterial influenciam a adsorção de proteínas, a adesão de membranas celulares e a forma das células aderidas na superfície do material, sendo então fundamental para o controle da completa osseointegração do material implantado (CLARK et al., 1976).

Através de tratamentos superficiais é possível aumentar a rugosidade da superfície dos implantes com aumento da energia superficial. Quando ocorre aumento da energia superficial dos implantes, há redução do ângulo de contato (BATHOMARCO et al, 2004), que é representativo de uma melhor interação com o leito receptor ósseo, principalmente à nível celular (ANIL et al, 2011).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise apresentada é possível concluir que:

- a) Os organismos vivos reconhecem e respondem de diferentes modos quando em contato com os biomateriais;



- b) O início das reações ocorre pela adsorção de proteínas de adesão à superfície dos biomateriais, que são reconhecidos por receptores de integrinas presentes na maioria das células;
- c) O processo inicia rapidamente após a instalação de um implante em um leito cirúrgico;
- d) A composição da camada de proteínas adsorvidas é o principal mediador do comportamento celular posterior;
- e) O entendimento dos mecanismos envolvidos e que ocorrem durante a osseointegração permite o desenvolvimento de novos materiais e com maiores índices de sucesso.

Referências

ALVES REZENDE, M. C. R.; WADA, C. M.; LOPES, M.; CAPALBO, L.C.; GONÇALVES, V. M.; VALENTE, A. D. B.; OLIVEIRA, J. A. G. O papel da adsorção de proteínas na osseointegração. **Arch Health Invest**, v. 3, n. 4, p. 18-25, 2015.

ANI, S.; ANAND, P. S.; ALGHAMDI, H.; JANSEN, J. A. Dental Implant Surface Enhancement and Osseointegration. In: **Implant Dentistry**. A Rapidly Evolving Practice. Rijeka: INTECH, p. 83-119, 2011.

ANSELME, K. Osteoblast adhesion on biomaterials. **Biomaterials**, v. 21, p.667-681, 2000.

BATHOMARCO, R. V.; SOLORZANO, G.; ELIAS, C. N.; PRIOLI, R. Atomic force microscopy analysis of different surface treatments of Ti dental implant surfaces. **Applied Surface Science**, v. 233, n 1-4, p. 29-34, 2004.

BRUNETTE, D. M.; TEXTOR, M.; TENGVALL, P.; THOMSEN, P. **Titanium in Medicine: Material Science, Surface Science, Engineering, Biological responses and Medical applications**. Berlin-Heidelberg: Springer Edited, 2001.

BUSQUIM, T. P. **Estudo invitro e in vivo da osseointegração de implantes de titânio com superfície biomimetizada** [tese]. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2012.

CLARK, A. E.; HENCH, L. L.; PASCHALL, H. A. The influence of surface chemistry on implant interface histology: a theoretical basis for implant materials selection. **J. Biomed. Mater. Res.** v. 10, p. 161-74, 1976.

CLEM, W.C.; CHOWDHURY, S. Mesenchymal stem cell interaction with ultra-smooth nanostructured diamond for wear-resistant orthopaedic implants. **Biomaterials**, v.29. p. 3461-3468, 2008.

COMPLETO, C. D. S. **Adsorção de albumina bovina e ácido hialurônico em cerâmicos de titânio** [dissertação]. Lisboa: Instituto Superior Tecnico, 2008.

CRUZ, M. A. E. **Desenvolvimento de materiais bioinspirados contendo Sr²⁺ para modificação de superfícies de Ti**. Ribeirão Preto. Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP – Área de concentração: Química, 2017.

DAVIES, J. E. Mechanisms of endosseous integration. **The International Journal of Prosthodontics**, v.11, n. 5, p. 391-401, 1998.

DELIGIANI, D. D.; KATSALA, N.; LADAS, S. Effect of surface roughness of the titanium alloy Ti-6Al-4V on human bone marrow cell response and on protein adsorption. **Biomaterials**, v .22, p. 241-1251, 2001.

DOLATSHAHI-PIROUZ, A.; RECHENDORFF, K.; HOVGAARD, M. B.; FOSS, M.; CHEVALLIER, J.; BESENBACHER, F. Bovine serum albumin adsorption on nano-rough platinum surfaces studied by QCM-D. **Colloids**



Surf B Biointerfaces, v. 1, n. 66, p. 53-59, 2008.

ELIAS, C. N. **Factors Affecting the Success of Dental Implants**. In Cap 14. Implant Dentistry A Rapidly Evolving Practice. Elser Turkyilmaz, INTECH, p. 319-364, 2011.

ELIAS C. N.; VASCONCELLOS, V. S. L.; RESENDE, C. R. S. Análise dos mecanismos celulares durante a osseointegração dos implantes. **Congresso Latino Americano de Órgãos Artificiais e Biomateriais**, 2012.

FENG, B.; WENG, J.; YANG, B. C. Characterization of surface oxide films on titanium and adhesion of osteoblast. **Biomaterials**, v. 24, p. 4663-4670, 2003.

FERREIRA, E. S. **Interação da albumina do soro bovino (BSA) com substratos sintéticos** [tese]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2009.

GOMES, O. P. **Interação de Proteínas em Superfícies de Filmes Finos de TiO₂ e Sua Resposta Biológica** [Dissertação]. Bauru: UNESP, 2019.

GRAVINA, P. A. **Biomimetização de diferentes superfícies de titânio com Fibronectina** [Dissertação]. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2010.

GREGÓRIO, E. A. **Matriz extracelular**. Disponível em: https://www2.ibb.unesp.br/departamentos/Morfologia/material_didatico/Profa_Elisa/matriz_extracelular_100407.PDF. Acesso em 07 de maio de 2021.

HINDIÉ, M.; DEGAT, M.; GAUDIÉRE, F. Pre-osteoblasts on poly(L-lactic acid) and silicon oxide: Influence of fibronectin and albumin adsorption. **Acta Biomaterialia**, v.7. p. 387-394, 2011.

LATOUR, R. A. Biomaterials: Protein-surface interactions. In: Wnek GE, Bowlin GL, editores. The encyclopedia of biomaterials and bioengineering, 2 ed. New York: **Informa Healthcare**, v. 1, p. 270-284, 2008.

LIM, J. Y.; TAYLOR, A. F.; LI, Z.; VOGLER, E. A.; DONAHUE, H. J. Integrin Expression and Osteopontin Regulation in Human Fetal Osteoblastic Cells Mediated by Substratum Surface Characteristics. **Tissue Eng**. v. 11, p. 19-29, 2005.

MARTINS, O. P. M. **Estudo, in vivo, de uma hidroxiapatite de arquitetura otimizada** [dissertação]. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2009.

MENDONÇA, R. H. **Imobilização de fibronectina na superfície de suportes porosos de phb para aplicação em engenharia óssea** [Dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

NORDE, W.; BUIJS, J.; LYKLEMA, H. **Fundamentals of Interface and Colloid Science, Adsorption of Globular Proteins**. Elsevier, 2005.

ORÉFICE, R. L; PEREIRA, M. M; MANSUR, H. S. **Biomateriais: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Cultura Médica. 2012.

PULEO, D. A.; NANJI, A. Understanding and controlling the bone-implant surface. **Biomaterials**, v.20, p. 2311-2321, 1999.

RAPUANO, B. E.; WU, C.; MAC DONALD, D. E. Osteoblast-like cell adhesion to bone sialoprotein peptides. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 22, p.353-361, 2004.

RIBEIRO, C. O. **Comportamento de proteínas em stents vasculares modificados por pulverização catódica** [dissertação]. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2009.

SANTOS, V.S; **"O que é membrana plasmática?"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilestela.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-membrana-plasmatica.htm>. Acesso em 01 de maio de 2021.

SCHEIDELER, L.; RUPP, F.; WENDEL, H.; SATHE, S.; GERSTORFER, J. Photocoupling of fibronectin to titanium surfaces influences keratinocyte adhesion, pellicle formation and thrombogenicity. **Dental Materials**, v. 23, p. 469- 478, 2007.

SINGER, S. J., NICOLSON, G. L. The Fluid Mosaic Model of the Structure of Cell Membranes: Cell membranes are viewed as two-dimensional solutions of oriented globular proteins and lipids. **Science**, v. 175, p. 720-731, 1972.

SUBRAMANI, K.; MATHEW, R. T. Titanium Surface Modification Techniques for Dental Implants—From Mi-



crosscale to Nanoscale. **Emerging Nanotechnologies in Dentistry: Processes, Materials and Applications**, p. 85-102, 2012.

TRINO, L. D. **Funcionalização de superfícies e estudo de adsorção de biomoléculas em óxidos metálicos**. 2018 191 f. Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2018.

TZONEVA, R.; FAUCHEUX, N.; GROTH, T. Wettability of substrata controls cell–substrate and cell–cell adhesions. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1770, p.1538-1547, 2007.

WANG, F. et al. Bioinspired micro/nano fabrication on dental implant–bone interface. App. **Surf. Sci.** n. 265, p. 480-488, 2013.

WILLIAMS, D. F. Biocompatibility: An overview. **Concise Encyclopedia of medical & dental materials**, Pergamon Press and MIT Press, p. 51-59, 1990.

WILLIAMS, D. F. On the nature of biomaterials. **Biomaterials**. v. 30, n. 30, 2009.



CAPÍTULO 3

USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE PLANO DE NEGÓCIOS DE UMA PADARIA

USE OF MONTE CARLO SIMULATION IN THE ECONOMIC VIABILITY OF
A BAKERY BUSINESS PLAN

Wellinton de Assunção
Thainara Silva Soares
Franklin Lima Júnior

Resumo

No cenário atual de alta competitividade e mudanças, compreender e poder controlar as variáveis que afetam um negócio ou investimento é imprescindível, visto que através disto os empreendedores podem ter uma base (*insight*), antes da tomada de decisão de investir ou não, e se manterem de forma competitiva no mercado. A Simulação Monte Carlo-SMC permite que se faça uma análise das probabilidades do negócio, possibilitando dessa forma que se tomem decisões mais assertivas frente aos diversos cenários estudados e o risco de cada um deles, esta vem se tornando uma das mais influentes ferramentas de auxílio à tomada de decisão, considerando que esta não é uma tarefa fácil, pois qualquer erro pode ser catastrófico. Portanto, objetivou-se com esta pesquisa verificar através da SMC e indicadores econômico-financeiros a viabilidade de negócios e investimentos como em padarias, para que assim com o avanço desta e de pesquisas similares os empreendedores possam ter uma base maior de análise ao decidir seu melhor investimento. Neste sentido, pesquisas bibliográficas foram realizadas acerca de todos os temas relevantes para a pesquisa, tais como indicadores de viabilidade, análise de sensibilidade dentre outros. Logo, este estudo foi realizado na padaria Sonho de Pão, através das ferramentas analisadas e os dados coletados chegou-se à conclusão de que o empreendimento tem viabilidade tanto econômica quanto financeira, com uma rentabilidade de 43% e uma lucratividade de 7% este estudo possibilitou ao empreendedor decidir investir ou não no projeto e planejar da melhor forma a alocação dos seus recursos.

Palavras-chaves: Simulação; Monte Carlo; Análise de sensibilidade; Indicadores econômico-financeiros; tomada de decisão.

Abstract

In the current scenario of high competitiveness and changes, understanding and being able to control the variables that affect a business or investment is essential, since through this entrepreneurs can have a basis (*insight*), before making the decision to invest or not, and if to remain competitive in the market. The Monte Carlo-SMC Simulation allows an analysis of the business probabilities to be made, thus enabling more assertive decisions to be made in the face of the various scenarios studied and the risk of each one, this has become one of the most influential aid tools to decision making, as this is not an easy task, as any mistake can be catastrophic. Therefore, the objective of this research was to verify through the SMC and economic-financial indicators the viability of businesses and investments as in bakeries, so that with the advancement of this and similar research, entrepreneurs can have a greater base of analysis when deciding their best investment. In this sense, bibliographic searches were carried out on all relevant topics for the research, such as viability indicators, sensitivity analysis, among others. Therefore, this study was carried out in the bakery dream of bread, through the analyzed fermenters and the data collected came to the conclusion that the enterprise has both economic and financial viability, with a profitability of 43% and a profitability of 7% this study made it possible for the entrepreneur to decide whether or not to invest in the project and plan the best way to allocate his resources.

Key-words: Simulation; Monte Carlo; Sensitivity analysis; Economic and financial indicators; decision making.



1. INTRODUÇÃO

É notável o crescente número de empreendedores que decidem lançar-se no mercado a fim de buscar seu sucesso no negócio, só em 2018 “no Brasil, a TTE (taxa total de empreendedorismo) foi de 38%, ou seja, em cada cinco brasileiros adultos, dois eram empreendedores. A partir dessa taxa, estima-se que, aproximadamente, 52 milhões de brasileiros entre 18 e 64 anos estavam liderando alguma atividade empreendedora” (GEM, 2018).

Com esse aumento no número de empresas iniciando e a competitividade entre elas, torna-se de suma importância ter um diferencial competitivo que permita com que essas empresas se destaquem no mercado, bem como uma gestão bem estruturada, conhecimento do mercado e dos possíveis cenários e da viabilidade do seu negócio, diminuindo assim as chances de insolvência da empresa antes mesmo que esta chegue a ser de fato iniciada.

Afinal, saber identificar as variáveis que influenciam no projeto de desenvolvimento de um negócio, os custos e investimentos, assim como os riscos do mercado em que se atua é um dos fatores determinantes no sucesso do empreendimento, garantindo futuramente um rendimento positivo e diminuindo as incertezas do negócio. Dos modelos matemáticos os mais frequentemente utilizados para o estudo da viabilidade econômica destacam-se: a margem de contribuição, taxa interna de retorno (TIR) o valor presente líquido (VPL) e o período de *payback*.

Sendo assim, esta pesquisa busca responder o seguinte questionamento: qual a viabilidade econômica do negócio?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plano de negócios

Plano de negócios é um documento que descreve por escrito os objetivos de um negócio e quais passos devem ser dados para que esses objetivos sejam alcançados, diminuindo os riscos e as incertezas. Um plano de negócio permite identificar e restringir seus erros no papel, ao invés de cometê-los no mercado”. (SEBRAE, 2013, pag. 13)

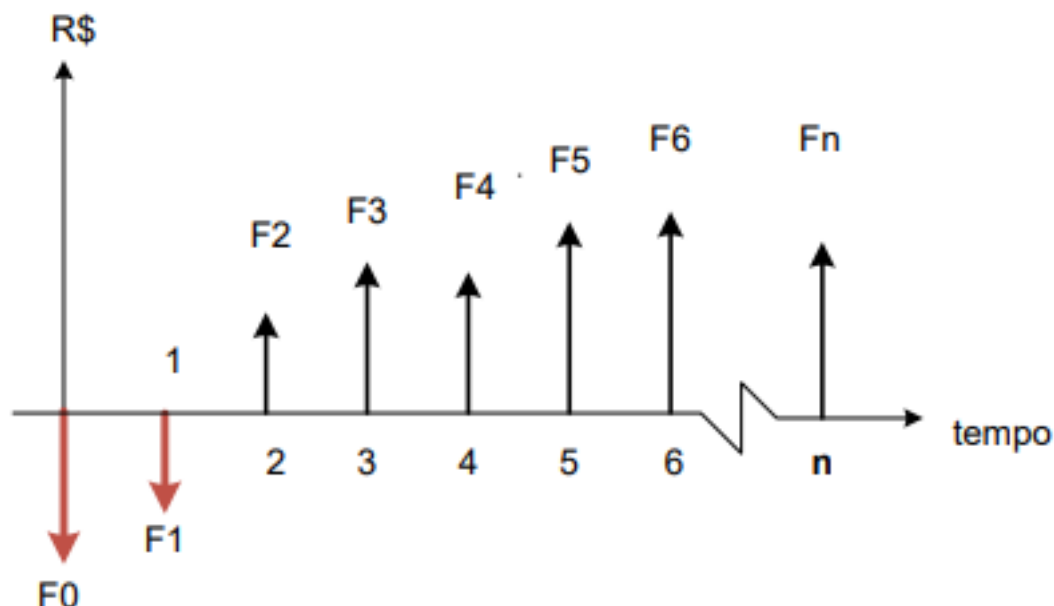
Por apresentar uma análise completa de todos os mecanismos necessários para o sucesso do empreendimento, assim como seus pontos fortes e fracos o plano de negócios também se torna uma ferramenta muito importante para o auxílio da tomada de decisão.



2.2 Fluxo de caixa e indicadores

O fluxo de caixa é um registro que apresenta todas as movimentações, isto é, entradas e saídas que ocorrem em um certo período. Graficamente, as entradas ou receitas são expressas por setas voltadas para cima, por serem valores positivos, e as saídas são representadas pelas setas voltadas para baixo, uma vez que desrespeitam a desembolsos realizados. Graficamente ele é representado como mostra a figura 01.

Figura 01 – Fluxo de caixa



Fonte: Matemática financeira e engenharia econômica (AVILA, 2013, pag. 96)

O cálculo do fluxo de caixa em determinado período k de tempo é expresso através da equação 1:

$$F_k = \sum \text{Rec}(k) - \sum \text{Desp}(k) - \text{Inv}(k) + \text{Ded}(k) + \text{VR}(k) \quad (1)$$

O desenvolvimento e acompanhamento do fluxo de caixa de uma empresa é um passo essencial para o conhecimento de sua liquidez e viabilidade financeira. Estudar a viabilidade de um projeto significa quantificar suas premissas, construir a projeção dos fluxos de caixa e verificar se o projeto propicia um aumento de riqueza. (AVILA, 2013, pág.91).

Seu estudo é totalmente necessário antes da abertura de um empreendimento ou até mesmo após, em caso de expansão, para se conhecer o sucesso ou insucesso do negócio. Os métodos mais frequentes utilizados são o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o payback, porém a outros indicadores que também podem ser utilizados, e que serão aplicados nesta pesquisa, que são o índice de lucratividade (IL) e o ponto de equilíbrio.

O valor presente líquido se trata do retorno líquido atual proveniente do projeto. “É obtido a partir do desconto de todos os fluxos de caixa para o momento inicial, o instante 0, quando ocorre o primeiro desembolso” (GONÇALVES et al, 2009, pág.133). Seu cálculo se dá de acordo com a equação 2.

$$VPL = FCo + \frac{FC1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FCn}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Onde:

FC é referente ao fluxo de caixa;

i é a taxa de retorno exigida.

Quanto aos critérios de rejeição ou aceitação na utilização do VPL, tem-se:

- Para o VPL maior ou igual a zero, o projeto é aceito
- Para o VPL menor que zero, o projeto é rejeitado
- Para o VPL igual a zero a decisão se torna indiferente

O VPL positivo indica que o projeto está remunerando a empresa ao seu custo de capital, gerando caixa suficiente para pagar os juros e para remunerar os acionistas de acordo com suas exigências e aumentando sua riqueza ao aceitá-lo (ARMEANU; LACHE, 2009 apud Ribeiro et al, 2016, pág.516)

O segundo método comumente aplicado é a taxa interna de retorno, esta indica quanto de retorno o investimento deverá obter, e assim como o VPL possuem como vantagem o fato de que considera o valor do dinheiro no tempo. Essa taxa corresponde à taxa de desconto que zera o valor presente líquido de um projeto e mede a diferença entre o rendimento de uma aplicação e o uso desse capital aplicado à taxa de desconto utilizada. (GONÇALVES, 2009, pág.139)

A equação 3 representa o fluxo da taxa adotando o desconto:

$$0 = FCo + \frac{FC1}{(1+TIR)^1} + \dots + \frac{FCn}{(1+TIR)^n} \quad (3)$$

Para que o projeto seja aceito ou rejeitado na utilização da TIR, deve-se analisar os seguintes pontos:

- Para casos em que a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade, aceita-se o projeto
- Para casos em que a TIR for menor que a taxa mínima de atratividade, rejeita-se o projeto.

A taxa mínima de atratividade por sua vez (TMA) se trata da taxa mínima que o projeto de ter para que ele se torne atrativo aos olhos do investidor, ou seja, "a menor taxa de retorno que fará com que o investidor se convença a realizar o projeto" (GONÇALVES et al, 2009, pág.131).



O *payback*, por sua vez, corresponde ao tempo necessário para que um projeto gere fluxos de caixa capazes de cobrir o investimento inicial. (ROSS et al, 2008 apud LEAL et al, 2018, pág.96). Seu cálculo é realizado de acordo com a equação 4.

$$Payback = \frac{I_0}{F} \quad (4)$$

Onde:

I_0 é o investimento inicial;

F se trata do valor dos fluxos de caixa.

Além dos indicadores econômicos discutidos anteriormente, alguns indicadores financeiros também são utilizados para dar suporte e maior robustez na análise, como o índice de lucratividade.

O índice de lucratividade líquida constitui um parâmetro que apontará ao investidor qual o retorno adicional advindo de seu empreendimento para cada unidade monetária empregada, esta medida proporciona uma nova interpretação de retorno, através do esclarecimento da quantidade de vezes que o investimento inicial será multiplicado (Pena e Roma, 2010 apud Rocha, Souza, Dalfior, 2016, pag.08). Sua relação é dada pela equação 5:

$$IL = \frac{VPL}{I_0} \quad (5)$$

Onde:

VPL é o valor presente líquido;

I_0 é o investimento inicial.

Quando o $IL \geq 1$, significa que a proposta deverá produzir benefícios monetários superiores ou iguais as saídas líquidas de caixa. Quando o $IL < 1$, a proposta deve ser rejeitada por não ser economicamente viável. (BRAGA, 2013, pag. 287).

2.3 Análise de sensibilidade

Segundo Abreu (2008 apud Silva, 2015, pag.44), a análise de sensibilidade é composta pela análise do impacto de variações nos valores de uma determinada variável sobre os índices financeiros determinísticos do projeto, determinando a quais parâmetros tais índices seriam mais sensíveis. Quando uma pequena variação num parâmetro altera drasticamente a rentabilidade de um projeto, diz-se que o projeto é muito sensível a este parâmetro e poderá ser interessante concentrar esforços para obter dados menos incertos. (FILHO e KOPITTKE, 2010, pag.311)



Para melhor visualizar os possíveis resultados financeiros de determinadas faixas de risco, pode ser utilizada a técnica de simulação de cenários econômicos. Por meio desta técnica, podem ser simulados custos para diferentes situações econômicas. (HOJI, 2014, pag.556) através da análise de cenários podemos examinar minuciosamente as circunstâncias nas quais uma empresa está inserida, identificando as possíveis mudanças que possam ocorrer nesse meio, considerando tanto as variáveis quantitativas quanto as qualitativas.

2.4 Simulação Monte Carlo

O método de simulação de Monte Carlo pode ser aplicado em problemas de tomada de decisão a qual envolva risco e incerteza, ou seja, situações nas quais o comportamento das variáveis envolvidas com o problema não é de natureza determinística (MOORE; WEATHERFORD, 2001; LUSTOSA; PONTE; DOMINAS, 2004 apud Júnior, Costa e Tabosa, 2011, pag. 153).

A simulação efetua análise de risco a partir da construção de modelos de possíveis resultados, substituindo com um intervalo de valores - uma distribuição de probabilidade - todo fator com incerteza inerente. Em seguida, ela calcula os resultados repetidamente, cada vez com outro conjunto de valores aleatórios gerados por funções de probabilidade. (PALISADE, 2014 apud SILVA, 2015, pag.46).

3. METODOLOGIA

O objeto de estudo deste artigo diz respeito a padarias através da realização de um plano de negócios para assim retirar dados condizentes para realização da simulação Monte Carlo. Os procedimentos metodológicos para a evolução do estudo baseiam-se no desenvolvimento do plano de negócios da padaria e levantamento dos dados necessários para a análise da viabilidade econômica. Passando para a etapa seguinte que seria as projeções dos dados financeiros, como custos, receitas e despesas anuais para assim construir o fluxo de caixa do projeto, considerando um período de cinco anos, e por fim utilizar a simulação para a análise probabilística e análise dos resultados.

A revisão bibliográfica deste trabalho foi baseada em fontes de pesquisa primária, isto é, artigos dos últimos seis anos, assim como em fontes de pesquisa secundárias, como livros, considerando um período de máximo de 35 anos. Além de outras publicações relevantes para esta pesquisa relacionadas às áreas de finanças, administração e economia.

O plano de negócios desenvolvido será exposto em três etapas, sendo elas, plano estratégico, plano de marketing e plano financeiro. Este trabalho possui caráter quantitativo uma vez que será utilizado o fluxo de caixa para projetar valores e a simulação Monte Carlo para realizar a parte probabilística de pesquisa. Quanto ao tipo de pesquisa realizada se trata de uma pesquisa de campo em que coletamos dados tanto de padarias a partir de outros estudos de caso, quanto de padarias locais.



A etapa de desenvolvimento do plano de negócio foi desenvolvida com base em informações coletadas de artigos científicos e pesquisas mercadológicas em outras padarias, a respeito de custos, investimentos, o mercado atual, dentre outros fatores. Se configurando como um aglomerado de informações probabilísticas para a padaria fictícia Sonho de pão.

A estruturação organizacional da empresa foi realizada com o objetivo organizar as atividades e recursos tidos como necessários para o cumprimento das atividades atribuindo a cada uma delas um responsável, para dessa forma promover a integração dos funcionários no negócio, controlar de forma mais eficiente os resultados da empresa e as atividades a serem realizadas. A panificadora é formada por sete funcionários e colaboradores, sendo eles a proprietária da empresa, um contador terceirizado, duas operadoras de caixa e duas atendentes e uma auxiliar de cozinha.

Para a etapa de planejamento estratégico a análise SWOT foi desenvolvida com o intuito de verificar se a empresa possuía forças e oportunidades suficientes para que consiga se destacar no mercado e atrair seu público. E fundamentalmente como forma de confrontar esta informação estratégica com os resultados financeiros obtidos, para que a decisão de viabilidade não seja tomada apenas pelos resultados financeiros.

No plano de marketing foram definidos os produtos que serão comercializados pela padaria sonho de pão, estes estão divididos em quatro categorias, sendo elas: salgados; doces; frios e bebidas. As duas primeiras classes são de fabricação própria da padaria e as duas últimas são de produtos para revendas, exceto por alguns produtos na classe de bebidas como sucos e cafés que são preparados pela equipe da cozinha.

O preço de venda dos produtos varia de acordo com sua classe, portanto fez-se necessário o estabelecimento de um preço fixo para os produtos, neste sentido com o intuito de facilitar a pesquisa, chegamos a um preço médio do produto vendido de R\$ 6,60. Esse valor foi calculado tirando-se a média do preço de cada produto vendido pela quantidade de produtos.

E por fim a última etapa do plano de negócios, o plano financeiro, que proporcionou os dados técnicos necessários para a aplicação dos métodos propostos. Os dados foram obtidos e analisados por meio da elaboração do fluxo de caixa da empresa e dos indicadores de viabilidade, para a realização da simulação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, no quadro 01, encontra-se a matriz SWOT da padaria em questão, com o objetivo de realizar um breve diagnóstico e identificar sua posição estratégica no mercado.



Quadro 01 – Matriz SWOT

		Matriz SWOT	
		Ajuda	Atrapalha
		Forças	Fraquezas
Interno	Visão estratégica		Falta de tradição no mercado
	Diversidade de produtos		Preço
	Produtos de fabricação própria		Alta perecibilidade dos produtos
	Boa localização		Baixo uso de estratégias de marketing
	Amplo estacionamento		
	Oportunidades		Ameaças
Externo	Realizar entregas a domicílio		Concorrentes
	Realização de promoções		Aumento no preço da matéria-prima
	Parcerias para a realização do buffet de eventos		

Fonte: os autores, 2020

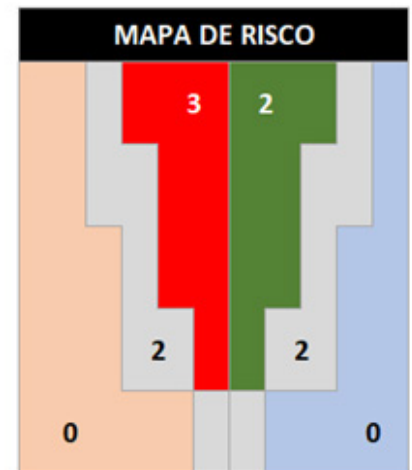
No quadro 01 – matriz SWOT, acima, podemos notar que a empresa possui uma boa posição estratégica de mercado no que diz respeito à comparação de suas forças e fraquezas, oferecendo ao consumidor uma ampla variedade de produtos com uma boa localização, todavia seus preços atrelados ao baixo uso de promoções são configurados como um empecilho na atração e fidelização de novos consumidores. Já no ambiente interno identifica-se muitas oportunidades de expansão do negócio que vão desde a realização de delivery até a ampliação na linha de produtos. O número de ameaças identificadas é relativamente baixo o que enfatiza uma boa posição estratégica.

Após a identificação dos itens presentes na matriz SWOT, foram levantados os itens mais críticos para o projeto através da análise de um mapa de calor, considerando as ameaças e oportunidades, mas especialmente as ameaças, como os riscos principais por serem fatores externos e, assim sendo, incontornáveis e quase imprevisíveis, para quem administra o projeto.

Na Figura 02, a seguir, temos o mapa de riscos para o projeto da padaria sonho de pão:

Figura 02 – Mapa de riscos

		AMEAÇAS					OPORTUNIDADES				
		-0,05	-0,09	-0,18	-0,36	-0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
PROBABILIDADE	0,90						1				
	0,70			1	1			1			
	0,50				2		1	1			
	0,30				1						
	0,10										
		Desprezível	Leve	Moderado	Grave	Muito grave	Muito grave	Grave	Moderado	Leve	Desprezível
		IMPACTO									



Fonte: Os autores, 2020

No eixo de probabilidade utilizamos os seguintes parâmetros (níveis) para a análise desses riscos:

- Muito alta: quando há grandes chances de o risco ocorrer, e/ou ele ocorre frequentemente com características semelhantes. Será pontuada com porcentagem entre 71% e 90%
- Alta: quando há grandes chances de o risco ocorrer, e/ou ele ocorre frequentemente. Será pontuada com porcentagem entre 51% e 70%
- Moderada: a probabilidade de o risco ocorrer é ocasional. Será pontuada com porcentagem entre 31% e 50%
- Baixa: quando existem poucas chances de esse risco gerar algum problema. Será pontuada com porcentagem entre 11% e 30%
- Desprezível: Será pontuada com porcentagem entre 1% e 10%

Para o eixo de impacto os riscos são avaliados sob os seguintes parâmetros:

- Muito grave: quando o risco pode provocar o cancelamento ou consequências irreversíveis ao projeto. Será pontuada com porcentagem de 80%
- Grave: quando o risco tem grandes chances de comprometer os resultados do projeto, de forma a gerar atrasos, aumento dos custos. Será pontuada com porcentagem de 40%
- Moderado: quando o risco pode gerar consequências pontuais e momentâneas, que podem ser corrigidas. Será pontuada com porcentagem de 20%
- Leve: quando o risco pode causar consequências quase imperceptíveis ao projeto e que são facilmente corrigidas. Será pontuada com porcentagem de 10%

- Desprezível: Será pontuada com porcentagem de 5%

A partir dessas pontuações os riscos foram classificados em riscos: elevados; moderados ou baixos, respectivamente, com as cores vermelho, cinza e rosa para ameaças e verde, cinza e azul para oportunidades.

Considerando isto, pode-se notar que a empresa possui duas ameaças consideradas moderadas e que são vistas como um ponto de atenção, e três ameaças consideradas elevadas, que são vistas como um ponto crítico para a empresa, necessitando de um plano de ação imediato. Do outro lado a empresa possui duas oportunidades consideradas moderadas, cujo plano de ação é criar uma rotina de monitoramento, e duas oportunidades consideradas elevadas, que são vistas como oportunidades a serem exploradas de forma imediata. O mapa indica que, se tratados de forma adequada os riscos identificados não poderão afetar catastróficamente a empresa a ponto de lhe colocar em uma má posição estratégica, contudo o contrário também é válido. Estas serão informações úteis no momento do contraste com as informações probabilísticas para embasar a tomada de decisão.

O plano financeiro apresentado a seguir, é a parte do plano de negócios mais importante para a finalidade da pesquisa, uma vez que os dados apresentados até o presente momento servirão como apoio não probabilístico para a tomada de decisão, para que a mesma não seja tomada de forma unilateral, mas sim, considerando também outros fatores, enquanto os dados do plano financeiro fornecerão informações probabilísticas, pautadas em dados históricos de outras padarias e mercadológicos.

O investimento total necessário para a abertura e funcionamento da empresa, foi formado pela soma do investimento fixo, investimento variável e capital de giro. O valor total do investimento foi de R\$ 150.202,00, como pode ser observado no quadro 02 que se segue:

Quadro 02 – Investimento total

Investimento total	
Descrição	R\$
Investimentos fixos	R\$ 61.339,00
capital de giro	R\$ 80.563,00
Investimentos pré-operacionais	R\$ 8.300,00
Investimento total	R\$ 150.202,00

Fonte: Os autores, 2020

Para a estimativa de faturamento da padaria em estudo no seu primeiro ano, foram analisados os históricos de vendas de outras padarias da região com o mesmo porte e capacidade da padaria sonho de pão, ou aproximados, e a partir desses dados, calculamos a média de vendas e utilizou-se essa média para projetar as vendas da padaria em questão, para a projeção do ano 02 consideramos um crescimento de 2,9% em relação ano 01 e para as projeções dos próximos três anos consideramos um aumento gradativo de 0,2% em relação ao ano anterior. Dessa forma a empresa que teve um crescimento de 2,9% no ano 02 passara a ter um crescimento de 3,1% no ano três e assim sucessivamente até chegar ao ano 05 com um crescimento de 3,5%.

CAPÍTULO 3

O custo fixo total anual do empreendimento foi de R\$ 273.421,9, neste cálculo estão inclusos todos os custos não operacionais e operacionais do empreendimento. Já o custo variável total anual foi de R\$ 19.309,92.

Com o levantamento dos custos, chegou-se ao seguinte resultado de DRE, apresentado no quadro 03.

Quadro 03 – Demonstrativo de resultado

Descrição	ano 01	ano 02	ano 03	ano 04	ano 05
1. Receita total com vendas	R\$ 888.225,00	R\$ 913.983,53	R\$ 942.317,01	R\$ 973.413,48	R\$ 1.007.482,95
1.2 Fabricação própria	R\$ 554.193,00	R\$ 570.264,60	R\$ 587.942,80	R\$ 607.344,91	R\$ 628.601,98
1.3 Revenda	R\$ 334.032,00	R\$ 343.718,93	R\$ 354.374,21	R\$ 366.068,56	R\$ 378.880,96
3. Custos variáveis totais	R\$ 762.732,48	R\$ 770.325,00	R\$ 798.365,32	R\$ 768.145,84	R\$ 801.205,00
3.1 Custos com MD e/ou CMV	R\$ 529.752,57	R\$ 530.210,28	R\$ 532.580,19	R\$ 535.690,31	R\$ 550.269,80
3.2 Investimentos pré-operacionais	R\$ 8.300,00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
3.3 Depreciações	R\$ 8.300,00	R\$ 8.300,00	R\$ 8.300,00	R\$ 8.300,00	R\$ 8.300,00
3.4 Despesas fixas	R\$ 197.070,00	R\$ 207.070,00	R\$ 222.485,13	R\$ 197.070,00	R\$ 202.635,20
3.5 Despesas Variáveis	R\$ 19.309,91	R\$ 24.000,00	R\$ 35.000,00	R\$ 27.085,53	R\$ 40.000,00
4. Margem de contribuição	R\$ 125.492,52	R\$ 143.658,53	R\$ 143.951,69	R\$ 205.267,64	R\$ 206.277,95
5. Impostos	R\$ 95.040,08	R\$ 97.796,24	R\$ 100.827,92	R\$ 104.155,24	R\$ 107.800,68
6. Resultado operacional (lucro)	R\$ 30.452,45	R\$ 45.862,29	R\$ 43.123,77	R\$ 101.112,39	R\$ 98.477,27

Fonte: Os autores, 2020

O resultado encontrado no quadro 03 foi obtido por meio do regime de competência, que é o regime no qual registra os lançamentos das receitas e despesas no seu período de competência, desconsiderando o seu status, isto é, se houve um efetivo recebimento ou pagamento. Sendo assim, as receitas e despesas são registradas quando ocorrem, em que é fechado o negócio, e não necessariamente quando há a entrada ou saída do caixa.

Tabela 01 – fluxo de caixa mais provável

Ano	1	2	3	4	5
(=) RECEITA DE VENDAS	R\$ 888.225,00	R\$ 913.983,53	R\$ 942.317,01	R\$ 973.413,48	R\$ 1.007.482,95
(-) Simples nacional	R\$ 95.040,08	R\$ 97.796,24	R\$ 100.827,92	R\$ 104.155,24	R\$ 107.800,68
(=) RECEITA LÍQUIDA	R\$ 793.184,93	R\$ 816.187,29	R\$ 841.489,09	R\$ 869.258,23	R\$ 899.682,27
(-) CUSTOS VARIÁVEIS	R\$ 557.362,48	R\$ 554.955,00	R\$ 567.580,19	R\$ 562.775,84	R\$ 590.269,80
(=) LUCRO OPERACIONAL	R\$ 235.822,45	R\$ 261.232,29	R\$ 273.908,90	R\$ 306.482,39	R\$ 309.412,47
(-) CUSTOS FIXOS	R\$ 197.070,00	R\$ 207.070,00	R\$ 222.485,13	R\$ 197.070,00	R\$ 202.635,20
(-) TOTAL DE GASTOS	R\$ 754.432,48	R\$ 762.025,00	R\$ 790.065,32	R\$ 759.845,84	R\$ 792.905,00
(=) RESULTADO LÍQUIDO	R\$ 38.752,45	R\$ 54.162,29	R\$ 51.423,77	R\$ 109.412,39	R\$ 106.777,27
(-) DEPRECIAÇÃO	R\$ 8.300,00	R\$ 8.300,00	R\$ 8.300,00	R\$ 8.300,00	R\$ 8.300,00
(=) Saldo	R\$ 30.452,45	R\$ 45.862,29	R\$ 43.123,77	R\$ 101.112,39	R\$ 98.477,27

Fonte: os autores, 2020

A tabela 01 apresenta o fluxo de caixa para o cenário mais provável, também conhecido como cenário base - é por meio da comparação dele que é possível projetar os outros cenários desejados (simulação Monte Carlo) para chegar a estes valores, utilizou-se a obtenção de dados por meio da pesquisa de campo. Em contrapartida para a projeção dos cenários pessimista e otimista, adotou-se uma porcentagem estimada de 20% e 15% respectivamente.



CAPÍTULO 3

A justificativa destas porcentagens utilizadas é que, tendo por base o cenário mais provável considerou-se que no cenário otimista o volume de vendas deveria ser maior que no cenário pessimista, dessa forma a porcentagem de 15% para o cenário otimista significa dizer que o volume de vendas em relação ao cenário base será 15% maior.

Por sua vez no cenário pessimista, constatou-se que o volume de vendas deveria ser obrigatoriamente menor que nos cenários mais provável e otimista, sendo assim, a porcentagem de 20% para este cenário significa dizer que ele sofrera uma redução de 20% no seu volume de vendas. Como mostra o quadro 04 – projeção de cenários:

Quadro 04 – Projeção de cenários com valores líquidos

Análise Fluxo de Caixa					
Descrição	Pessimista	Provável	Otimista	Média (x)	Desvio padrão (s)
	20%	-	15%		
ano 01	24.361,96	30.452,45	35.020,31	29.944,90	5347
ano 02	36.689,83	45.862,29	52.741,63	45.097,92	8053
ano 03	34.499,02	43.123,77	49.592,34	42.405,04	7572
ano 04	80.889,92	101.112,39	116.279,25	99.427,19	17755
ano 05	78.781,82	98.477,27	113.248,86	96.835,98	17292

Fonte: Os autores, 2020.

Para chegar aos valores projetados presentes no quadro 04, dadas as porcentagens de 20% e 15% para os cenários, utilizou-se a seguinte situação para projeção.

- $CP1$ (cenário pessimista 01) = $Vp1$ (valor do fluxo de caixa do ano 01 para o cenário provável) $\cdot (1 - 0,20)$
- $CO1$ (cenário otimista 01) = $Vp1 \cdot (1 + 0,15)$

E assim sucessivamente para os outros anos.

Os resultados obtidos para os indicadores de viabilidade financeira apresentados no quadro 05 e dos indicadores de viabilidade econômica apresentados nas tabelas 02, e 03, auxiliou no embasamento, de forma mais confiável, a decisão de investimento no empreendimento.

Quadro 05 – Indicadores de Viabilidade Financeira

Indicadores	Ano 01
Ponto de equilíbrio	201.449,49
Lucratividade	7%
Rentabilidade	43%

Fonte: os autores, 2020

Para a análise de viabilidade econômica, serão utilizados os seguintes indicadores econômicos: TMA, VPL e TIR.

A taxa mínima de atratividade considerada para este projeto foi baseada na taxa básica de juros, ou seja, a taxa Selic. Atualmente a taxa Selic se encontra no valor de 2%, projetada pelo banco central do Brasil. A adoção da taxa de 2% para a TMA, parte



do pressuposto de que ela não terá variação ao longo dos anos, isso quer dizer que a taxa será a mesma durante os cinco anos simulados no projeto, o que não corresponde à realidade, considerando-se o fato de que fatores políticos afetam a taxa, e é sabido a instabilidade desses fatores, logo, é clara a variação dessa taxa. Porém, esta adoção tem a vantagem de simplificação no momento de simular os fluxos de caixas.

→ VPL

Tabela 02 – Valor presente líquido

Valor presente líquido					
Cenário pessimista		Cenário provável		Cenário otimista	
Ano	Valor	Ano	Valor	Ano	Valor
0	-R\$ 100.985,90	0	-R\$ 126.232,38	0	-R\$ 145.167,24
1	710.580,00	1	888.225,00	1	1.021.458,75
2	731.186,82	2	913.983,53	2	1.051.081,05
3	753.853,61	3	942.317,01	3	1.083.664,57
4	778.730,78	4	973.413,48	4	1.119.425,50
5	805.986,36	5	1.007.482,95	5	1.158.605,39
Taxa	2%	Taxa	2%	Taxa	2%
VPL	R\$ 3.390.452,69	VPL	R\$ 4.238.065,86	VPL	R\$ 4.873.775,74

Fonte: Os autores, 2020

Analisando o resultado obtido do VPL, na tabela 02, para os cenários, observa-se que o projeto é viável tanto para o cenário otimista, quanto para o cenário pessimista, uma vez que ambos os resultados são positivos, isto é, o resultado do somatório dos fluxos de caixa futuros projetados é maior que o investimento inicial, subtraindo a TMA de 2%. Isso significa que o projeto se paga, ou seja, paga os custos necessários para sua implantação, incluindo os custos com capital de terceiros e capital próprio, e ainda traz uma porcentagem de retorno para o investidor.

Na tabela 03, constam os valores calculados para a TIR sobre as receitas líquidas de vendas.

Tabela 03 – Taxa interna de retorno líquido

Taxa interna de retorno					
Cenário pessimista		Cenário provável		Cenário otimista	
Ano	Valor	Ano	Valor	Ano	Valor
0	-R\$ 100.985,90	0	-R\$ 126.232,38	0	-R\$ 145.167,24
1	R\$ 24.361,96	1	30.452,45	1	R\$ 35.020,32
2	R\$ 36.689,83	2	45.862,29	2	R\$ 52.741,63
3	R\$ 34.499,02	3	43.123,77	3	R\$ 49.592,34
4	R\$ 80.889,91	4	101.112,39	4	R\$ 116.279,25
5	R\$ 78.781,82	5	98.477,27	5	R\$ 113.248,86
	32%		32%		32%

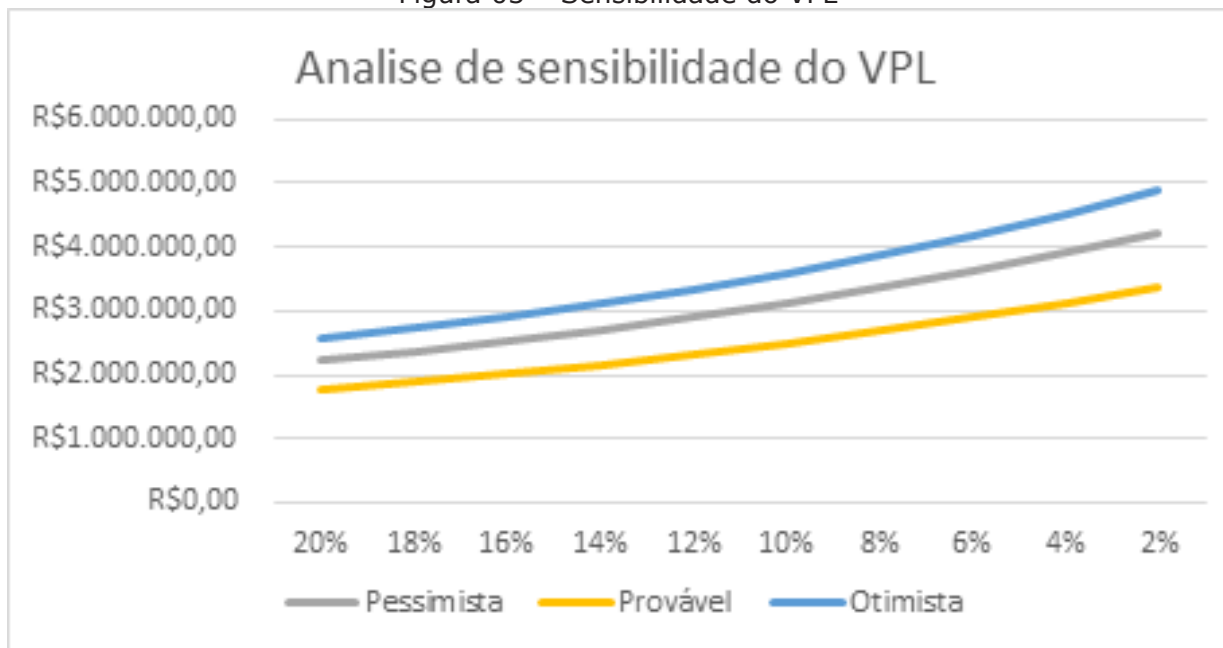
Fonte: Os autores, 2020

Pode-se observar por meio da tabela 03 que o resultado para a TIR foi favorável, tanto para o cenário otimista quanto no pessimista, uma vez que $TIR > TMA$. Dessa forma, por meio da TIR, o projeto é considerado como viável, com uma taxa de retorno de 32% sobre o faturamento líquido.

Ambos os indicadores – VPL e TIR – mostram que o projeto é viável, possibilitando uma tomada de decisão positiva quanto a investir ou não, uma vez que as taxas de retorno apresentadas são maiores que a taxa mínima de atratividade. Ao fazer a análise dos cinco primeiros anos do investimento podemos observar que em nenhum deles houve um valor negativo, isto é, os valores não oscilaram negativamente, indicando que a possibilidade de algum dos cenários se inverterm é baixa ou quase nula, isto reafirma o sucesso do empreendimento.

Para a análise de sensibilidade do VPL, atribuiu-se diversos valores para o VPL, aumentando a taxa em 2% a cada simulação, pois sabe-se que a cada percentual de incremento na taxa o VPL diminui, o objetivo é identificar se esta variação é muito significativa nos resultados do projeto. Os resultados obtidos são apresentados abaixo.

Figura 03 – Sensibilidade do VPL



Fonte: Os autores, 2020

Por meio da análise do gráfico da figura 03, pode-se observar que o modelo apresenta grande sensibilidade à variação das taxas a ele atribuídas, uma vez que para todos os cenários obteve-se retas com inclinação crescente como resultado, dessa forma é possível notar que a taxa TIR e o VPL possuem uma relação inversa, isto quer dizer que quanto maior for a taxa utilizada menor será o valor obtido para o VPL.

Considerando isto, a decisão final quanto à viabilidade do projeto é de que ele é viável, pois apesar da grande sensibilidade do VPL, em todos os valores simulados ele cobre o valor dos custos em ambos os cenários, trazendo lucro ao empreendedor.

5. CONCLUSÕES

O objetivo principal da pesquisa foi identificar a viabilidade econômico do empreendimento, considerando a sensibilidade das variáveis envolvidas no projeto. Com uma melhor compreensão das características do setor envolvido através do plano estratégico, presente no plano de negócios, ficou evidente que as variáveis envolvidas na busca deste

objetivo possuem diversas incertezas sendo dificultoso o processo de determinação de valores delas. Por meio do plano de negócios proposto foi possível obter os dados financeiros necessários para realizar as projeções da simulação Monte Carlo. Inicialmente foram propostas cinco etapas para o plano de negócios da pesquisa, porém ao longo da realização da mesma, notou-se que algumas etapas não seriam fundamentais para o objetivo proposta da pesquisa dessa forma a etapa de análise de mercado não foi concluída.

Foram projetados três cenários para a simulação sendo eles os cenários pessimistas com uma probabilidade de 20%, o cenário provável e o cenário otimista com uma probabilidade de 15%. Foram calculados os indicadores de viabilidade econômica para ambos os cenários. Através dos resultados do VPL e TIR podemos concluir que o projeto é viável, pois ficou evidente que o resultado dos cenários traz ganhos positivos para o investidor com um alto percentual de ganho em função da alta taxa de retorno resultante.

Referências

ALVES, Vanessa Teresinha; ZINI, Daniel Writzil; WERNER, Liane. Simulação de monte carlo aplicada aos custos da cadeia produtiva do leite. **Revista eletrônica gestão & saúde**. vol 6 (supl 2). Abril, 2015. Acesso em 15 de Nov. de 2019. Disponível em <file:///C:/Users/frank/Downloads/SIMULA%C3%87%C3%83O%20DE%20MONTE%20CARLO%20APLICADA%20AOS%20CUSTOS%20DA%20CADEIA%20(1).pdf>

AVILA, Antonio Victorino. **Matemática financeira e engenharia econômica** / Antonio Victorino Avila; Florianópolis. "Programa de Educação Tutorial da Engenharia Civil – UFSC", 2013. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/61290056/eng-economica> Acesso 20 de Nov. de 2019

BRAGA, Roberto. **Fundamentos e técnicas de administração financeira**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

BRAGA, Robson. **Análise De Decisões De Investimento Em Condições De Risco: Um Estudo Na Veracel Celulose S/A**. Salvador, 2006. Orientador: Prof. Dr. Adriano Leal Bruni. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal da Bahia. Escola de Administração, 2006

CARVALHO, Admilson Rodrigues De. **Método Monte Carlo E Suas Aplicações**. Boa Vista, RR 2017.

CARVALHO, Daniel Estima de; SUTTER, Mariana B. ; Polo, EDISON F. ; WRIGHT, James T. Coulter. **Construção de cenários: apreciação de métodos mais utilizados na administração estratégica**. ANPAD, Rio de Janeiro, 2011.

DORNELAS, José. **Plano de negócios seu guia definitivo: o passo a passo para você planejar e criar um negócio de sucesso**. José Dornelas - 1. ed. -São Paulo: Elsevier,2011. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/23311985/plano-de-negocios-seu-guia-definitivo-jose-dornelas> Acesso em 10 de Novembro de 2019

FREZATT, Fábio; BIDO, Diógenes de Souza; CRUZ, Ana Paula Capuano da; BARROSO, Marcelo Francini Girão; MACHADO, Maria José de Camargo. Decisões de Investimento em Ativos de Longo Prazo nas Empresas Brasileiras: Qual a Aderência ao Modelo Teórico?. **RAC**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, art. 1, pp. 1-22, Jan./Fev. 2012

FIGUEIREDO, Júlio César; LIMA, Cibelly Araújo de Azevedo; LIMA, Cibelly Araújo de Azevedo. **Aplicações Computacionais No Ensino De Probabilidade E Estatística Em Engenharia**. Cobrenge, 2014. Disponível em <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/128845.pdf>

FILHO, Nelson Casarotto; KOPPITKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11. ed. - são paulo: Atlas, 2010.

FONSECA, José Wladimir Freitas da. **Administração Financeira e Orçamentária**. José Wladimir Freitas da Fonseca. - Curitiba : IESDE Brasil S.A. , 2009. 328 p

GEM-Brasil 2018. **Global Entrepreneurship Monitor**: Empreendedorismo no Brasil. Relatório Executivo 2008. Curitiba: IBQP, 2018. Disponível em: <<https://datasebrae.com.br/wp-content/uploads/2019/02/Relat%C3%B3rio-Executivo-Brasil-2018-v3-web.pdf>> Acesso em 06 de outubro de 2019.

GONÇALVES, Armando; NEVES, Cesar das; CALÔBA, Guilherme; NAKAGAWA, Marcelo; MOTTA, Regis da Rocha; COSTA, Reinaldo Pacheco da. **Engenharia econômica e finanças**. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. il. - (ABEPRO-CAMPUS)

HOLANDA R., Rodrigo; HOLANDA N. Nobre, Liana; CHAVES N., Fábio; CALIL, José Francisco. Análise de viabilidade financeira de um investimento em uma empresa da indústria salina com simulação de Monte Carlo. **Exacta**, vol. 14, núm. 3, 2016, pp. 511-525 Universidade Nove de Julho São Paulo, Brasil.

HOJI, masakazu. **Administração Financeira e orçamentária**: Matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial / Masakazu Hoji. - 11. ed. - São Paulo: Atlas, 2014.

HORNE, James C. Van. **Fundamentos de administração financeira** / James C. Van Horne; traduzido por José ricardo brandão azevedo. - rio de janeiro: pretice hall do brasil, 1984.

JÚNIOR, Abraão Freires Saraiva ; RODRIGUES, Maxweel Veras ; COSTA, Reinaldo P. da. Simulação de Monte Carlo Aplicada à Decisão de Mix de Produtos. **Produto & Produção**, vol. 11, n. 2, p. 26 - 54, jun. 2010.

JÚNIOR, Abraão F. Saraiva; TABOSA, Cristiane de Mesquita ; COSTA, Reinaldo P. da. Simulação de Monte Carlo aplicada à análise econômica de pedido. **Produção**, v. 21, n. 1, p. 149-164, jan./mar. 2011. doi: 10.1590/S0103-65132011005000016

MONTEIRO, Johnathan Santos; PONTUAL, Fernando. **Uma Análise Acerca Dos Riscos Existentes Em Investimento No Mercado Imobiliário Tendo Como Base Parâmetros De Mensuração Do Modelo Capm E Simulação Monte Carlo. Um Estudo De Caso No Mercado Imobiliário Da Cidade Do Recife**. Edição Especial SETA, 2015

PEREIRA, Janusa Dos Santos. **Contribuição Da Análise De Sensibilidade E Da Simulação De Monte Carlo Na Análise Da Viabilidade Financeira De Projetos**. UFJF , Juiz de Fora, 2010

PEDRAZZI, Diogo Roberto; VIEIRA, Saulo Fabiano Amâncio. O processo de tomada de decisão de investimentos de capital nas micro, pequenas e médias empresas: Um estudo de caso do setor metalúrgico de Londrina-PR. **FACESE EM REVISTA** Ano 1 - Volume 1, N. 1 - 2009 - - ISSN 2177-6636

PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE). **A Guide to the Project Management Book of Knowledge. PMBOK guide**. 6. ed. Newton Square, PA: PMI, 2017

ROCHA, Eduardo G.; SOUZA, Carlos Alberto De; DALFIOR, Vanda A. Oliveira. **Estudo De Viabilidade Econômica Financeira Caso Modelo** - Edificação em São João Del Rei - Minas Gerais. SEGeT, 2016.

RYBA, Andréa. **Elementos de engenharia econômica [livro eletrônico]** / Andréa Ryba, Ervin Kaminski Lenzi, Marcelo Kaminski Lenzi. - Curitiba: InterSaberes, 2012. - (Série Gestão Financeira) Disponível em: https://www.academia.edu/31949500/Elementos_de_engenharia_econ%C3%B4mica acesso em 18 de novembro de 2020

SEBRAE, 2013. **Como elaborar um plano de negócios**. Brasília: Núcleo de Comunicação.

SILVA, Daiane Vieira da. **Fluxo de caixa como ferramenta da gestão financeira para microempresa** / Daiane Vieira da Silva. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA - Assis, 2015. 34 páginas.



CAPÍTULO 4

USO DO MÉTODO DE MONTE CARLO NA ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCO APLICADA A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE RODEIROS FERROVIÁRIOS

USE OF THE MONTE CARLO METHOD IN THE QUANTITATIVE RISK
ANALYSIS APPLIED TO THE MAINTENANCE MANAGEMENT OF
RAILROAD WHEELS

João Vitor Rego Muniz
Wellinton de Assunção

Resumo

Este trabalho parte da problemática de que as paradas para manutenção em empresas de logística ferroviária implicam em custos operacionais e financeiros, evidenciando um gargalo na empresa. Desta forma, a gestão da manutenção torna-se item primordial para o correto funcionamento empresarial, de forma a amenizar as perdas ocasionadas por paradas emergenciais e tornar eficiente o planejamento de paradas preventivas. Neste estudo, utilizou-se o case de uma empresa de logística de minério de ferro instalada no estado do Maranhão, de forma a observar na prática a problemática da gestão inadequada da manutenção e elencar ferramentas de que propiciem um planejamento eficiente por meio de uma análise qualitativa dos riscos. Como instrumento de tratamento dos dados experimentais, utilizou-se a Simulação de Monte Carlo, método largamente utilizado em diferentes áreas de aplicação, que permitiu por meio de dados históricos de paradas emergenciais determinar a viabilidade de redução do número de paradas para manutenção corretiva não planejada.

Palavras chave: Simulação de Monte Carlo, manutenção, rodízios ferroviários.

Abstract

This work is part of the problem that stops for maintenance in railway logistics companies imply operating and financial costs, showing a bottleneck in the company. In this way, a maintenance management becomes an essential item for the correct business operation, in order to mitigate the losses caused by emergency interruptions and make the planning of preventive interruptions efficient. In this study, use the case of an iron ore logistics company installed in the state of Maranhão, in order to observe problematic maintenance practices of maintenance tools and list tools that are suitable for an efficient means of environmental analysis . qualitative assessment of risks. As an instrument for the treatment of experimental data, used in Monte Carlo Simulation, a method widely used with different application sectors, which is permitted through historical data of controlled emergency interruptions and the feasibility of reducing the number of interruptions for unplanned corrective maintenance.

Key-words: Monte Carlo Simulation, maintenance, railroad wheels.



1. INTRODUÇÃO

O processo de automação das indústrias evidenciou um cenário onde as máquinas se tornaram um dos principais recursos produtivos, contudo a manutenção desses equipamentos muitas vezes é tratada de forma isolada, onde a responsabilidade é restrita apenas ao setor de manutenção. Nestes setores é usual a utilização ações corretivas o que leva a consequências como a redução da eficiência do campo produtivo, uma vez que constantes de avarias imobiliza a produção ocasionando perdas na produtividade da empresa (SOUZA, 2008).

Neste cenário de contínuas mudanças, muitos conceitos gerenciais têm evoluído na direção de posicionamentos mais estratégicos. Na gestão da manutenção, novas diretrizes têm sido apontadas com vistas à agregação de valor para o negócio. Nesse sentido, a área de manutenção é apresentada como uma proeminente fonte de competitividade para as empresas (OLIVEIRA; PAIVA; PAIVA, 2019).

Desta forma, diante da necessidade de ferramentas que contribuam no processo produtivo, surge a Simulação de Monte Carlo (SMC), que propicia uma forma de simular um sistema, considerando o comportamento do tipo de variáveis que se pretende analisar, por meio de um modelo de simulação, utilizando distribuições de frequência de eventos discretos. O método possui grande aplicabilidade, como em problemas de tomada de decisão a qual envolva risco e incerteza, ou seja, situações nas quais o comportamento das variáveis envolvidas com o problema não é de natureza determinística (JÚNIOR; TABOSA; COSTA, 2011).

Outra situação recorrente na indústria são as constantes situações onde se deseja minimizar o risco, o que pode ser traduzido em maximizar a probabilidade de sucesso, lucro ou qualquer tipo de ganho. Nesse caso, a análise de riscos é a metodologia aplicada na identificação de riscos em potencial e os seus impactos, permitindo quantificá-los através de modelos matemáticos (DUARTE; DROGUETT, 2012).

Este trabalho tem por objetivo verificar a eficiência do uso da Simulação de Monte Carlo na análise quantitativa de risco aplicada a gestão da manutenção de rodízios ferroviários, visando evidenciar a possibilidade de redução das paradas para manutenção corretiva. Além disto, o trabalho busca:

- Evidenciar a possibilidade de aumento do intervalo de parada do vagão de forma que o rodízio não ultrapasse o limite mínimo de espessura do friso lateral;
- Desenvolver com base na Simulação de Monte Carlo cenários de paradas para manutenção corretiva, preventiva e preditiva;
- Mostrar as diferentes condições de distribuição probabilística e as suas influências na confiabilidade da manutenção.

2. TRANSPORTE FERROVIÁRIO

O transporte ferroviário surgiu na Alemanha próximo dos anos de 1500 com a utilização de vagonetas de minério com rodas de madeira, sobre trilhos também confeccionados em madeira, sendo substituído posteriormente por tiras de metal com o objetivo de aumentar o atrito (RODRIGUES; PINHEIRO, 2014).

No Brasil, o início do desenvolvimento do setor ferroviário data do ano de 1852, quando as primeiras estradas de ferro foram financiadas, como no estado de São Paulo, onde cafeicultores construíram a Estrada de Ferro Jundiaí-Santos, responsável por escoar a produção pela Serra do Mar (CASTRO, 2002). Atualmente o país encontra-se exclusivamente dependente do modal rodoviário, contudo como evidenciado por Eller, Junior e Curi (2011) a rodovia apresenta o custo associado entre implantação, operação e manutenção mais de duas vezes maior que as ferrovias.

3. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A norma portuguesa NP EN13306 de 2007, que trata das Terminologias da manutenção, conceitua manutenção como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida (IPQ, 2007).

Gerônimo, Leite e Oliveira (2017) classifica e explica os três principais tipos de manutenção, sendo estes:

- Corretiva: busca realizar ações imediatas de curto prazo, objetivando a devolução do pleno funcionamento de uma máquina que estar fora de sua operação normal;
- Preventiva: pode ser definida como a primeira etapa de um plano de manutenção programado, determinando as inspeções que devem ser realizadas em períodos já definidos, com o objetivo de evitar manutenções corretivas;
- Preditiva: faz o acompanhamento do desempenho dos equipamentos, através de métodos com análises de dados que são fornecidos nos monitoramentos e inspeções realizados em períodos pré-determinados.

Ao longo dos anos as atividades de manutenção têm passado por grandes alterações, visando a otimização do processo. Isso ocorre, devido à grande diversidade de equipamentos que são utilizados em cada etapa de produção, exigindo a realização de projetos mais complexos e equipamentos autômatos, o que demanda técnicas de manutenção, mais eficientes e eficazes (MORAIS; VIEIRA, 2017).

Dada a necessidade de processos mais ágeis e efetivos, torna-se necessário a aplicação da gestão da manutenção, que busca estabelecer metas e objetivos por meio de normas e procedimentos de trabalho, de modo a obter-se um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis sejam eles pessoais, equipamentos ou materiais (OLIVEIRA, 2017)



4. MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA

Quando se fala de manutenção de trens, deve-se ratificar a importância do processo de manutenção de rodeiros, que devido sua relevância, possui seus métodos padronizados em grande parte das operadoras ferroviárias do mundo. Tal método consiste no monitoramento de aspectos sonoros, vibracionais e sobretudo de a integridade dos frisos do rodeiro (DOMICIANO, 2014). Na Figura 1 pode-se observar um vagão elevado sendo este composto por quatro duplas de rodeiros.

Figura 1 – Rodeiros ferroviários antes da manutenção



Fonte: Autor (2020)

Como citado por DOMICIANO (2014), no que se refere a monitoramento dos frisos finos adota-se a medida de espessura mínima de 21 mm e limite máximo de altura de 35mm, onde valores fora de referências apresentam risco operacional. Na Figura 2 observa-se o friso fino de um rodeiro antes de ir para manutenção.

Figura 2 – Vista superior do friso do rodeiro antes da manutenção



Fonte: Autor (2020)

5. ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCO

O risco é um elemento inerente a toda atividade econômica. As condições de mercado, as mudanças nos ambientes políticos e econômicos, entre outras, podem afetar negativamente o resultado esperado em um investimento ou atividade (AOUN, 2014).

Dada importância, a gestão de riscos em empresas é uma estratégia utilizada para implementar ou aprimorar os controles internos com base na identificação e mensuração dos riscos empresariais, podendo seguir uma abordagem qualitativa e a quantitativa, onde ambas partem do conhecimento da probabilidade de ocorrência de determinado fato e os impactos associados aos eventos de perdas ou falhas. Na abordagem qualitativa, o nível de risco é avaliado a partir da atribuição de critérios de classificação, a frequência e a severidade, enquanto a abordagem quantitativa o risco é avaliado por modelos probabilísticos (PAULO et al., 2007).

Por meio da utilização de uma análise quantitativa de risco, pode-se mostrar que é possível determinar o valor de eventuais garantias oferecidas, o seu impacto na redução de risco do projeto, e ainda o valor esperado dos desembolsos futuros do governo em função das garantias dadas (BRANDÃO; SARAIVA, 2007).

6. MÉTODO DE MONTE CARLO

O método de Monte Carlo (MMC) foi criado no ano de 1946 pelo matemático Stanislaw Ulam, que durante um jogo de cartas tentou calcular as probabilidades de sucesso de uma determinada jogada utilizando a tradicional análise combinatória. O matemático observou que a forma mais prática seria simplesmente realizar inúmeras jogadas e contar quantas vezes cada resultado ocorria (BREITMAN, 2012).

Assim, pode-se conceituar o MMC como a forma de solucionar um problema através de um processo aleatório de maneira que os parâmetros do processo escolhido sejam as variáveis desconhecidas a calcular. Pela determinação dos dados estatísticos do processo aleatório, faz-se a aproximação das variáveis desconhecidas (FILHO, 2006).

Para chegar-se a variáveis desconhecidas parte-se de um Algoritmo Genético (AG). Estes são algoritmos de otimização e busca, fundamentados no princípio da seleção natural de Charles Darwin, onde o AG é selecionado aleatoriamente dentro de um certo número de indivíduos contidos no espaço de busca, no qual tais indivíduos serão avaliados e, com base nesta informação, uma nova população é formada através do uso de operadores probabilísticos de seleção, crossover (recombinação), onde cada componente da codificação será denominado gene (JUNIOR, 2005).

A primeira aplicação do método foi para solucionar o problema da difusão de nêutrons em material sujeito a fissão nuclear. Atualmente possui aplicações em diversas áreas, como em finanças, na modelagem e simulação de um mercado, engenharia, na gestão do portfólio de uma empresa ou na análise de um problema de estoque, na Biologia, usado nas estratégias de otimização e paralelização em infecção pelo HIV. Dentre outras aplicações na Física, Química e Medicina (PAULA et al., 2014).



Atualmente, existem inúmeras aplicações da SMC na área da engenharia como no estudo de Henrique (2015) que estuda a aplicação do método na análise do teste de fadiga em rodeiros agrícolas, comparando resultados simulados estatisticamente e obtidos em software de análise por elementos finitos. Também se destaca o estudo de Oliveira, Paiva e Paiva (2019), que visa estudar a aplicação do método para a previsão de falhas, que compara os resultados simulados estatisticamente e com dados reais da manutenção.

Pamplona e Silva (2005) elenca em seu trabalho vantagens e desvantagens da SMC:

- **Vantagens**

- Apresenta soluções rápidas, que são de grande valia diante do contexto de incertezas em que se inserem grandes empresas;
 - Possui grande flexibilidade, podendo ser aplicada aos mais variados problemas;
 - A simulação permite muitos testes sem que haja comprometimento de recursos;
 - Permite a análise mais detalhada de problemas complexos, levando a um diagnóstico mais eficiente do problema.
- Desvantagens
- A modelagem e a análise da simulação podem ser dispendiosas em termos de tempo;
 - Os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar, pois geralmente as saídas da simulação são variáveis aleatórias;
 - Os resultados da simulação podem ser de difícil implementação;
 - Dificuldade de modelagem;
 - A construção de modelos requer experiência, fato que exige treinamento especial e tempo para o aprendizado e o aperfeiçoamento.

7. METODOLOGIA

Para elaboração da metodologia deste trabalho, adaptou-se a estrutura sugerida por Matias (2006), que será desenvolvida em três etapas, onde a primeira consiste em obter o histórico de dados de medição do friso fino, em seguida realiza-se a simulação de Monte Carlo e por fim faz-se a análise quantitativa do risco. Cada uma das etapas será detalhada a seguir.

Na primeira etapa, obtém-se os dados por meio do sistema Wayside, ferramenta



utilizada pela empresa estudada que realizar medições dinâmicas de diversos parâmetros do rodeiro ferroviário, durante a sua circulação, desta forma, partir das informações coletadas é possível analisar as condições do equipamento para prever possíveis falhas e defeitos que podem ocorrer. Também é utilizado o Sistema Wheelspec, que é um instrumento de medição automático da seção transversal da roda que proporciona medições em alta velocidade (DIAS; LOPES, 2015). Na Figura 3 pode-se observar os dispositivos de medição.

Figura 3 – Sistema de monitoramento de rodeiros



Fonte: Dias e Lopes (2015)

Após identificação do rodeiro fora dos limites de tolerância, a empresa encaminha o vagão para o Centro de Troca de Rodeiros, onde é colocado um rodeiro em bom estado no lugar do que apresenta falha, e o defeituoso é encaminhado para o processo de usinagem, em torno CNC.

Em seguida, com os dados obtidos na primeira etapa, é dado prosseguimento para a segunda etapa onde os dados obtidos serão utilizados na SMC, onde chegou-se a aproximadamente

15.000 medições realizadas em um período de dez dias. Com os dados, cria-se uma função de densidade de probabilidade (PDF), que são modelos probabilísticos construídos dos possíveis resultados e o quão provável é cada um dos resultados, que são representados matematicamente pelo gráfico de uma função não negativa, que no método de Monte Carlo é construída a partir de valores gerados aleatoriamente e que seguem uma determinada distribuição de probabilidades. Neste trabalho, utilizou-se o software Model-Risk para criação valores aleatórios e distribuições probabilísticas. No software, deve-se utilizar dados de Input e Output, além de determinar valores de mínimo, máximo e mais frequentes na distribuição (MATIAS, 2006).

Por fim, tem-se na terceira etapa a análise quantitativa do risco (AQR). Sua aplicação pode ser dividida em três passos, descritos a seguir. Inicialmente determina-se o objetivo, este é o parâmetro que busca descrever o que se deseja ser alcançado, de forma a oferecer garantias que limitam os prejuízos e reduzem o risco do concessionário, assim a

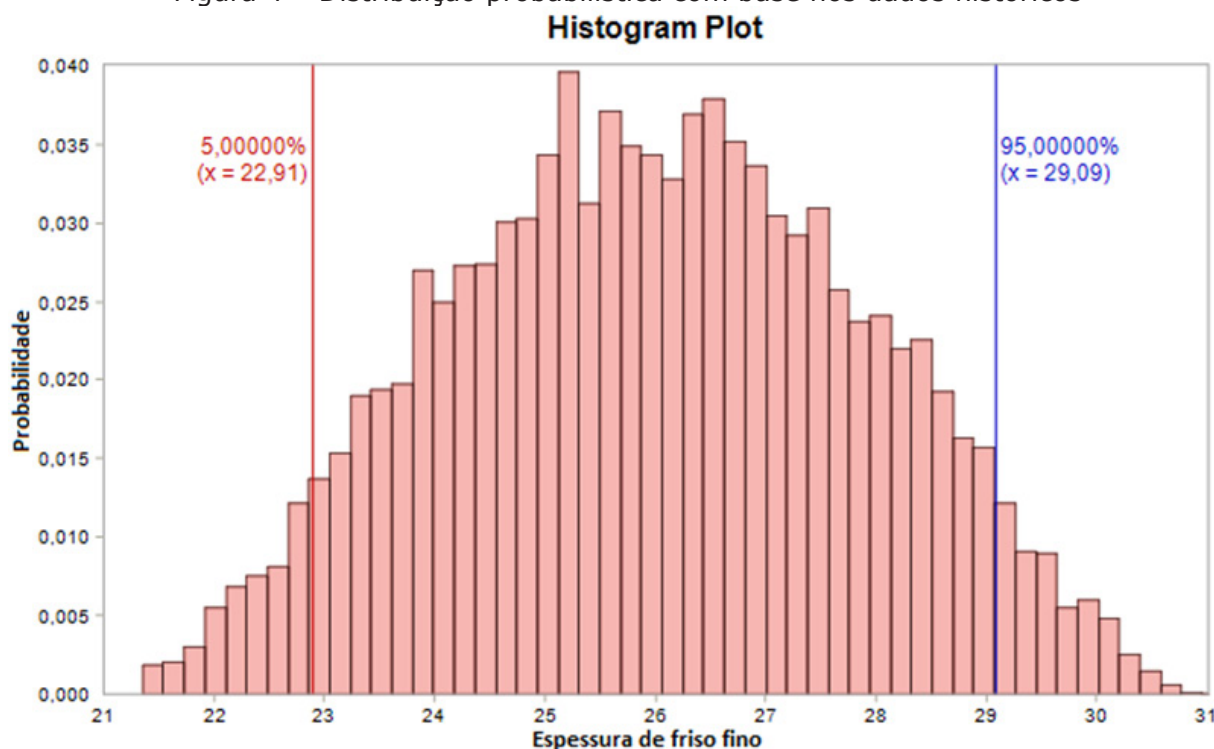
permitir a realização e a continuidade do projeto. Em seguida, identifica-se o risco, desta forma deve-se relacionar os principais riscos que a empresa executora do projeto está sujeita. E por fim, elaborar uma análise do caso com base nos resultados obtidos pela Simulação de Monte Carlo, de forma a aproximar a atividade de seu objetivo. Este último passo parte da análise do padrão de comportamento da manutenção, que por ser uma análise quantitativa parte dos dados históricos (baseline), que são interpretados por meio de um teste de aderência (BRANDÃO; SARAIVA, 2007).

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, obteve-se os dados históricos oriundos das medições experimentais realizadas pelo sistema Wayside.

Posteriormente, elaborou-se uma função de densidade probabilística no software ModelRisk, onde foi melhor representado pelo modelo de distribuição PERT, nele usou-se como Input o valor mínimo e máximo obtido nas medições, respectivamente de 18,6mm e 30,9mm, e como Output o valor médio das medições de 24,75mm. Também se adotou como parâmetros para a distribuição valores conservadores de os limites superior (29mm) e inferior (22mm) de espessura do friso do rodeiro. Foram realizadas 10.000 iterações para obtenção dos valores aleatórios. Na Figura 4, observa-se a distribuição, onde os valores mais prováveis levam a um intervalo de confiança de 6,18mm espessura do friso, entre os limites inferior e superior.

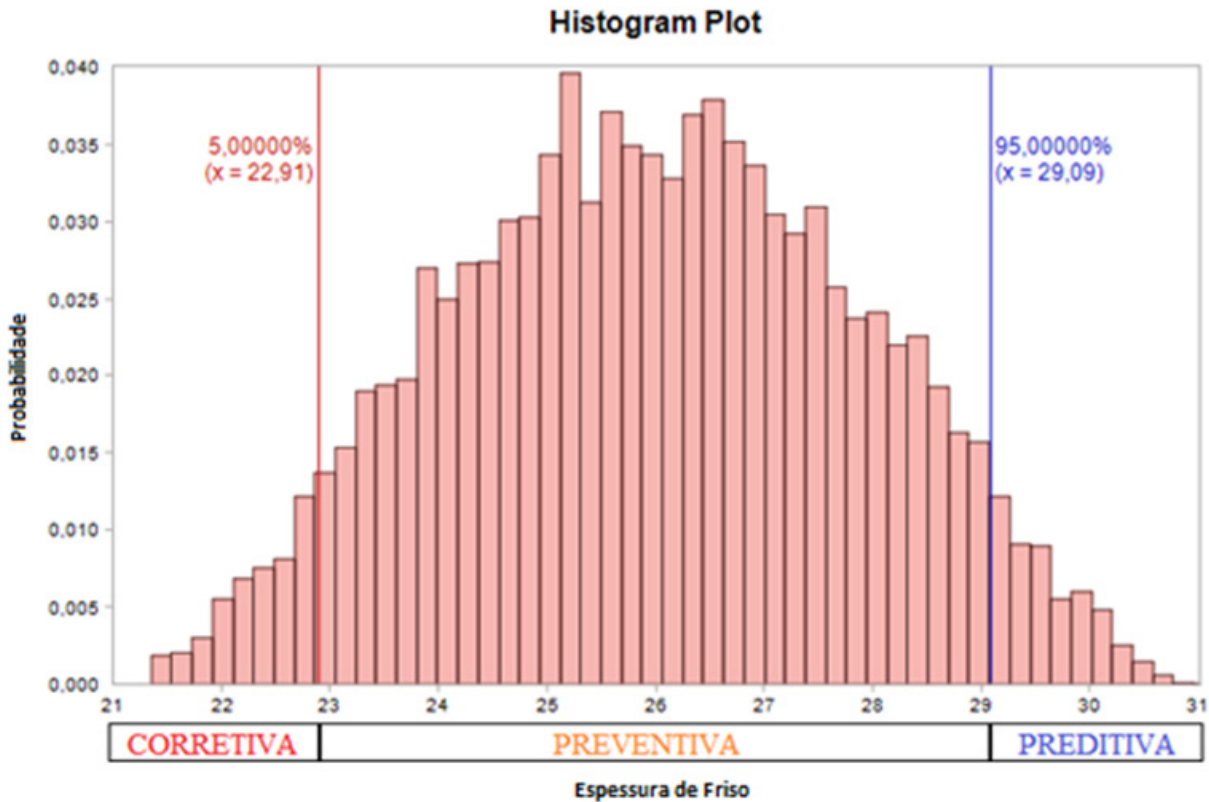
Figura 4 – Distribuição probabilística com base nos dados históricos



Tendo como base a distribuição elaborada inicialmente (Figura 4), pode-se estabelecer cenários de manutenção, onde os dados inferiores a 22,91mm serão classificados como condição de manutenção corretiva, rodeiros entre 22,91 e 29,09 estão sujeitos a

manutenção preventiva e valores superiores a 29,09 serão classificados como manutenção preditiva. Podem-se observar os cenários na Figura 5.

Figura 5 – Cenários de manutenção com base na simulação de Monte Carlo

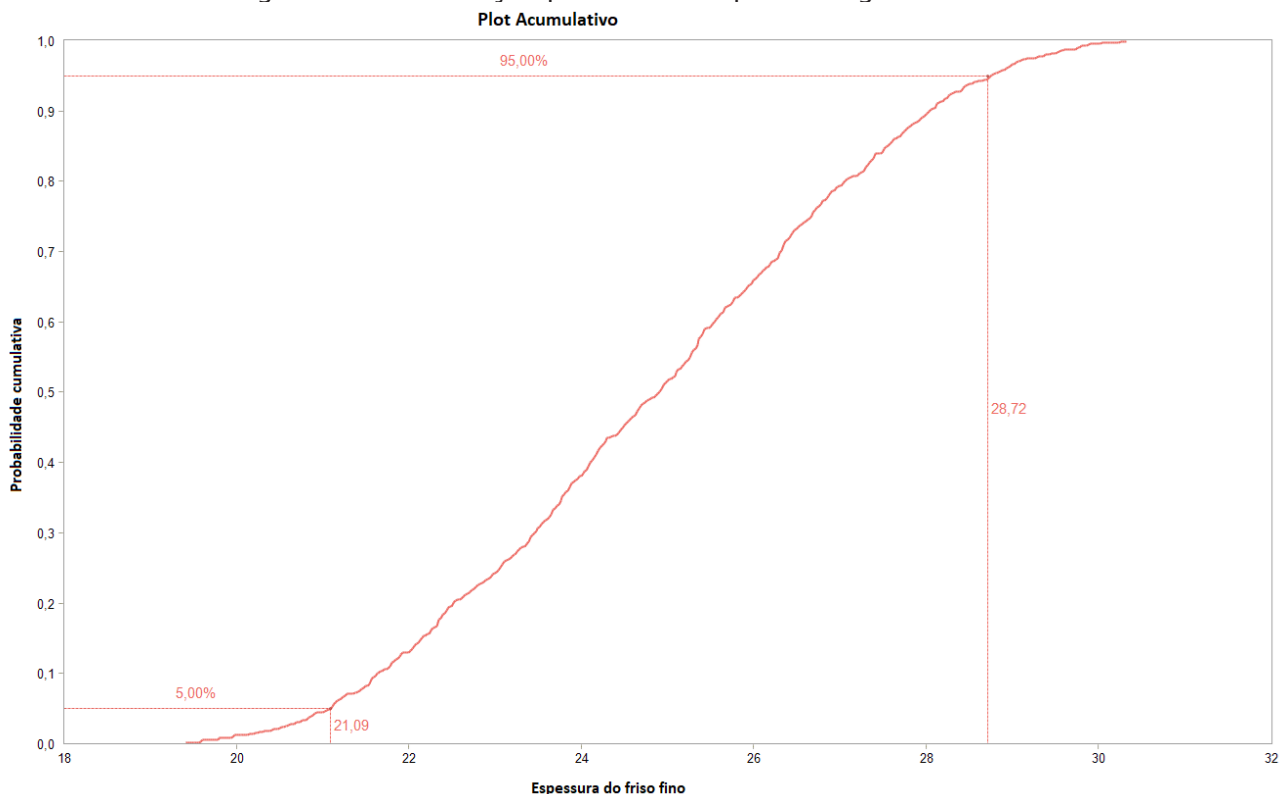


Fonte: Autor (2020)

Em seguida, identifica-se como objetivo deste projeto a redução do número de paradas para manutenção, contudo pode-se associar a isto um aumento no risco de falha dos rodeiros. Desta forma, faz-se a análise de que existe a necessidade de quantificar a probabilidade de falha no rodeiro e consequentemente mensurar os efeitos da falha no processo de manutenção. Para chegar as respostas das análises, pode-se utilizar novamente como ferramenta a simulação de Monte Carlo.

Utilizando a *baseline* da simulação anterior, faz-se uma segunda simulação de Monte Carlo, contudo desta vez dota-se uma estratégia menos conservadora reduzindo o limite inferior para 21,09 e aumentando o limite superior para 28,72, assim consequentemente tem-se uma redução de 18,79% no intervalo de confiança, porém mantém-se a probabilidade de acerto de 95%. Esta mudança no comportamento probabilístico leva ao teste de aderência descrito na Figura 6.

Figura 6 – Distribuição probabilística para o segundo cenário



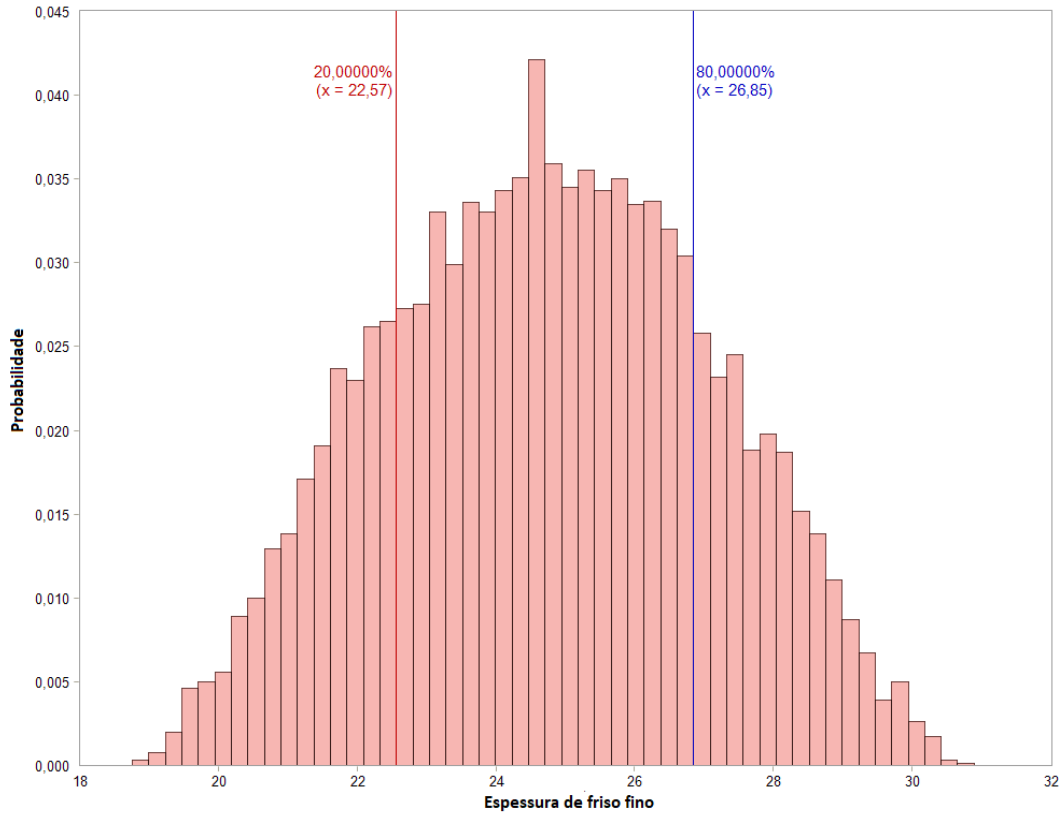
Fonte: Autor (2020)

Neste segundo cenário, com a diminuição no intervalo de confiança tem-se como consequência a redução no número de paradas, mesmo com esta diminuição ainda temos um limite inferior que respeita a restrição de espessura do rodeiro, superior a 21mm.

Por fim, foram realizadas novas simulações onde desta vez alterou-se o percentil da distribuição, de forma a observar a variação do intervalo de confiabilidade da manutenção para cenários mais otimistas ou pessimistas. As novas distribuições são observadas nas Figuras 7 e 8, onde é notório que a medida que se diminui o percentil, é aumentado o limite inferior e reduzido o limite superior de aceitação do rodeiro, o que consequentemente irá ocasionar em mais paradas e aumentará o número de paradas corretivas. Ao comparar as distribuições pode-se inferir que a mais adequada ao problema é o percentil 90%, uma vez que os limites estão mais próximos dos recomendados para a manutenção dos rodeiros.

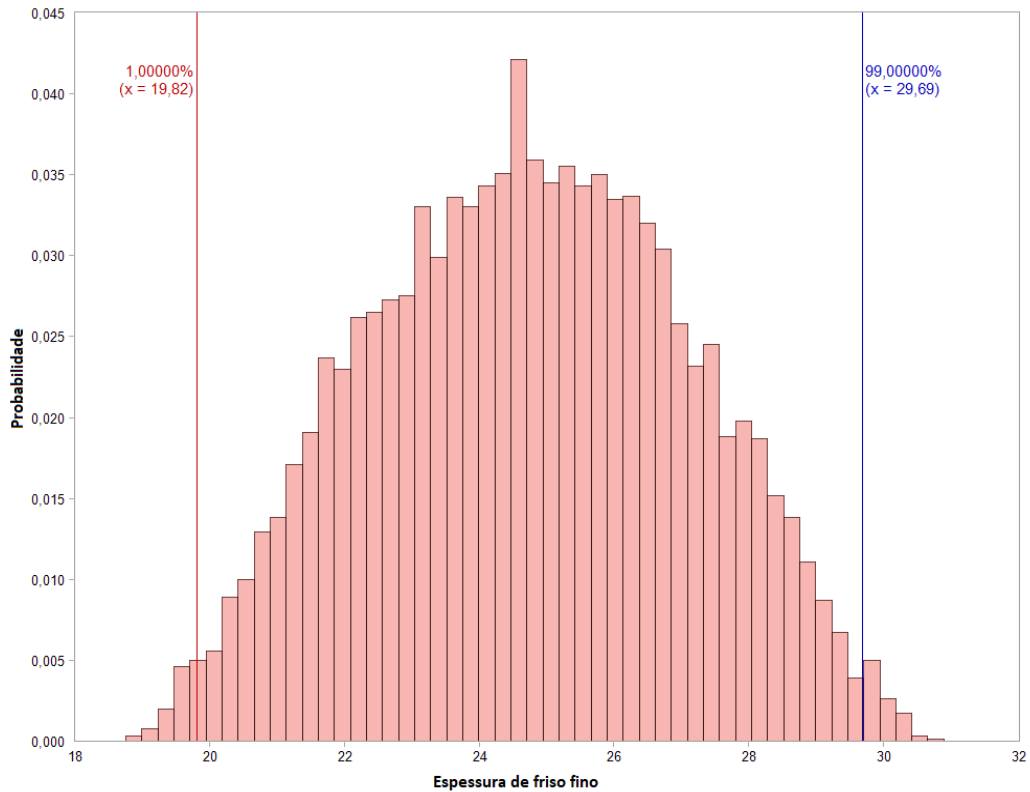
CAPÍTULO 4

Figura 7 – Percentil 80%
Histogram Plot



Fonte: Autor (2020)

Figura 8 – Percentil 99%
Histogram Plot



Fonte: Autor (2020)



9. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela Simulação de Monte Carlo deixam claro que o método se mostrou eficaz como ferramenta de gestão da manutenção e na análise quantitativa de risco. Além disso, o resultado obtido evidenciou a possibilidade de aumentar o intervalo de confiança dos rodeiros, de forma a reduzir as paradas para manutenção, e mantendo a confiabilidade do processo de manutenção alta.

Além disso, destaca-se a identificação dos cenários de manutenção dentro da distribuição probabilística simulada pelo método de Monte Carlo. Ademais, cita-se que ao analisar os percentuais da distribuição PERT, pode-se inferir que a mais adequada foi a de 95%, uma vez que opera no limite inferior e superior da manutenção do rodeiro, aumentando o intervalo de confiabilidade e diminuindo as paradas.

Também é de grande relevância destacar a larga aplicabilidade da Simulação de Monte Carlo, onde sua aplicação mostrou-se de acessível execução em casos de manutenção industrial, além de possuir softwares de livre acesso que realizam os ensaios.

Como proposta para futuros trabalhos, busca-se fazer um estudo comparativo da eficiência do Método de Monte Carlo a outros métodos de simulação probabilística, além disso, evidenciar numericamente a carga horária e o custo economizado com a implementação da simulação.

Referências

- AOUN, S. Análise quantitativa de risco de mercado de milho no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 23–31, 2014.
- BRANDÃO, L. E.; SARAIVA, E. C. Risco privado em infra-estrutura pública: uma análise quantitativa de risco como ferramenta de modelagem de contratos. **Revista de Administração Pública**, SciELO Brasil, v. 41, n. 6, p. 1035–1067, 2007.
- BREITMAN, K. K. **Arcabouço para desenvolvimento de serviços baseados na Simulação de Monte Carlo na Cloud**. Tese (Doutorado) — PUC-Rio, 2012.
- CASTRO, N. d. **Estrutura, desempenho e perspectivas do transporte ferroviário de carga**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2002.
- DIAS, G. A. F.; LOPES, L. A. S. **Reconhecimento de padrões de desgastes de rodas utilizando redes neurais**. Instituto Militar de Engenharia, 2015.
- DOMICIANO, L. C. **Estudo comparativo de políticas de manutenção para rodeiros de locomotivas**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.
- DUARTE, H. de O.; DROGUETT, E. A. L. Análise quantitativa de risco de uma unidade de recuperação de enxofre em uma refinaria de petróleo. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 2, p. 23, 2012.
- ELLER, R. d. A. G.; JUNIOR, W. S.; CURI, M. L. C. Custos do transporte de carga no brasil: rodoviário versus ferroviário. **Journal of Transport Literature**, v. 5, n. 1, p. 50–64, 2011.
- FILHO, O. D. P. X. **Método de monte carlo aplicado a solução da transferência de calor por radiação**. 2006.

- GERÔNIMO, M. da S.; LEITE, B. C. C.; OLIVEIRA, R. D. Gestão da manutenção em equipamentos hospitalares: um estudo de caso. **Exacta**, Universidade Nove de Julho, v. 15, n. 4, p. 167–183, 2017.
- HENRIQUE, J. P. F. **Aplicação da simulação de monte carlo no estudo de testes de fadiga em rodas agrícolas**. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2015.
- IPQ, I. P. d. Q. **Terminologias da manutenção**. Instituto Português da Qualidade, 2007.
- JÚNIOR, A. F. S.; TABOSA, C. d. M.; COSTA, R. P. d. Simulação de monte carlo aplicada à análise econômica de pedido. **Production**, SciELO Brasil, v. 21, n. 1, p. 149–164, 2011.
- JUNIOR, H. V. Otimização de Funções Estocásticas por Algoritmos Genéticos: uma Aplicação Militar Aeronáutica. [S.l.]: **Anais do XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Gramado, RS, 2005.
- MATIAS, R. Análise quantitativa de risco baseada no método de monte carlo: abordagem pmbok. In: **I Congresso Brasileiro de Gerenciamento de Projetos**–Florianópolis. [S.l.: s.n.], 2006. v. 29.
- MORAIS, D. A.; VIEIRA, G. W. S. **Mapeamento de processos na gestão da manutenção: um estudo de caso**. Universidade Federal de Uberlândia, 2017.
- OLIVEIRA, L. G. de; PAIVA, E. J. de; PAIVA, A. P. de. Aplicação do método de monte carlo para a previsão de falhas: uma ferramenta de apoio à gestão da manutenção. Revista **Produção Online**, v. 19, n. 1, p. 72–101, 2019.
- OLIVEIRA, M. A. d. **Sistema de gestão da manutenção baseada no grau de maturidade da organização no âmbito da manutenção**. 2017.
- PAMPLONA, E. O.; SILVA, W. F. D. Contribuição da simulação de monte carlo na projeção de cenários para gestão de custos na área de laticínios. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. [S.l.: s.n.], 2005.
- PAULA, R. R. d. et al. **Método de monte carlo e aplicações**. Volta Redonda, 2014.
- PAULO, W. d. L. D. et al. Riscos e controles internos: uma metodologia de mensuração dos níveis de controle de riscos empresariais. **Revista Contabilidade & Finanças**, SciELO Brasil, v. 18, n. 43, p. 49–60, 2007.
- RODRIGUES, E. G.; PINHEIRO, M. H. L. Estudo de caso de quebra de trens de transporte de minério de ferro na ferrovia estrada de ferro carajás. **Acta Brazilian Science**, CEAMA, v. 1, n. 4, p. 1–61, 2014.
- SOUZA, R. D. **Análise da gestão da manutenção focando a manutenção centrada na confiabilidade: estudo de caso mrs logística**. Juiz de Fora (MG): UFJF, 2008.



CAPÍTULO 5

DICALCOGENIDEOS BIDIMENSIONAIS DO TIPO XY₂ (X=Mo,W; Y=S,Se): PROPRIEDADES OPTOELETRÔNICAS VIA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

TWO-DIMENSIONAL DICALCOGENIDES OF TYPE XY₂ (X=Mo,W;
Y=S,Se): OPTOELECTRONIC PROPERTIES FROM COMPUTATIONAL
SIMULATION

Liana de Oliveira Araújo

André Luís Rodrigues Mathias

Nilton Ferreira Frazão

Fernando Marques de Oliveira Moucherek

David Lima Azevedo

Edvan Moreira

Resumo

Os nanomateriais dicalcogenetos de metal de transição ou TMDs constituem uma classe de materiais com estequiometria do tipo XY_2 , sendo X um metal de transição e Y um calcogênio, caracterizados por ligações covalentes entre os elementos X e Y apresentando polarização causada pela transferência eletrônica entre os átomos metálicos e calcogênicos. Esses materiais apresentam diversidade de morfologia, desde materiais tridimensionais até materiais unidimensionais, porém, na forma de camadas bidimensionais exibem uma variedade de comportamentos, fazendo-os candidatos a várias aplicações industriais. Realizamos, neste estudo, a modelagem computacional e análise de propriedades estruturais, eletrônicas e ópticas via formalismo DFT (*Density Functional Theory*) das nanoestruturas MoS_2 , WS_2 , $MoSe_2$ e WSe_2 , considerando as aproximações: Aproximação da Densidade Local (LDA) e Aproximação do Gradiente Generalizado (GGA) a partir das estruturas otimizadas com a mínima energia. Os parâmetros estruturais calculados se aproximam dos dados experimentais e teóricos em literatura, e ainda, *bandgap* de energia caracterizando-os como semicondutores. Estimou-se as densidades de estado total (DOS) e parcial (PDOS), indicando as contribuições dos orbitais atômicos, absorção óptica e refletividade ao longo dos planos de polarização da luz incidente apresentando possíveis aplicações como sensores nas faixas de ultravioleta e visível.

Palavras-chave: Nanoestruturas XY_2 . Modelagem Computacional. DFT.

Abstract

The transition metal dichalcogenide nanomaterials or TMDs are a class of materials with stoichiometric of XY_2 type, X being a transition metal and Y a chalcogen, characterized by covalent bonds between the X and Y elements presenting polarization caused by the electronic transfer between the metallic and chalcogen atoms. These materials present a diversity morphology, from three-dimensional to one-dimensional materials, but in the form of two-dimensional layers they exhibit a variety of behaviors, making them candidates for various industrial applications. We performed, in this study, the computational modeling and analysis of structural, electronic and optical properties from DFT (*Density Functional Theory*) formalism of MoS_2 , WS_2 , $MoSe_2$ and WSe_2 nanostructures, considering the approximations: Local Density Approximation (LDA) and the Generalized Gradient Approximation (GGA) from the optimized structures with the minimum energy. The calculated structural parameters approximate experimental and theoretical data in literature, and also energy bandgap characterizing them as semiconductors. The total (DOS) and partial (PDOS) state densities were estimated, indicating the contributions of the atomic orbitals, optical absorptions and reflectivity along the polarization planes of the incident light, presenting possible applications as sensors in the ultraviolet and visible ranges.

Keywords: XY_2 nanostructures. Computational modeling. DFT.



1. INTRODUÇÃO

Os dicalcogenetos de metal de transição, do inglês *transitions-metal dichalcogenides* (TMD), apresentam características de semicondutores com um *bandgap* mediano que pode ser aplicado como dispositivo eletroeletrônico, seguindo as propostas teóricas e experimentais relacionadas às propriedades eletrônicas do grafeno. Estes nanomateriais em questão estão sendo estudados e aplicados nas últimas décadas em processos de catalise e lubrificantes [1-4].

Um TMD é um material com estrutura estequiométrica do tipo XY_2 , com o X representando um metal de transição entre as famílias IV e VI da Tabela Periódica e o Y representando um elemento químico calcogênico. Suas características incluem as ligações covalentes, entre os elementos químicos representados por X (exemplo: Mo, Ti, Nb) e Y (exemplo: S, Se, Te), incluem polarizações causadas pela transferência eletrônica entre os átomos metálicos e calcogênicos [5,6]. Esses tipos de materiais apresentam alta flexibilidade que, vinculados à substratos de polímeros elásticos, possibilitam a fabricação de dispositivos eletrônicos flexíveis [7-12].

Apesar das várias formas polimórficas há uma quantidade significativa de resultados acerca da fase 2H-MoS₂, introduzida por Linus Pauling durante seu doutorado no Instituto de Tecnologia da Califórnia (*Caltech*) [13], constatando que na natureza essa fase se apresenta como um mineral molibdenita, geralmente associada à rochas submetidas a processos hidrotermais sob altas temperaturas [14]. Nessa fase, observam-se propriedades de fotoluminescência devido às transições de seu estado semicondutor de *bandgap* indireto de 1,2 eV para um comportamento semicondutor de *bandgap* direto de 1,8 eV após um processo experimental de esfoliação [2,3]. Alguns estudos indicam a fabricação de transistores em escala manométrica dotado de espessura inferior a 0,6 nm e rendimentos com cerca de 100.000 vezes superior no estado *stand by* comparados aos dispositivos à base de Silício, conforme apresentado por BERTOLAZZI *et al.* [7]. Na mesma linha de aplicações, existem pesquisas que apontam para combinações de nanoestruturas bidimensionais (monocamadas) de 2H-MoS₂ e grafeno, que é um material condutor, permitindo a fabricação de memórias *flash* utilizadas em *pen-drives* e discos rígidos externos, vislumbrando também aplicações em dispositivos spintrônicos [11,12] por conta das transições de fases diamagnéticas (modo *Bulk*) para ferromagnéticas (nanofitas) sob condições normais de temperatura.

Assim, realizando via modelagem molecular devido suas similaridades estruturais, calculou-se por meio de simulação computacional, as propriedades estruturais, eletrônicas e ópticas das nanoestruturas bidimensionais de MoS₂, WS₂, MoSe₂ e WSe₂, utilizando um formalismo de cálculo bem difundido e aceito na comunidade científica mundial, o formalismo da Teoria do Funcional da Densidade (*Density Functional Theory* –DFT), selecionando as duas aproximações: Aproximação da Densidade Local (LDA) e Aproximação do Gradiente Generalizado (GGA), este último com correção de van der Waals (TS) a partir das estruturas relaxadas em seus estados fundamentais de energia, que permitirão a comparação com alguns resultados da literatura.

2. METODOLOGIA

As coordenadas e posições atômicas (parâmetros de rede) para as células primitivas de MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 , modeladas de maneira similar, conforme as Figura 1, foram obtidos através de estudos experimentais em bases de dados. Para a célula de MoS_2 obtivemos os parâmetros de SCHÖNFELD *et al.* [14], WS_2 e WSe_2 do estudo de SCHUTTE *et al.* [15] e MoSe_2 de JAMES e LAVIK [16].

Os cálculos para as nanoestruturas via simulação computacional foram realizados com base no formalismo DFT, que está implementado no *software* CASTEP [17]. Os funcionais de troca e correlação adotados foram: a aproximação da densidade local – LDA e a aproximação do gradiente generalizado – GGA, seguindo as parametrizações recomendadas na literatura [18,19]. Nestes últimos trabalhos citados (referências [18,19]), emprega-se uma série de critérios de convergência, nos quais seguimos rigorosamente, com o intuito de minimizar as células estudadas, ou seja, buscou-se promover a interação entre os átomos para atingirem os seus respectivos estados fundamentais de menor energia. Dessa forma, a partir da célula em seu estado fundamental, empregou-se uma energia de corte de 600 eV para efetuar os seguintes cálculos: otimização de geometria (parâmetros no estado fundamental), estruturas de bandas de Kohn-Sham, densidades de estados, total e parcial com as contribuições por átomo e por orbitais atômicos, absorção óptica e refletividade em algumas direções cristalográficas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Otimização da Geometria

A princípio foi realizada a análise das propriedades estruturais dos dissulfetos e disselenetos de Molibdênio e Tungstênio: MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 , executando os cálculos de otimização de geometria da estrutura, conforme apresentados na Tabela 1. Assim, obtêm-se valores dos parâmetros de rede que demonstram se existiram ou não diminuição da célula primitiva dos nanomateriais, dependendo da aproximação utilizada, sendo que a representação da célula primitiva está descrita na Figura 1(b). A importância desse cálculo de otimização de geometria, levando as células para seus respectivos estados fundamentais, justifica-se em saber se as células primitivas diferenciam-se umas das outras pela relação entre seus parâmetros de rede, sendo que os seis parâmetros de rede definem a célula da seguinte forma: a , b e c indicam os comprimentos dos três eixos (em Å), enquanto α , β e γ são os três ângulos existentes nos vértices da célula (em $^\circ$). Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros de rede calculados e os parâmetros obtidos por meio de outras metodologias. Na Figura 1, representamos os átomos de Tungstênio (W) ou Molibdênio (Mo) pela cor azul e os átomos de Enxofre (S) ou Selênio (Se) pela cor amarelo. Na Figura 1(a) replica-se a célula nas direções dos parâmetros a e b para constatar a formação de uma monocamada de espessura igual ao parâmetro c . A Figura 1(b) mostra a vista lateral com a célula primitiva replicada na direção do parâmetro c , em que se verifica a distância de 20 Å recomendada na literatura para a formação de monocamadas [20]. A Figura 1(c) mostra a primeira zona de Brillouin no espaço recíproco para essas nanoestruturas bidimensionais do tipo XY_2 ($X=\text{Mo,W}$; $Y=\text{S,Se}$): MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 , com objetivo de verificar os pontos de alta simetria e suas respectivas bandas de energia

(próxima seção).

Os parâmetros de rede (a , b e c) para a aproximação LDA-CAPZ e para a aproximação GGA-PBE-TS, como também os valores dos ângulos ($\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$ e $\gamma = 120^\circ$) e distâncias atômicas das estruturas, estão descritos na Tabela 1 e podem ser comparadas com dados de outros estudos, sejam teóricos ou experimentais. Nessa Tabela pode-se perceber a uma pequena diferença entre os resultados obtidos utilizando a aproximação LDA-CAPZ e a aproximação GGA-PBE, mas em alguns casos, observa-se a precisão do cálculo, validando o método adotado para esse estudo. Os valores dos parâmetros de rede geralmente diminuem quando se emprega a aproximação LDA-CAPZ, e aumentam um pouco quando se utiliza a aproximação GGA-PBE, mas ainda, em alguns casos, os resultados são precisos para distâncias interatômicas, como destacado na Tabela 1. A tendência dos resultados é que a aproximação GGA-PBE-TS os valores estão bem mais próximos dos valores experimentais e de outros resultados da literatura (Tabela 1). Entretanto, não se podem desqualificar os dados obtidos na aproximação LDA-CAPZ que também estão numa margem aceitável [18,19]. Os valores dos ângulos α , β e γ permaneceram os mesmos após a otimização da geometria.

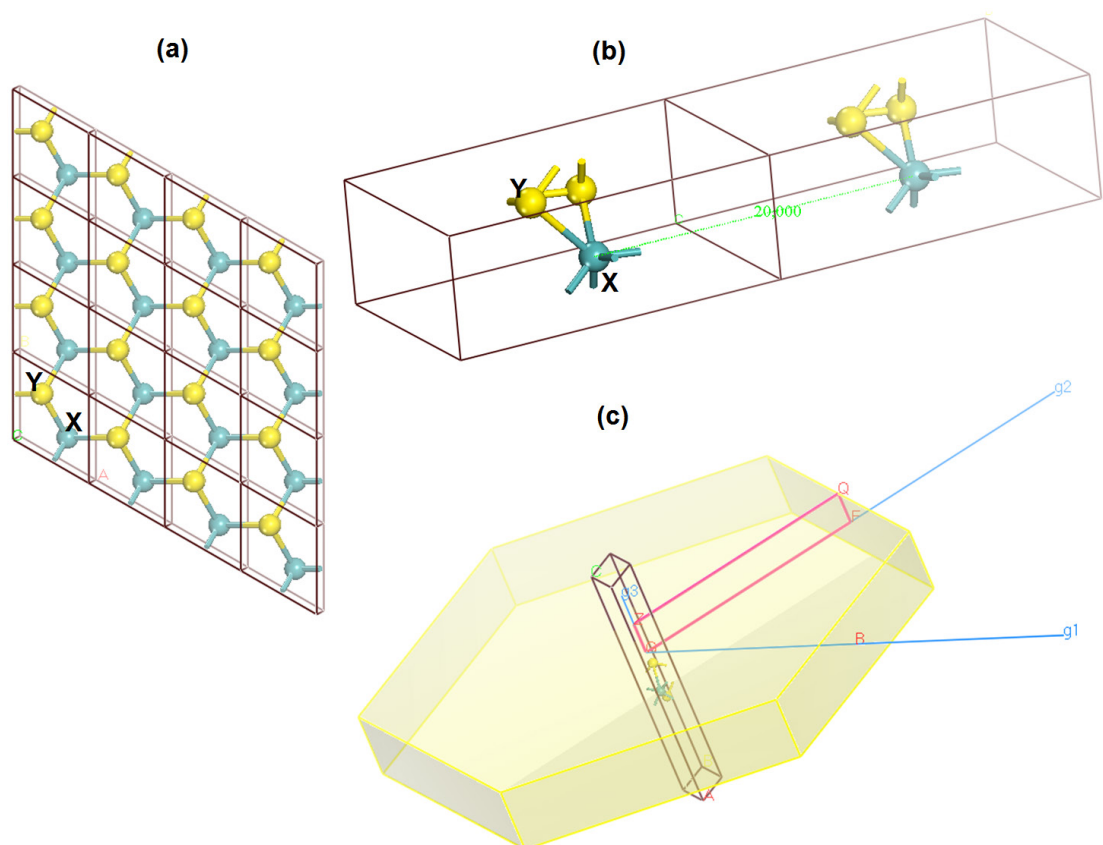


Figura 1: Célula primitiva das nanoestruturas do tipo XY_2 ($X=Mo,W$; $Y=S,Se$): MoS_2 , WS_2 , $MoSe_2$ e WSe_2 . (a) célula replicada nas direções dos parâmetros a e b ; (b) célula replicada na direção do parâmetro c ; (c) visualização da zona de Brillouin da célula primitiva 2-D.

Fonte: Autoria própria (2021).

Parâmetros	MoS_2	WS_2	$MoSe_2$	WSe_2
$a=b$ [Å] LDA-CAPZ	3.1211	3.1217	3.2409	3.2397
$a=b$ [Å] GGA-PBE-TS	3.1873	3.1609	3.3011	3.2797

$d(Y-Y)$ [Å] LDA-CAPZ	3.104	3.114	3.307	3.320
$d(Y-X)$ [Å] LDA-CAPZ	2.378	2.382	2.497	2.501
$d(Y-Y)$ [Å] GGA-PBE-TS	3.169	3.144	3.304	3.323
$d(Y-X)$ [Å] GGA-PBE-TS	2.428	2.409	2.534	2.519
$\alpha = \beta$	90	90	90	90
γ	120	120	120	120
$a=b$ [Å] Exp.	3.1604 [21]	3.154 [21,22]	3.288 [21]	3.286 [21]
	3.14 [23]	3.1532 [15]	3.299 [23]	3.282 [23]
	3.1602 [24]	-	3.289 [24]	3.282 [15]
	3.1475 [25]	-	3.290 [26]	-
$d(Y-Y)$ [Å] (Exp.)	3.17 [24]	3.14 [15]	3.335 [24]	3.34 [15]
$a=b$ [Å] GGA-PBE [20]	3.1854	3.18	3.319	3.316
$d(Y-Y)$ [Å] [20]	3.1246	3.1529	3.4371	3.471
$a=b$ [Å] LDA [27]	3.13	3.13	3.25	3.25
$a=b$ [Å] PBE [27]	3.19	3.19	3.33	3.32
$d(Y-Y)$ [Å] LDA [27]	3.12	3.13	3.32	3.34
$d(Y-Y)$ [Å] PBE [27]	3.13	3.14	3.35	3.36
$d(Y-X)$ [Å] LDA [27]	2.39	2.39	2.51	2.51
$d(Y-X)$ [Å] PBE [27]	2.42	2.42	2.55	2.55

Tabela 1 – Parâmetros de rede (a , b e c) e distâncias interatômicas em Å, e os ângulos (α , β e γ) em graus das estruturas do tipo XY_2 , comparados entre os valores experimentais e teóricos.
Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Estruturas de Banda e Densidades de Estados Totais (DOS)

As Figuras 2 e 3 mostram, em comparações, as estruturas de bandas eletrônicas das nanoestruturas do tipo XY_2 ($X=Mo,W$; $Y=S,Se$): MoS_2 , WS_2 , $MoSe_2$ e WSe_2 em conjunto com as densidades de estados totais (DOS), ao lado direito das figuras, obtidas através das aproximações LDA-CAPZ (Figura 2) e GGA-PBE-TS, com as correções de interações atômicas do tipo van der Waals entre os níveis de energia de -5 eV a 7 eV, região próxima ao nível de Fermi. Demarca-se uma linha tracejada em 0,0 eV ao centro das Figuras 2 e 3, referente ao maior nível de energia nas bandas de valência (nível de Fermi). Pode-se perceber diante disso que a estrutura apresentou *bandgap* indireto (valores na Tabela 2), com limite superior de energia na banda de valência no ponto de alta simetria Γ e limite

inferior de energia na banda de condução entre os pontos Γ e F, e simetricamente entre Q e Γ . As densidades de estados levam em consideração as contribuições totais dos orbitais (s , p e d) de cada átomo das nanoestruturas, onde se percebe (Figuras 2 e 3) as densidades referentes às bandas de valência, abaixo e acima do nível de Fermi (0,0 eV), e ainda, na faixa de *bandgap*, há densidades nulas.

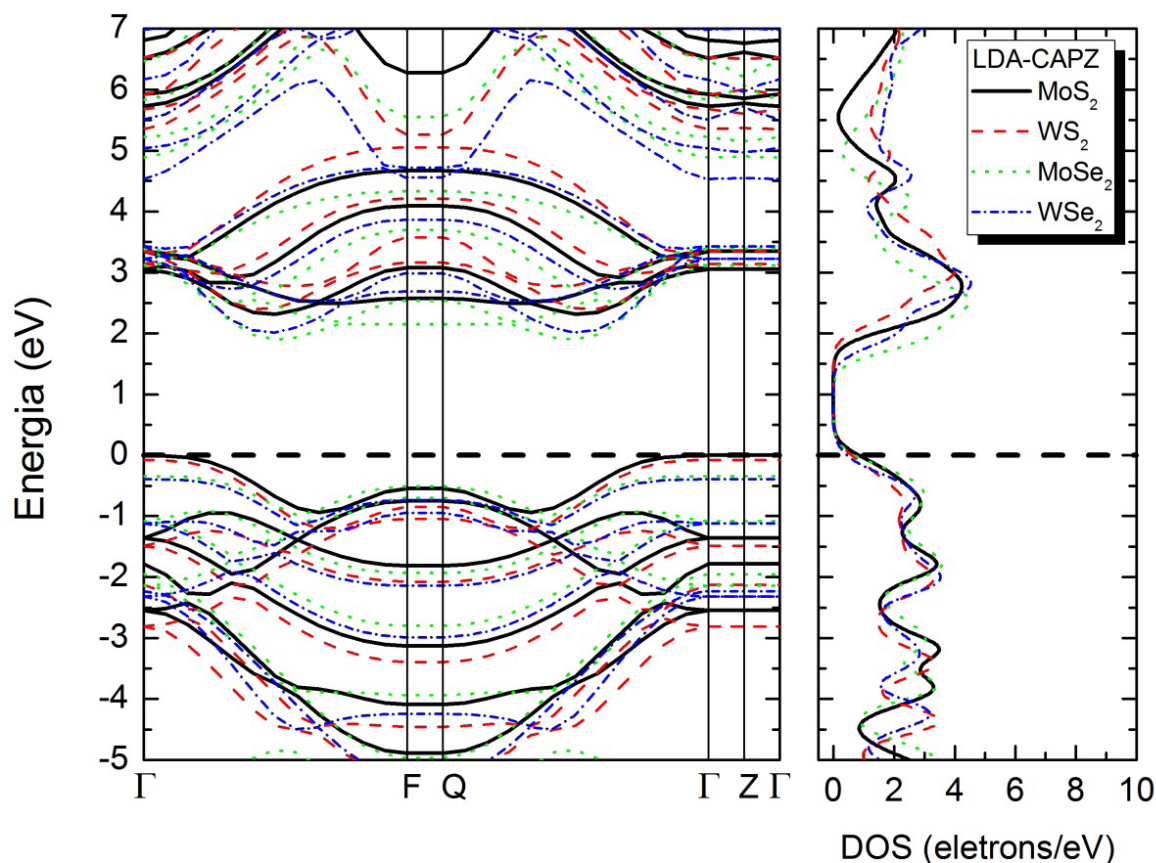


Figura 2: Estruturas de bandas das estruturas do tipo XY_2 utilizando o funcional LDA. Linha sólida em preto refere-se às bandas de energia e DOS do MoS_2 , a linha vermelha tracejada para o WS_2 , a linha pontilhada em verde para o $MoSe_2$ e, a linha azul pontilho-tracejado para o WSe_2 .

Fonte: Autoria própria (2021).

Utilizando a aproximação GGA-PBE-TS, obtivemos as estruturas de bandas eletrônicas das nanoestruturas MoS_2 , WS_2 , $MoSe_2$ e WSe_2 descritas na Figura 3, em conjunto com suas respectivas densidades de estados totais (DOS). Observando um pouco acima do nível de Fermi, é possível perceber que as estruturas apresentam *bandgap* indireto, sendo que: $MoSe_2 < MoS_2 < WSe_2 < WS_2$ (LDA e GGA), com a seguinte sequência de valores, respectivamente: 2,15; 2,24; 2,41 e 2,48 eV (GGA), e ainda, 2,24; 2,31; 2,40 e 2,47 eV (LDA), conforme apresentado na Tabela 2. Abaixo de cada valor, na Tabela 2, compara-se em termos percentuais a diferença com os valores experimentais indicados na literatura [28-32], se os valores foram superestimados indica-se pelo sinal +, e se os valores foram subestimados representa-se com o sinal -, ou seja, alguns valores obtidos foram superestimados ou subestimados em relação aos valores de *bandgap* experimentais. Para as células de MoS_2 e WSe_2 , utilizando ambas as aproximações, os valores foram subestimados em relação aos valores experimentais, enquanto que para a estrutura de WS_2 , os valores foram superestimados. A estrutura de $MoSe_2$ teve seu *bandgap* superestimado em 0,89% na aproximação LDA, e subestimado em 1,3% para a aproximação GGA. Contudo, em to-

dos os resultados, constata-se que essas nanoestruturas são semicondutoras, conforme apresentado na literatura.

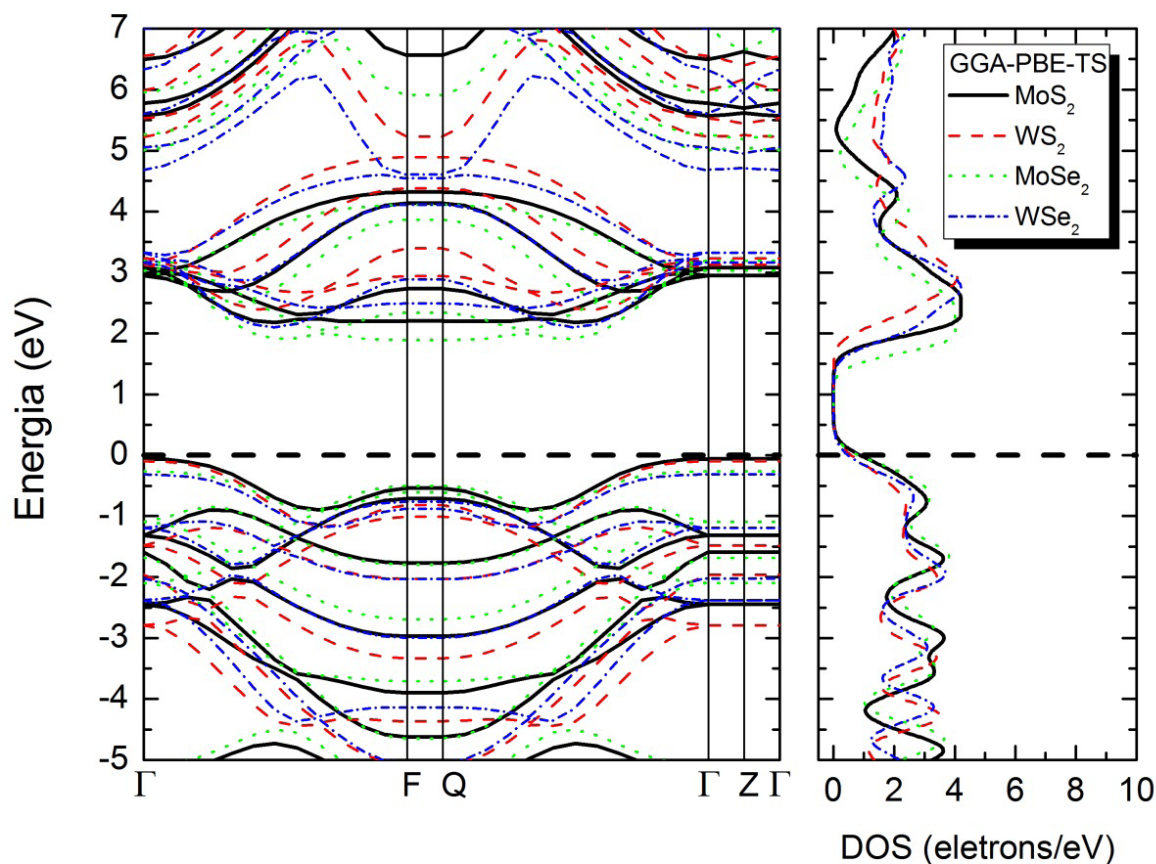


Figura 3: Estruturas de bandas das estruturas do tipo XY_2 utilizando o funcional GGA. Linha sólida em preto refere-se às bandas de energia e DOS do MoS_2 , a linha vermelha tracejada para o WS_2 , a linha pontilhada em verde para o $MoSe_2$ e, a linha azul pontilhado-tracejado para o WSe_2 .

Fonte: Autoria própria (2021).

Bandgap	MoS_2	WS_2	$MoSe_2$	WSe_2
E_g [eV] LDA-CAPZ	2,31 (-7,6%)	2,47 (+13,3%)	2,24 (+0,89%)	2,40 (-4,0%)
E_g [eV] GGA-PBE-TS	2,24 (-10,4%)	2,48 (+13,7%)	2,15 (-1,3%)	2,41 (-3,6%)
E_g [eV] Exp.	2,5 [28]	2,14 [29]	2,18 [30]; 2,22 [31]	2,51±0,04 [32]

Tabela 2 – Valores teóricos dos *bandgap* de energia para cada estrutura e seus respectivos valores experimentais.

Fonte: Autoria própria (2021).

3.3 Densidades de Estados Parciais (PDOS)

A densidade de estado total – DOS, apresentada na seção anterior, diz respeito à contribuição total dos orbitais atômicos da estrutura, enquanto a densidade de estado parcial – PDOS, por sua vez, permite a verificação da contribuição de cada orbital atômico. As Figuras 4 e 5 apresentam as PDOS das estruturas MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 calculadas através das aproximações LDA e GGA. Para a estrutura de MoS_2 , os orbitais atômicos são: $\text{Mo-}4s^2$, $4p^6$, $4d^5$, $5s^1$ e $\text{S-}3s^2$, $3p^4$, onde abaixo do nível de Fermi, as principais contribuições nas bandas de energia são relativas aos orbitais $\text{S-}p^4$ e $\text{Mo-}d^5$, sendo que acima do nível de Fermi percebe-se maior intensidade referente ao orbital $\text{Mo-}d^5$, com comportamentos semelhantes para cada estrutura, independente das duas aproximações utilizadas (LDA ou GGA). Orbitais atômicos do WS_2 : $\text{W-}5d^4$, $6s^2$ e $\text{S-}3s^2$, $3p^4$. Para a estrutura MoSe_2 temos: $\text{Mo-}4s^2$, $4p^6$, $4d^5$, $5s^1$, e $\text{Se-}4s^2$, $4p^4$. Por fim, para a estrutura WSe_2 : $\text{W-}5s^2$, $5p^6$, $5d^4$, $6s^2$, e $\text{Se-}4s^2$, $4p^4$. Assim, para cada estrutura do tipo XY_2 pode-se verificar os orbitais atômicos que mais contribuem para que se tenha uma lacuna (*bandgap*) entre as bandas de valência e condução, caracterizando cada um desses materiais como materiais semicondutores.

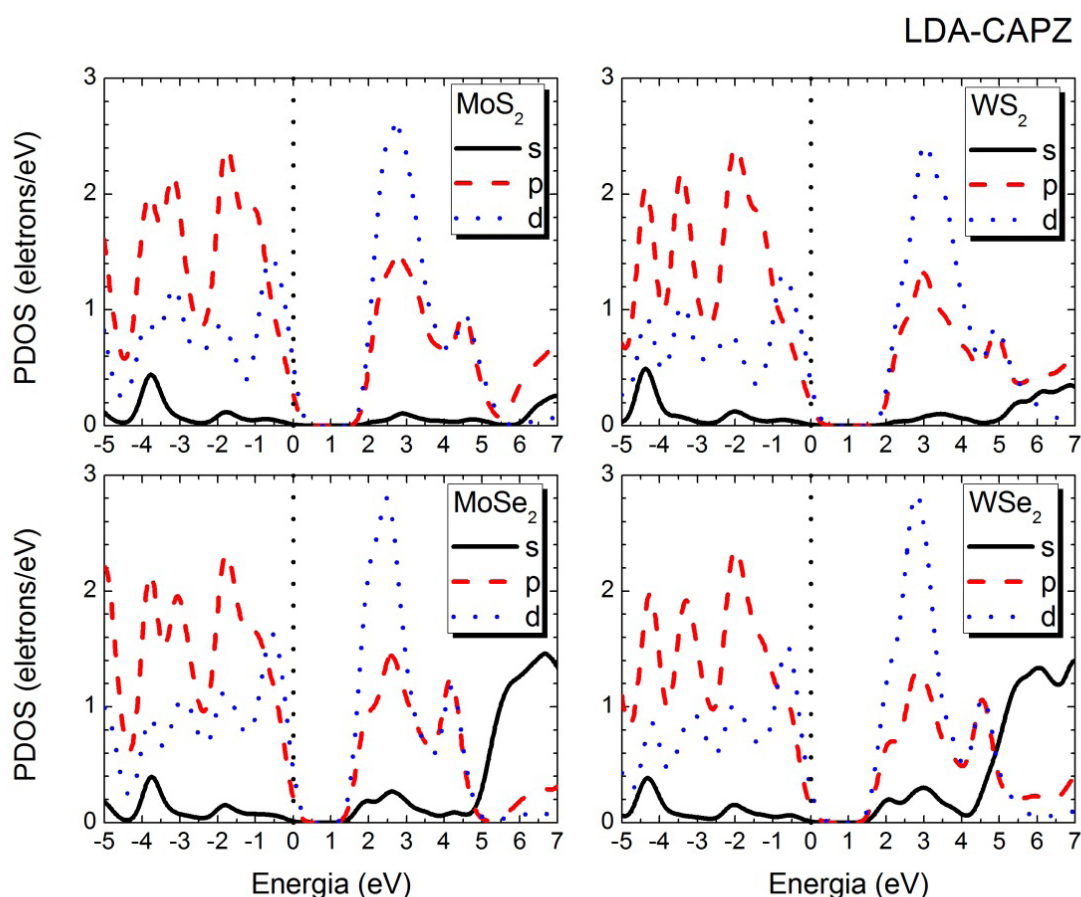


Figura 4: Densidades de Estados Parciais (PDOS) das estruturas do tipo XY_2 utilizando a aproximação LDA. Linha sólida em preto designa o PDOS dos orbitais s , linha tracejada em vermelho os orbitais p , e as linhas pontilhadas em azul estão associadas aos orbitais d dos átomos.

Fonte: Autoria própria (2021).

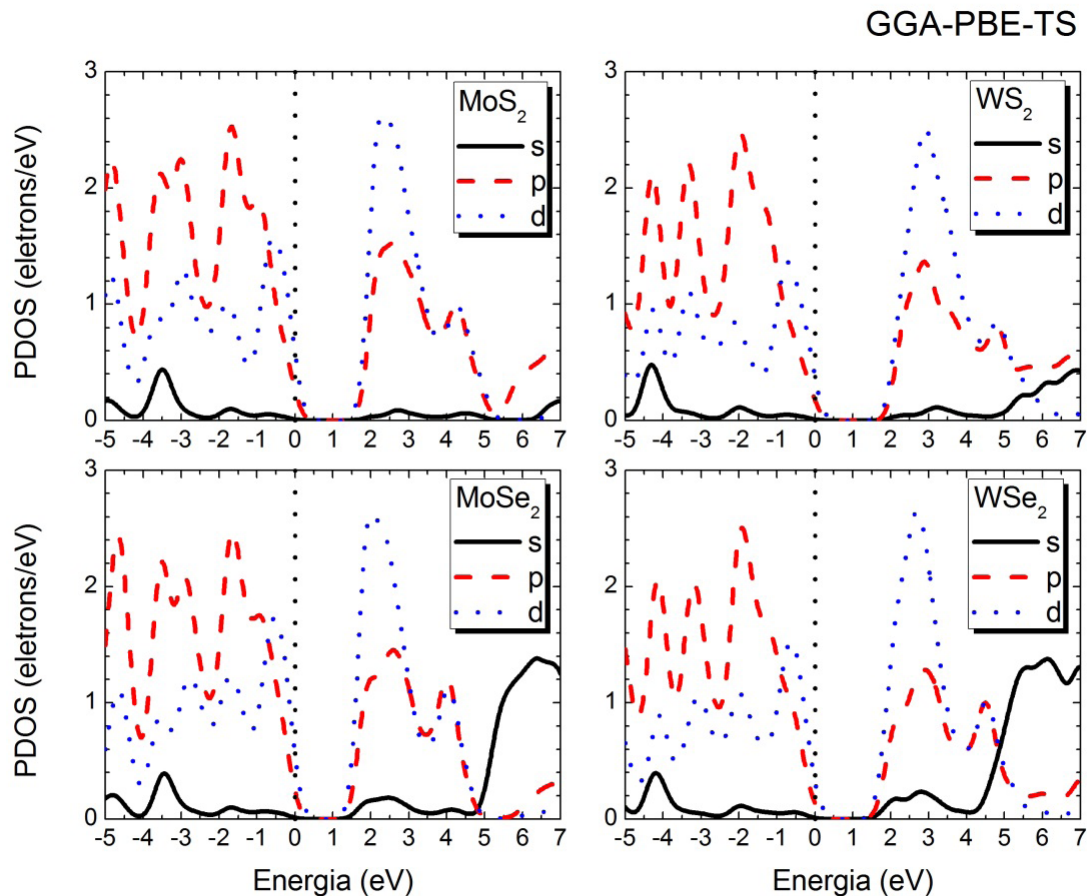


Figura 5: Densidades de Estados Parciais (PDOS) estruturas do tipo XY_2 utilizando a aproximação GGA. Linha sólida em preto designa o PDOS dos orbitais s , linha tracejada em vermelho os orbitais p , e as linhas pontilhadas em azul estão associadas aos orbitais d dos átomos.

Fonte: Autoria própria (2021).

3.4 Propriedades Ópticas

3.4.1 Absorção Óptica

Apresentam-se as curvas de absorção óptica visando investigar a radiação absorvida no processo de absorção óptica em função de comprimento de onda (nm), conforme os espectros das Figuras 6 e 7, para as nanoestruturas de MoS_2 , WS_2 , $MoSe_2$ e WSe_2 calculadas através das aproximações LDA e GGA. A absorção de radiação por átomos e moléculas deve estar relacionada com a frequência da radiação ou o seu comprimento de onda ($E = h\nu$), sendo h a constante de Planck, pois as transições relacionadas à absorção de radiação dizem respeito às excitações eletrônicas, ou seja, os átomos e moléculas absorvem energia na forma de radiação e os seus respectivos elétrons são excitados para estados mais altos de energia. As excitações eletrônicas estão abrangendo as regiões de ultravioleta (UV), de 0 a 400nm e do espectro visível (Vis) de 400 a 700 nm. Considerando ambas as aproximações, ocorrem absorções em todo o espectro na região de UV com maiores intensidades nas direções cristalinas $[101]$ e $[111]$ de UV-C, e a partir da faixa de UV-B e UV-A até a região do visível as direções com maiores intensidades são $[010]$ e $[110]$.



Contudo, considerando as devidas direções cristalográficas as nanoestruturas absorvem radiação na faixa de UV e Vis.

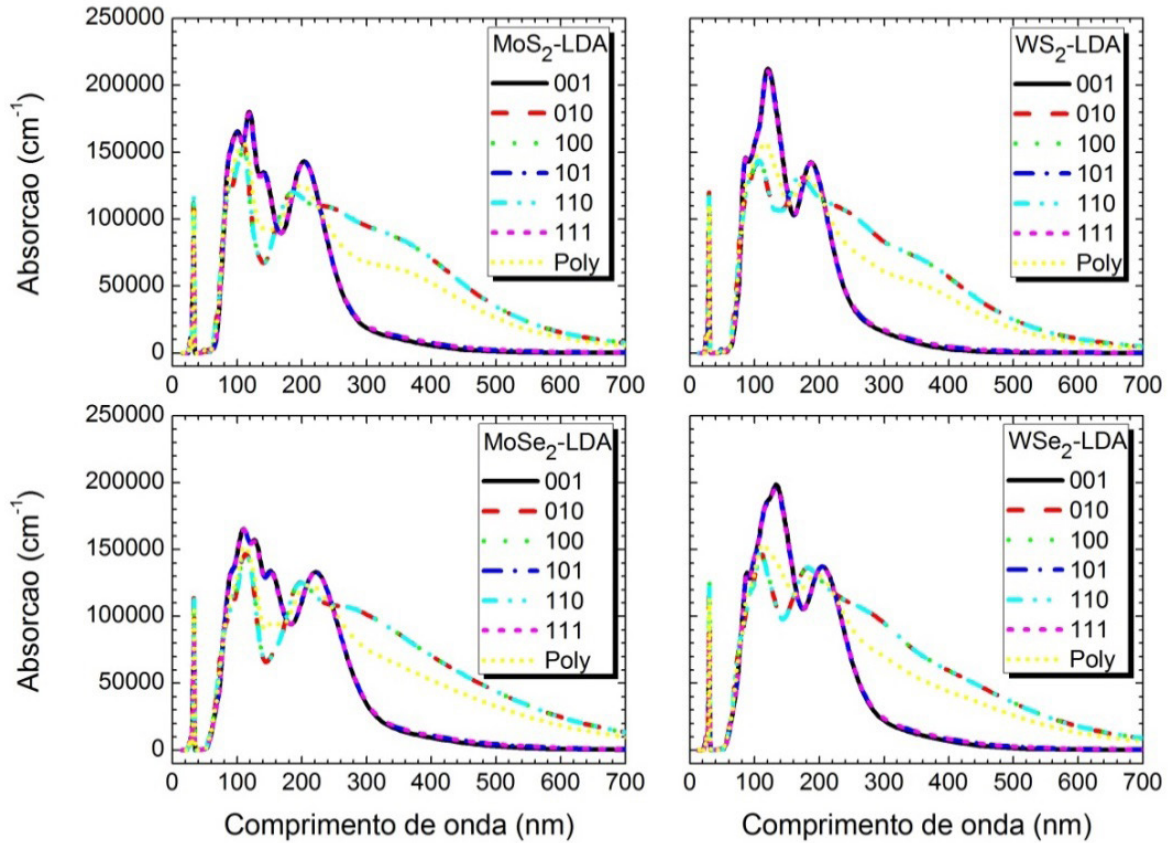


Figura 5: Absorção óptica (cm^{-1}) versus o comprimento de onda (nm) para as estruturas de MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 , em diferentes planos cristalinos: [001], [010], [100], [101], [110], [111] e a amostra policristalina (Poly), utilizando o funcional LDA.

Fonte: Autoria própria (2021).

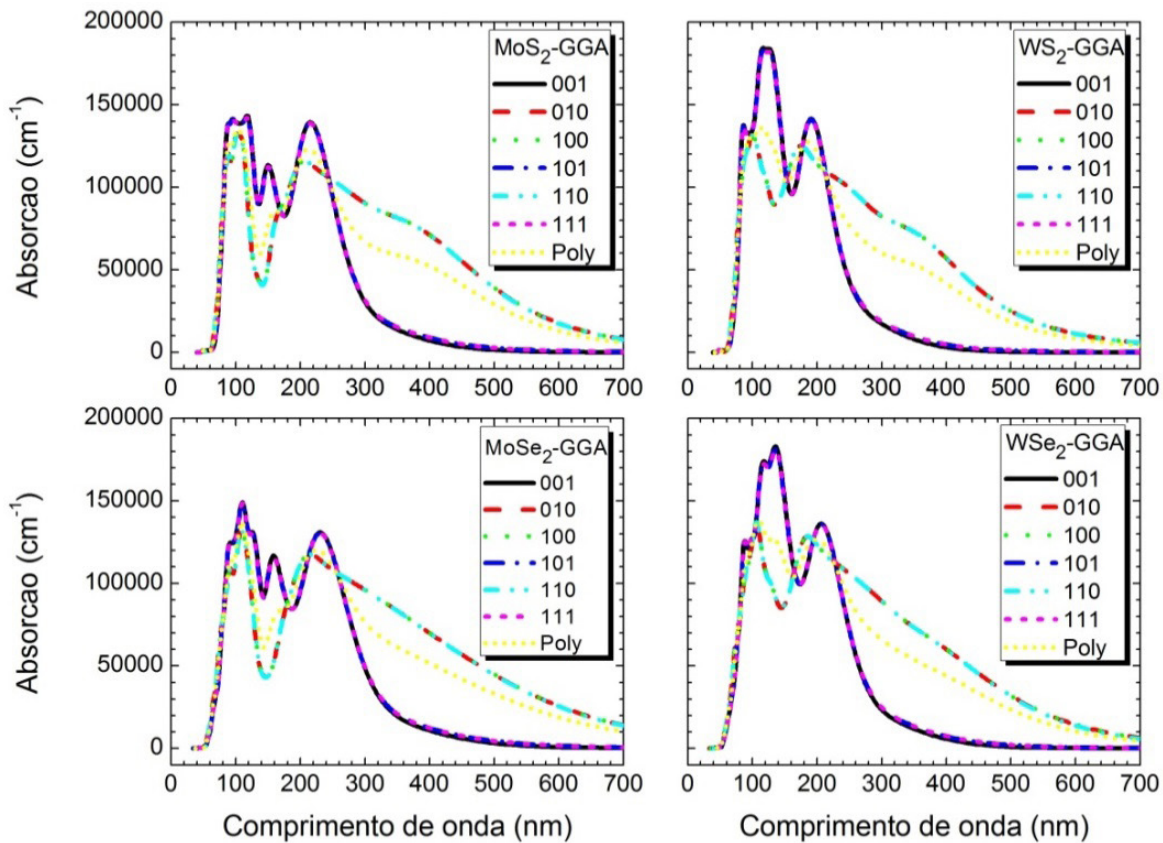


Figura 6: Absorção óptica (cm^{-1}) versus o comprimento de onda (nm) para as estruturas de MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 , em diferentes planos cristalinos: [001], [010], [100], [101], [110], [111] e a amostra policristalina (Poly), utilizando o funcional GGA.

Fonte: Autoria própria (2021).

3.4.2 Refletividade

Sabe-se que, quando a luz (radiação) interage com um sólido cristalino, uma parte da radiação é transmitida (T) através do meio, uma parte será absorvida (A) pelo material e outra parte será refletida (R) na interface da estrutura, obedecendo à relação fundamental: $T + A + R = 1$. Assim, materiais com uma boa refletividade fazem com que, por exemplo, sua cor seja percebida, sendo esta determinada pela distribuição dos comprimentos de onda da radiação refletida, e não da radiação absorvida.

Nas Figuras 7 e 8 apresentam-se as refletividades (u.a.) em função do comprimento de onda (nm) para as estruturas de MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 calculadas através das aproximações LDA (Figura 7) e GGA (Figura 8) nas várias direções cristalográficas abrangendo as regiões de UV-C, UV-B, UV-A e faixa do visível. As curvas apresentam comportamentos semelhantes nas aproximações adotadas, com maiores refletividades nas direções [101] e [111] na região de UV e maiores refletividades nas direções [010] e [110] na região do visível.



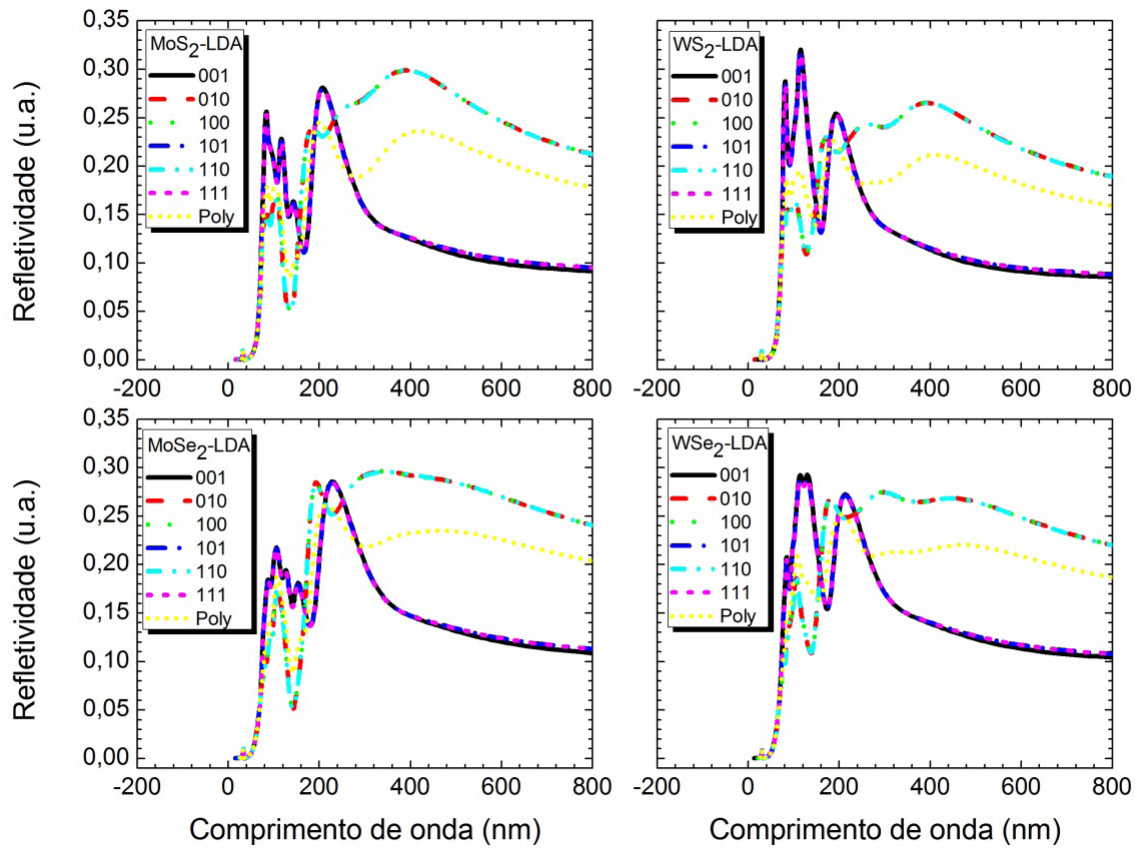


Figura 7: Refletividade (u.a.) versus comprimento de onda (nm) para as nanoestruturas de MoS₂, WS₂, MoSe₂ e WSe₂, em diferentes planos cristalinos: [001], [010], [100], [101], [110], [111] e a amostra policristalina (Poly), utilizando o funcional LDA.
 Fonte: Autoria própria (2021).

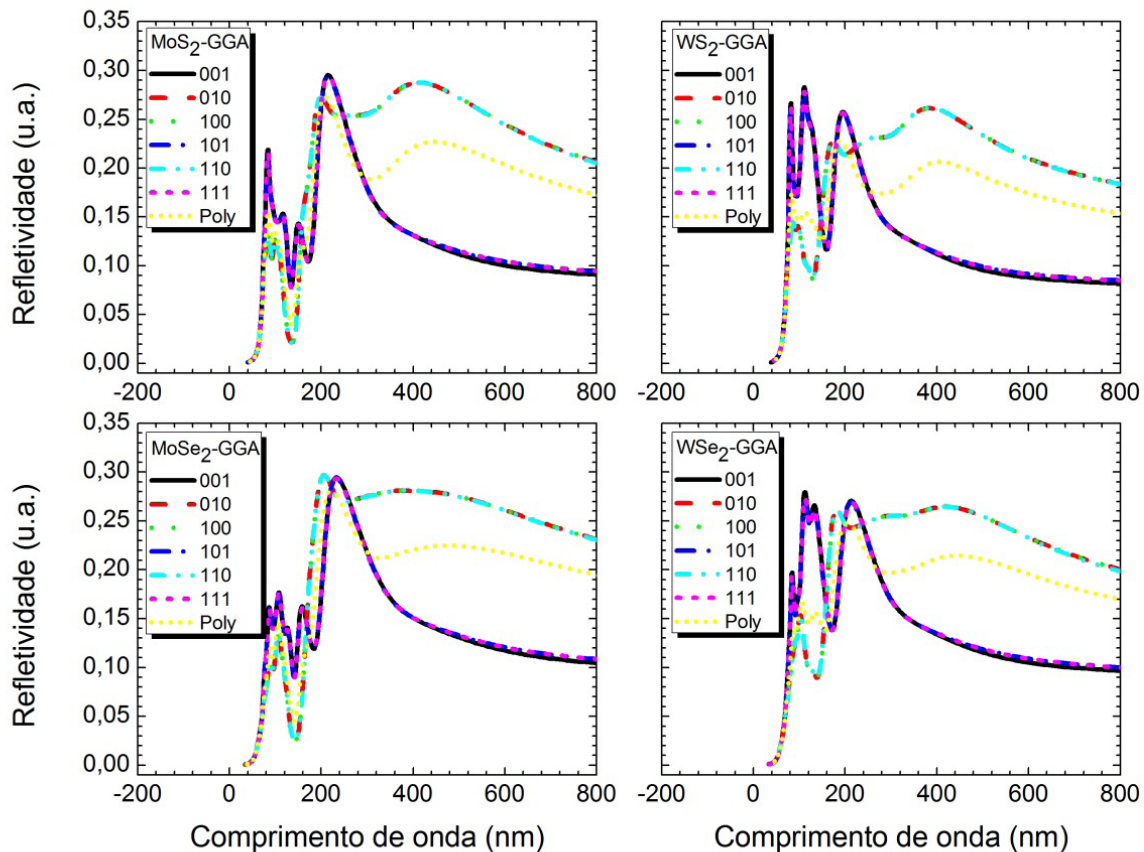


Figura 8: Refletividade (u.a.) versus comprimento de onda (nm) para as nanoestruturas de MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 , em diferentes planos cristalinos: [001], [010], [100], [101], [110], [111] e a amostra policristalina (Poly), utilizando o funcional GGA.
Fonte: Autoria própria (2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou os seguintes resultados: otimização de geometria e análise estrutural das células primitivas, estruturas de bandas e densidades de estados totais e parciais, absorção óptica e refletividade para as nanoestruturas do tipo XY_2 , a saber: MoS_2 , WS_2 , MoSe_2 e WSe_2 por meio de simulação computacional através do formalismo DFT, adotando as aproximações LDA-CAPZ e GGA-PBE-TS. Os parâmetros de rede foram obtidos, analisados e comparados com dados teóricos com metodologias similares e dados experimentais, sendo que em alguns casos os parâmetros foram precisos em relação aos experimentais. As nanoestruturas apresentaram *bandgap* indireto em ambas as aproximações e todos os *bandgap* foram estimados e comparados com resultados experimentais, apresentando boa consonância e revelando o caráter semiconductor de cada nanoestrutura, independente da aproximação. O PDOS revelou os orbitais que contribuem para caracterizar as estruturas como semicondutoras. As absorções ópticas e refletividades mostraram em quais direções cristalinas ocorrem maiores absorções e refletividades, com estimativas de possíveis aplicações como sensores ópticos por ocorrerem absorções e refletividade nas faixas de UV e visível. Desta forma, os resultados apresentados confirmam características de semicondutores para os dissulfetos e disselenetos de Molibdênio (Mo)



e Tungstênio (W) com sensibilidade para captar radiações nas faixas de UV e do visível.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, pelo suporte financeiro através do projeto Universal - 01108/19 e, à Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. O Prof. David Lima Azevedo agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT pelo suporte financeiro através do projeto PRONEX CNPq/FAPEMAT – 850109/2009, Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal – FAP/DF e CNPq Edital 12/2017-PQ.

Referências

- [1] MAS-BALLESTÉ, R.; GÓMEZ-NAVARRO, C.; GÓMEZ-HERRERO, J.; ZAMORA, F. 2D materials: to graphene and beyond. **Nanoscale**, v. 3, p. 20-30, sep. 2011.
- [2] WANG, Q.H.; KALANTAR-ZADEH, K.; KIS, A.; COLEMAN, J.N., STRANO, M.S. Electronic and optoelectronic of two-dimensional transition metal dichalcogenides. **Nature Nanotechnology**, v. 7, p. 699-712, nov. 2012.
- [3] HUANG, X.; ZENG, Z.; ZHANG, H. Metal dichalcogenide nanosheets: preparation, properties and applications. **Chemical Society Reviews**, v. 42, p. 1934-1946, jan. 2013.
- [4] XU, M.; LIANG, T.; SHI, M.; CHEN, H. Graphene-Like Two-Dimensional Materials. **Chemical Reviews**, v. 113, p. 3766-3798, jan. 2013.
- [5] ATACA, C.; SAHIN, H.; CIRACI, S. Stable, Single-Layer MX_2 Transition-Metal Oxides and Dichalcogenides in a Honeycomb-Like Structure. **The Journal of Physical Chemistry C**, v. 116, p. 8983-8999, mar. 2012.
- [6] GHORBANI-ASL, M.; BORINI, S.; KUC, A.; HEINE, T. Strain-dependent modulation of conductivity in single-layer transition-metal dichalcogenides. **Physical Review B**, v. 87, p. 235434-1--235434-6, jun. 2013.
- [7] BERTOLAZZI, S.; BRIVIO, J.; KIS, A. Stretching and Breaking of Ultrathin MoS_2 . **ACS Nano**, v. 5, p. 9703-9709, nov. 2011.
- [8] CASTELLANOS-GOMEZ, A.; POOT, M.; STEELE, G.A.; VAN DER ZANT, H.S.J.; AGRAÏT, N.; RUBIO-BOLLINGER, G. Elastic Properties of Freely Suspended MoS_2 Nanosheets. **Advanced Materials**, v. 24, p. 772-775, jan. 2012.
- [9] YUN, W.S.; HAN, S.W.; HONG, S.C.; KIM, I.G.; LEE, J.D. Thickness and strain effects on electronic structures of transition metal dichalcogenides: 2H- MX_2 semiconductors ($M = \text{Mo}, \text{W}$; $X = \text{S}, \text{Se}, \text{Te}$). **Physical Review B**, v. 85, p. 033305-1—033305-5, jan. 2012.
- [10] JOHARI, P.; SHENOY, V.B. Tuning the Electronic Properties of Semiconducting Transition Metal Dichalcogenides by Applying Mechanical Strains. **ACS Nano**, v. 6, p. 5449-5456, may. 2012.
- [11] ZHOU, Y.; WANG, Z.; YANG, P.; ZU, X.; YANG, L.; SUN, X.; GAO, F. Tensile Strain Switched Ferromagnetism in Layered NbS_2 and NbSe_2 . **ACS Nano**, v. 6, p. 9727-9736, oct. 2012.
- [12] RADISAVLJEVIC, B.; KIS, A. Mobility engineering and a metal-insulator transition in monolayer MoS_2 . **Nature Materials**, v. 12, p. 815-820, jun. 2013.
- [13] DICKINSON, R.G.; PAULING, L. The Crystal Structure of Molybdenite. **Journal of the American Chemical Society**, v. 45, p. 1466-1471, jun. 1923.

- [14] SCHÖNFELD, B.; HUANG, J. J.; MOSS, S. C. Anisotropic mean-square displacements (MSD) in single-crystals of 2H- and 3R-MoS₂. **Acta Crystallographica Section B: Structural Science**, v. 39, n. 4, p. 404-407, 1983.
- [15] SCHUTTE, W. J.; DE BOER, J. L.; JELLINEK, F. Crystal structures of tungsten disulfide and diselenide. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 70, n. 2, p. 207-209, 1987.
- [16] JAMES, Philip B.; LAVIK, M. T. The crystal structure of MoSe₂. **Acta Crystallographica**, v. 16, n. 11, p. 1183-1183, 1963.
- [17] ACCELRY, Materials Studio CASTEP, Accelrys, San Diego, 2009.
- [18] COUTINHO, S.S.; TAVARES, M.S.; BARBOZA, C.A.; FRAZÃO, N.F.; MOREIRA, E.; AZEVEDO, D.L. 3R and 2H polytypes of MoS₂: DFT and DFPT calculations of structural, optoelectronic, Vibrational and thermodynamic properties. **Journal of Physics and Chemistry of Solids**, v. 111, p. 25-33, 2017.
- [19] MOREIRA, E.; FREITAS, D.; AZEVEDO, D. **Nanoestrutura 2-D do Dissulfeto de Molibdênio: Um Estudo via Teoria do Funcional da Densidade**. OmniScriptum GmbH & Co. KG – Riga Letónia, 2020. 92p.
- [20] KORMÁNYOS, Andor et al. k · p theory for two-dimensional transition metal dichalcogenide semiconductors. **2D Materials**, v. 2, n. 2, p. 022001, 2015.
- [21] WILSON, J. A.; YOFFE, A. D. The transition metal dichalcogenides discussion and interpretation of the observed optical, electrical and structural properties. **Advances in Physics**, v. 18, n. 73, p. 193-335, 1969.
- [22] YANG, D.; FRINDT, R. F. Li-intercalation and exfoliation of WS₂. **Journal of Physics and Chemistry of Solids**, v. 57, n. 6-8, p. 1113-1116, 1996.
- [23] AL-HILLI, A. A.; EVANS, B. L. The preparation and properties of transition metal dichalcogenide single crystals. **Journal of Crystal Growth**, v. 15, n. 2, p. 93-101, 1972.
- [24] BRONSEMA, Klaas Derk; DE BOER, J. L.; JELLINEK, F. On the structure of molybdenum diselenide and disulfide. **Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie**, v. 540, n. 9-10, p. 15-17, 1986.
- [25] YOUNG, P. A. Lattice parameter measurements on molybdenum disulphide. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 1, n. 7, p. 936, 1968.
- [26] EVANS, B. L.; HAZELWOOD, R. A. Optical and structural properties of MoSe₂. **physica status solidi (a)**, v. 4, n. 1, p. 181-192, 1971.
- [27] DING, Yi et al. First principles study of structural, vibrational and electronic properties of graphene-like MX₂ (M= Mo, Nb, W, Ta; X= S, Se, Te) monolayers. **Physica B: Condensed Matter**, v. 406, n. 11, p. 2254-2260, 2011.
- [28] KLOTS, A. R. et al. Probing excitonic states in suspended two-dimensional semiconductors by photocurrent spectroscopy. **Scientific reports**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2014.
- [29] JO, Sanghyun et al. Mono-and bilayer WS₂ light-emitting transistors. **Nano letters**, v. 14, n. 4, p. 2019-2025, 2014.
- [30] UGEDA, Miguel M. et al. Giant bandgap renormalization and excitonic effects in a monolayer transition metal dichalcogenide semiconductor. **Nature materials**, v. 13, n. 12, p. 1091-1095, 2014.
- [31] ZHANG, Chendong et al. Probing critical point energies of transition metal dichalcogenides: surprising indirect gap of single layer WSe₂. **Nano letters**, v. 15, n. 10, p. 6494-6500, 2015.
- [32] CHIU, Ming-Hui et al. Determination of band alignment in the single-layer MoS₂/WSe₂ heterojunction. **Nature communications**, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2015.



CAPÍTULO 6

ANÁLISE DO FMEA PARA VALIDAÇÃO DO PROCESSO DE TORNEAMENTO DE DESBASTE EM TORNO VERTICAL

FMEA ANALYSIS FOR VALIDATION OF THE ROUGHING TURNING
PROCESS ON VERTICAL LATHE

Afonso Bassanelli Junior

Renann Pereira Gama

Resumo

O artigo buscou como objetivo validar por meio do FMEA o processo de torneamento de desbaste em torno vertical do anel ROD02637-HALL-112 do rolamento ROD-02637-ROD-000 para turbinas eólicas. Como metodologia foram abordados dados indexados nas bases de estudo Scielo, Google Scholar, Enegep e na intranet da empresa. As ferramentas para compor este estudo foram os indicadores e o FMEA, que frente a complexidade do estudo responderam positivamente. Os indicadores no processo inicial foram importantes na compilação de dados. Os de análise de criticidade foram pontuados entre 2018 a 2019. Com a identificação do ponto de criticidade por meio do FMEA e análise dos RPNs, foi elaborado o plano de ação corretiva para redução da ovalização ou empenamento da matéria-prima. Com as ações de melhorias foi recalculado os indicadores, o de 2018 a 2019 tendo um percentual de 52,5%. Com as ações corretivas entre janeiro a julho de 2020 chegou a 71%. No de refugo entre 2018 a 2019 tinha um percentual de 1,51%, já entre janeiro a julho de 2020 pontuou 2,67% com a perspectiva de reduzir abaixo da meta que é 1,5%. O indicador de prazo de entrega apresentou 89,34% no estado atual, entretanto no futuro esse percentual chegou a 95% e a produtividade apresentou 66%, após as ações determinadas no FMEA esse percentual é de 66% nos sete primeiros meses de 2020. O último indicador foi o de produtividade que entre 2018 a 2019 tenha uma média anual de 145,71%, o que deixava o processo crítico com as ações corretivas em percentual ficou entre janeiro a julho de 2020 com 96%. Todos os dados foram pontuados foram importantes nas melhorias do processo de operação 20 do Anel ROD 02637-HAL-112. Conclui-se que os resultados com base nos objetivos foram alcançados neste estudo de caso.

Palavras-chave: Torneamento; Desbaste; FMEA; Indicador; Otimização.

Abstract

The work sought to validate through the FMEA the roughing turning process around the vertical ring ROD02637-HALL-112 of the bearing ROD02637-ROD-000 for wind turbines. As a methodology, data indexed in the Scielo, Google Scholar, Enegep study bases and on the company's intranet were approached. The tools to compose this study were the indicators and the FMEA, which in view of the complexity of the study responded positively. The indicators in the initial process were important in compiling data. The criticality analysis tests were scored between 2018 and 2019. With the identification of the criticality point through the FMEA and analysis of the RPNs, a corrective action plan was developed to reduce the ovalization or warping of the raw material. With the improvement actions, the indicators were recalculated, from 2018 to 2019 having a percentage of 52.5%. With corrective actions between January and July 2020 it reached 71%. In the case of refuse between 2018 and 2019 it had a percentage of 1.51%, whereas between January and July 2020 it scored 2.67% with the perspective of reducing the low of the target, which is 1.5%. The delivery time indicator showed 89.34% in the current state, however in the future this percentage reached 95% and productivity presented 66%, after the actions determined in the FMEA this percentage is 66% in the first seven months of 2020. The last indicator was that of productivity, which between 2018 and 2019 has an annual average of 145.71%, which left the critical process with corrective actions in percentage between January and July 2020 with 96%. All data were scored and were important in improving the operation process 20 of the ROD Ring 02637-HAL-112. It is concluded that the results based on the objectives were achieved in this case study.

Keywords: Turning; Thinning; FMEA; Indicator; Optimization.



1. INTRODUÇÃO

As máquinas eólicas são conhecidas como turbinas eólicas, sistemas de conversão de energia eólica ou aerogeradores, diferenciando-se das máquinas tradicionais. As modernas turbinas eólicas são, na maioria, equipamentos usados para gerar energia elétrica. Variam desde pequenas turbinas para gerar potências na ordem de centenas ou dezenas de kW, usadas especialmente nas áreas rurais, até turbinas consideradas em grande porte que geram potência na ordem de alguns MW e que, geralmente, se interconectam a rede elétrica (MOREIRA, 2019).

As turbinas de eixo horizontal, em geral, detêm de duas a três pás, apesar de ter turbinas desse tipo com maior número de pás. Turbinas eólicas com uma vastidão de pás são usadas na conversão de energia eólica em energia mecânica, com a utilização usual no bombeamento de água em fazendas e sítios, e são classificadas como cata-ventos ou turbinas multipás. Grande parte possui uma caixa de engrenagens que ajusta a rotação lenta das pás a uma rotação mais ágil, adequada ao gerador elétrico (MOREIRA, 2019; FILHO, 2019). São turbinas que predominam a utilização da eletricidade, por conta da possibilidade de alcançar alto potencial de geração. Demanda de um sistema mais complexo de equipamentos.

Ser competitivo é possuir uma maior produtividade comparado aos concorrentes, sendo uma maneira de assegurar sua sobrevivência na disputa de mercado, a competitividade varia conforme a produtividade, e esta deve estar relacionada à qualidade dos processos e produtos. Para esta relação acarretar em bons resultados é preciso que os processos fabris e desenvolvimento do produto, sejam controlados. Na busca de uma melhor competitividade no ramo industrial, não é mais aceitável para uma unidade de fabricação, no qual um sistema ou equipamento pare ou tenha falhas de forma não prevista. Para evitar isso, é preciso usar o *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), que identifica as falhas relevantes nos equipamentos, processos ou sistemas (JÚNIOR; SILVA; HERMO-SILLA, 2020; FERREIRA; PINEYRUA, 2020).

O FMEA é uma técnica de confiabilidade, que tem como objetivo reconhecer, analisar e avaliar as falhas que acontecem num processo ou projeto, depois encontrar ações que eliminam ou minimizam as falhas e desenvolve-se, no fim, um documento para posteriores análises de viabilidade. Para ajudar na criação do FMEA, as organizações podem utilizar ferramentas da qualidade, organizações conseguem gerenciar seus processos e tomar decisões precisas (FIGUEIREDO; RODRIGUES, 2017; ROCHA; CARVALHO, 2019).

O crescimento da produtividade e exclusão dos desperdícios são úteis para a empresa independente da conjuntura da economia. As empresas visam reestruturar-se, procurando ter mais qualidade para os produtos, mais produtividade e competitividade para permanecer e expandir seu mercado nacional e/ou internacional. Portanto, tais mudanças geraram o desenvolvimento de métodos, visando expandir a produtividade e eliminar os desperdícios (COSTA, 2017).

A busca por melhorias nos processos para a linha produtiva, junto à eliminação constante de desperdícios, pode repercutir de forma positiva elevando à qualidade dos



produtos e da produtividade e melhor atendimento as demandas dos clientes. Ações de melhorias auxiliam para a competição da indústria diante do mercado (AGUIAR; SILVA; VASCONCELOS, 2017).

O trabalho tem como objetivo geral validar por meio do FMEA o processo de torneamento de desbaste em torno vertical do anel ROD02637-HALL-112 do rolamento ROD02637-ROD-000 para turbinas eólicas. Tendo como objetivos específicos: mapear o processo de fabricação do anel ROD02637-HAL-112 na operação 20; mensurar por indicadores o processo de produtividade, conformidade e refugos na operação 20 do anel ROD02637-HAL-112; aplicar o FMEA para identificar os pontos de criticidade e planejar as ações corretivas no processo e por fim mensurar por indicadores o processo antes e depois da gestão de otimização do processo da operação 20.

O artigo se delimitou em buscar os dados da operação 20 do anel ROD02637-HALL-112, um anel superior do rolamento que é fixado na pá eólica, sendo considerado rolante desse conceito de rolamento. Assim como dados pertinentes para compor a pesquisa-ação e das ações corretivas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Mercado de energia eólica

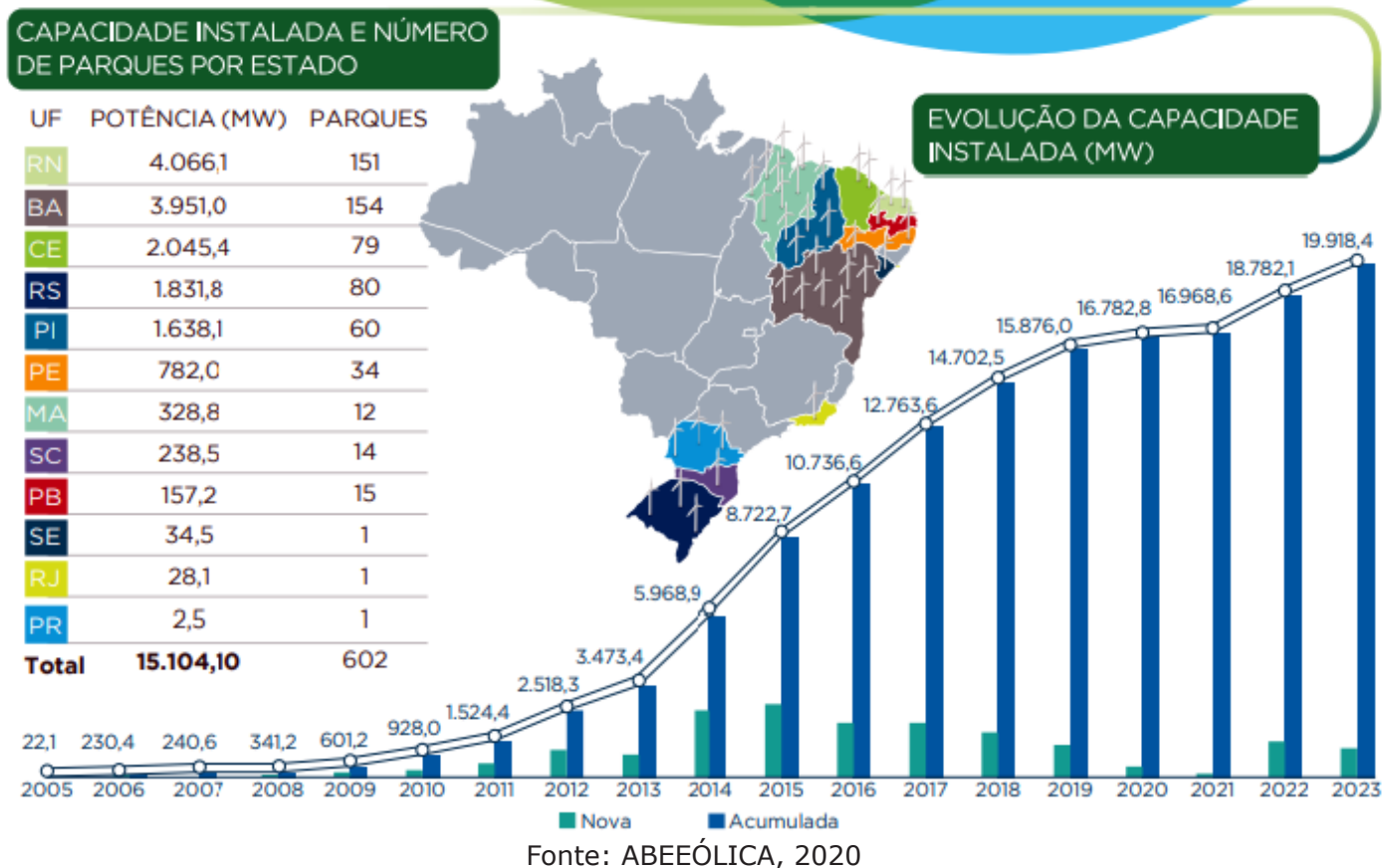
Entre as várias fontes energéticas, a energia eólica vem se destacando no cenário global de energia limpa, por ter uma matriz renovável e com um extenso potencial a ser explorado, visando que a força matriz provém dos ventos (BATISTA, 2019; CAMPELO; ALBUQUERQUE; FILHO, 2020).

Conforme Cunha *et al.* (2019), no Brasil, o aproveitamento dos recursos eólicos para geração de eletricidade é caracterizado por um boom no fim da última década que expandiu a geração eólica anual de 663 GWh em 2007 para aproximadamente 33,5 TWh em 2016. Ao longo de 2015, essa modalidade energética respondeu por 39,5% do crescimento da capacidade instalada no país. Em um cenário otimista para 2050, o *Greenpeace* Internacional e Conselho Europeu de Energia Renovável (*European Renewable Energy Council*- EREC), estimam que a colaboração da energia hidrelétrica reduza para 45,65%, e a eólica responsável por 20,38% da oferta.

No ano de 2018, foram adicionadas à matriz de energia no Brasil mais 1,94 GW de energia eólica em 75 parques, fazendo com que o setor chegasse ao fim de 2018 com 14,71 GW de capacidade instalada em 583 parques eólicos. São mais de 7 mil aerogeradores funcionando em 12 estados, que proporcionem energia limpa para cerca de 25,5 milhões de residências ou em torno de 80 milhões de pessoas mensalmente. Ao todo, foram gerados 48,42 TWh de energia eólica durante 2018, conforme Figura 1 (COSTA, 2019).



Figura 1- Matriz de energia eólica no Brasil.



2.1.1 Turbinas eólicas

De acordo com Soares (2019), as turbinas de eixo horizontal se caracterizam pelo fato do rotor terem o mesmo sentido do vento e o eixo rotacional paralelo ao solo. Já as turbinas de eixo vertical, tem como aspecto, o eixo de rotação perpendicular em relação ao solo e ao sentido em que o vento se move.

As turbinas eólicas têm sido amplamente usadas, nos países desenvolvidos, no ambiente da geração distribuída, nome dado as centrais de pequeno/médio porte, ligadas ao sistema na tensão da rede distribuidora. Na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), o percentual atinge 37 % do crescimento no abastecimento de energia elétrica por esse tipo de energia (LIMA; SANTOS; MOIZINHO, 2018).

As turbinas mais empregadas são as de eixo horizontal, ou seja, paralelas ao solo. As principais razões para esta escolha são que a massa total das pás com relação a área varrida é inferior para os rotores de eixo horizontal e que a altura média da área varrida pelo rotor pode ser mais alta. Porém, como benefícios do eixo vertical, é possível citar que não precisam de um sistema de direcionamento em relação à direção incidente do vento e que o sistema de gestão pode ser colocado próximo ao solo (SANTOS; SANTOS, 2018).

Os principais constituintes ou subsistemas de uma turbina de eixo horizontal são apresentados na, e abordam: rotor: pás e cubo (suporte) onde as mesmas estão acopla-

das, mecanismo de controle de passo da pá; sistema de transmissão mecânico: abrange as partes de rotação da turbina (excluindo-se o rotor), eixos (alta e baixa rotação), caixa multiplicadora de velocidade, acoplamentos, freio mecânico e gerador elétrico; nacele e sua base: constituinte onde estão os diversos componentes (eliminando-se o rotor), base da nacele e sistema de orientação do rotor (*Yaw*); controle da turbina; suporte estrutural (torre). A torre com somente duas pás é muito instalada, já que é mais simples e demanda um menor investimento, porém a turbina com três pás é instável difunde melhor as tensões em meio a rotação da máquina para seguir a direção do vento (MOREIRA, 2019; LIMA, 2019).

2.2. Indicadores

Os indicadores como instrumentos de gestão, conforme Alves, Silva e Moraes (2016), são ferramentas necessárias para o sucesso em projetos mecânicos e necessários nas atividades de avaliação e monitoramento, pois permitem o acompanhamento do alcance das metas, entre outros. A delimitação dos indicadores pode ser considerada como dados ou informações, numéricas utilizadas para medidas. Além de sinalizar possíveis desvios de rotas nos planos traçados, têm caráter preventivo, contribuindo para minimizar os gastos e aperfeiçoar a eficiência dos processos.

2.2.1. Produtividade

Segundo Costa (2017), o caminho para melhorar a produtividade podendo ser a disponibilidade de equipamentos, seu desempenho ou índice de qualidade, melhorias localizadas, porém que influenciam no processo total. Minimizar os custos e o tempo produtivo, aumentando a produtividade, está dentre as finalidades das indústrias e nem sempre é fácil de conseguir. Alcança-se um importante ganho de produção adequando as demandas e os prazos com os fornecedores, e bem como nas fases de produção, no *layout* e na relocação das forças de trabalho.

2.2.2. Refugos

A minimização de custos e identificação e redução das perdas nos processos são diferenciais para a concorrência entre as empresas. O refugo na produção baseia-se no não uso do material na produção, já que não está nas especificações e nos aspectos adequados. Uma das formas de garantir que um processo está livre de falhas é a padronização, que abrange técnicas para definir os padrões e contribuir com a redução da variabilidade, assegurando o controle e melhoria dos processos de uma empresa (ALVES, 2018; MARTINS, 2019).

Para Coutinho e Mollica (2018), uma das formas mais efetivas de evitar o refugo na produção e retrabalho é a partir da capacitação dos colaboradores continuamente. Os



treinamentos são a melhor ferramenta de monitoramento do processo de produção, com impactos produtivos e no crescimento da qualidade nas linhas de produção.

2.3. Processo de torneamento de desbaste

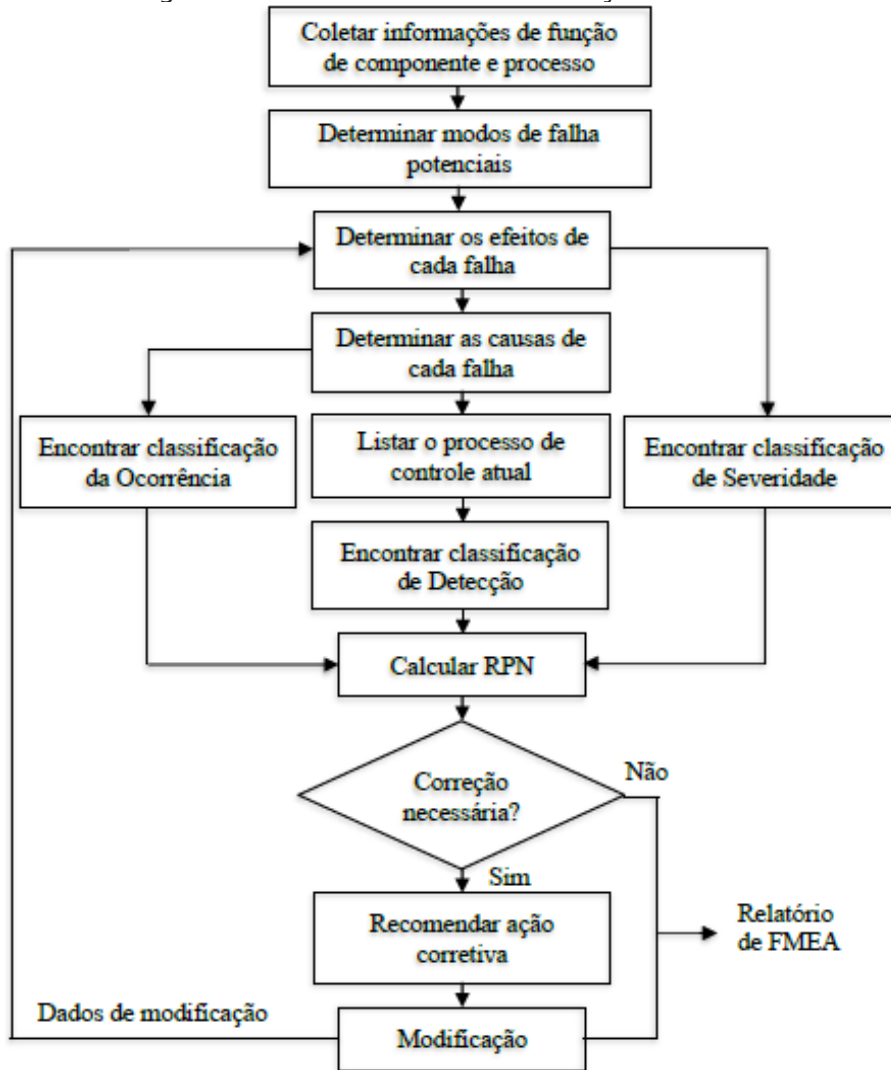
No torneamento a matéria-prima a ser usinada é presa em um torno e sofre rotação, ao mesmo passo que a ferramenta de corte movimenta-se retirando material. A ferramenta de corte no torneamento move-se no eixo longitudinal ou radial da peça, bem como mover-se na junção dos dois eixos. Ao movimentar-se longitudinalmente da peça, a ferramenta retira material em seu diâmetro e minimizar o diâmetro da peça, ao movimentar-se na direção radial para reduzir o comprimento da peça (SILVA; CECHIN, 2018).

2.4 FMEA

A FMEA, criada na década de 40, é tida até atualmente como uma ferramenta eficaz para antecipar e reduzir a possibilidade de falha ao longo do processo de design ou fabricação, corroborando para reduzir ou eliminar os recalls de produtos que apresentaram falhas de projeto ou fabricação. Sendo uma abordagem embasada para descobrir possíveis imperfeições que podem gerar desperdícios, defeitos ou resultados prejudiciais aos clientes, constatando-se sua importância e eficácia para identificar, priorizar e limitar os potenciais modos de falhas. A FMEA não substituiu a Engenharia e suas especificidades, entretanto, aperfeiçoa os resultados, aplicando o conhecimento e experiência (MENEZES, 2020).

Segundo Teixeira, Silva e Silva (2019), é uma técnica utilizada para conhecer e antecipar a causa e efeito de cada modo de falha de um produto ou sistema. É um método que possibilita a análise sistemática de um processo, buscando analisar possíveis falhas, definindo suas consequências e orientando o emprego de medidas corretivas e preventivas. É um sistema lógico que hierarquiza as falhas potenciais e oferece recomendações para ações corretivas, como apresentada na Figura 2.

Figura 2- Procedimento de elaboração do FMEA.



Fonte: Menezes, 2020

O uso da ferramenta começa com a identificação das falhas. Portanto, para cada falha que é identificada, é preciso delimitar seus valores para os índices de gravidade (G), detectabilidade (D) e frequência (F). Com a multiplicação de tais índices pode ser calculado, para cada falha, o RPN, ou seja, $RPN = G \times D \times F$. Com estes valores das falhas é possível avaliar o nível de risco para priorizar e classificar ações, seja de eliminação e prevenção devem ser desenvolvidas e implementadas. No fim do processo é preciso que estes valores sejam recalculados para que se possa analisar se ações foram eficazes. A FMEA, utilizada tradicional, é uma das ferramentas mais relevantes de prevenção para evitar falhas e erros que cheguem aos clientes. A relevância relativa dentre os fatores de riscos, são: Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D); diferentes combinações de S, O e D podem gerar valores idênticos de RPN junto a implicação de risco diferente; e estes fatores são difíceis de serem avaliados precisamente (MENEZES, 2020).

2.5 Melhoria contínua no processo fabril

A melhoria contínua nos processos proporciona uma maior lucratividade e crescimento comparado aos concorrentes. É a procura da perfeição, ultrapassando os conceitos de



qualidade que é fazer adequadamente o trabalho, entretanto visa suprir as demandas dos clientes externos e internos (SOUZA, 2019; SANTOS *et al.*, 2019).

O conceito de melhoria constante integra ainda mais a sociedade, tanto no trabalho, bancos, unidades, portanto, em todas as áreas que buscam melhorar os resultados e níveis de desempenho. Tal conceito surgiu há anos e se tornou uma regra gerando um crescimento competitivo no mercado. A implementação de um sistema de gestão baseado em processos é necessária na melhoria contínua, podendo ser mensurado pela qualidade do produto e satisfação do cliente (JUNIOR; LIMA; STOCO, 2020; CARDOSO; JUNIOR; OLIVEIRA, 2019).

Para Junior, Lima e Stoco (2020), visando obter a melhoria contínua é necessário levar em consideração: eficiência; qualidade; inovação; padronização de processos; políticas da empresa como um todo. O aperfeiçoamento contínuo, redução de custo de falhas, melhoria no tempo, qualidade no desenvolvimento são impactos gerador, ocasionando o crescimento da satisfação dos clientes, aperfeiçoamento dos resultados da empresa, para que as demandas de expectativas sejam cumpridas.

2.6. Treinamentos

O treinamento de pessoas é essencial para o sucesso da empresa que busca colaboradores preparados para ocupar cargas de responsabilidades e, como meio de alcançarem objetivos e metas, investem na capacitação dos colaboradores, em programas de treinamento e desenvolvimento. A prestação de serviços é baseada no desempenho humano, e prestar bons serviços depende da qualidade desse desempenho. Desta forma, melhorar os serviços é aperfeiçoar o ser humano, o que possível por meio do treinamento (COUTINHO; MOLLICA, 2018; LAS CASAS, 2020).

Segundo Oliveira (2016) e Ribeiro (2018), o treinamento deve ser entendido como um meio estratégico de desenvolver competências para que os colaboradores se tornem mais produtivos, inovador, criativos e que contribuam para alcançar as finalidades da organização. O treinamento pode ser feito sob aulas, congressos, dentre outros. O aprendizado é em relação à obtenção de habilidades, competências, comportamentos, dentre outros.

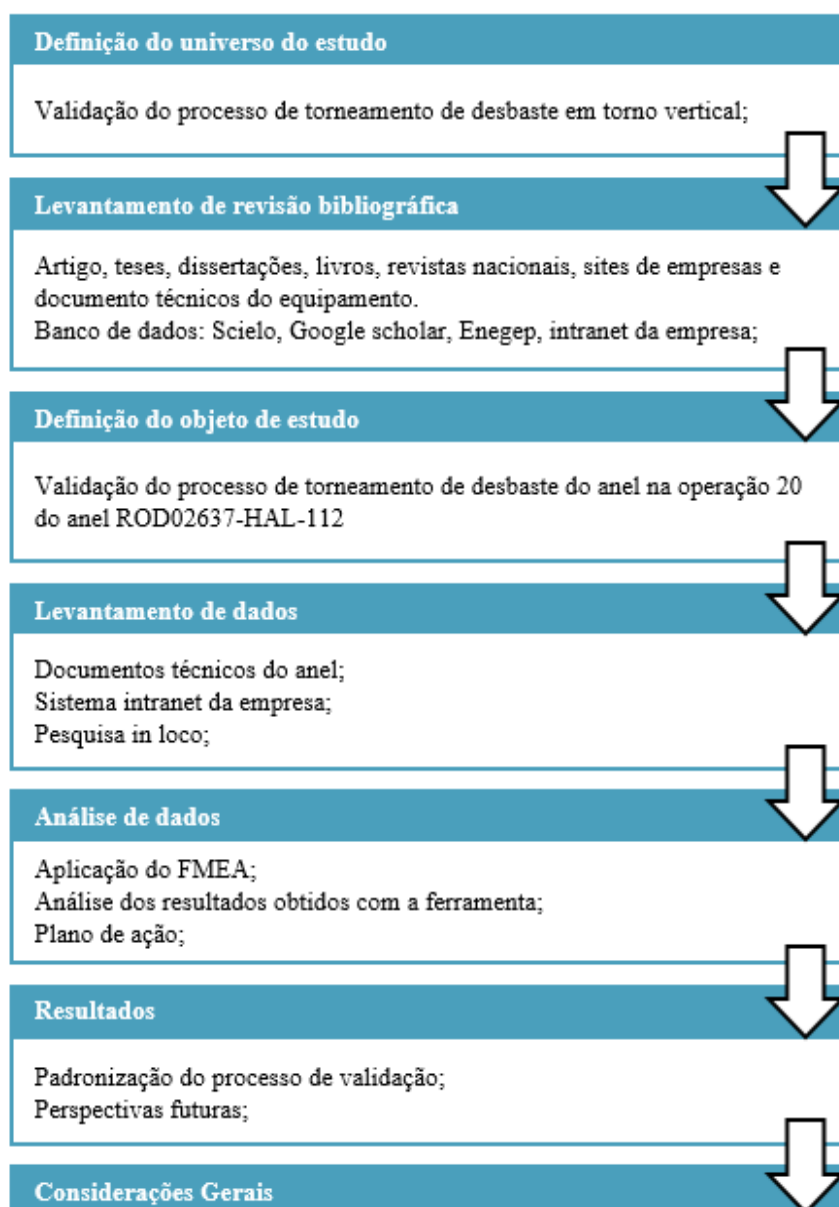
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Classificação da pesquisa

Quanto aos objetivos, em termos metodológicos, o trabalho foi uma pesquisa descritiva, exploratória e quantitativa, quanto aos procedimentos técnicos, foi uma abordagem de estudo de caso, explicando as variáveis que determinam um fenômeno em uma situação específica de análise (GIL, 2019).



Figura 3- Fluxograma de etapas cumpridas no estudo de caso



Fonte: Autor, 2020

3.2. Empresa em estudo

A empresa em estudo possui uma estrutura organizacional descentralizada e compreende onze divisões de produtos. O mais alto nível de gestão dentro do Grupo é um comitê de acionistas formado exclusivamente por membros da família. Com um faturamento de 11.750 milhões de euros, a empresa alcançou um novo recorde em 2019. No geral, foi alcançado um aumento de 1.199 milhões de euros ou 11,4% em relação ao ano anterior.

Em uma retrospectiva de mais de 30 anos de experiência na indústria de energia eólica, a empresa completa a linha de rolamentos de grande porte para turbinas eólicas com o rolamento de giro. A empresa possui metragem construída em uma área total de 951.437m² e o quadro de funcionários é composto por 810 colaboradores.

3.3 Coleta de dados para o estudo

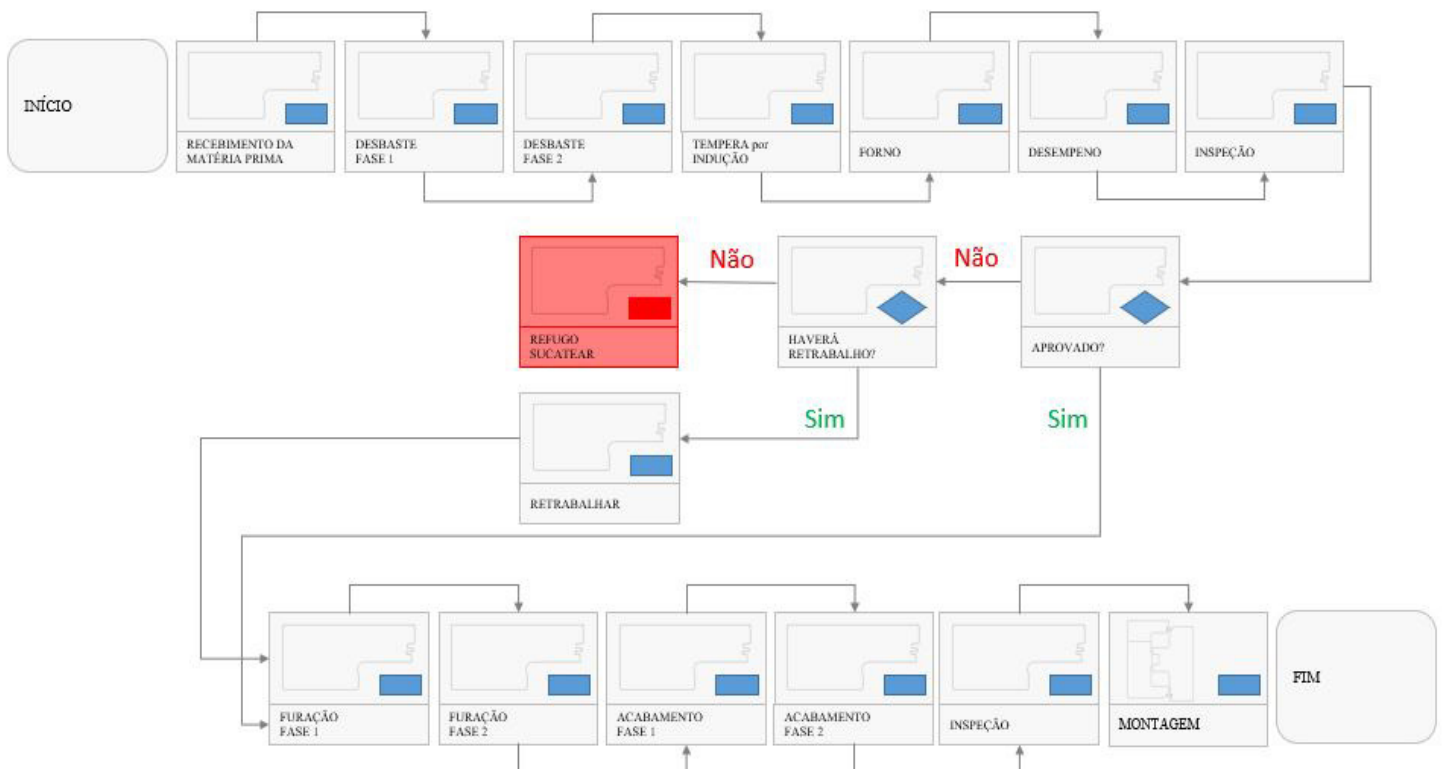
Os dados foram coletados o sistema intranet da empresa em indicadores e dados técnicos da peça em estudo no setor de usinagem, entre os anos de 2018 a 2019 para identificar os pontos críticos e 2020 como comparativo após melhorias.

1. A primeira etapa foi a coleta de dados pertinentes a peça em estudo e os indicadores de refugo e produtividade;
2. Na segunda etapa foram coletadas as informações da aplicação do FMEA e o plano de ações corretivas nas causas e efeitos;
3. Na última etapa foram feitas análises sobre as ações corretivas junto ao processo de desbaste da operação 20 do anel do ROD02637-HAL-112, perspectivas futuras e considerações finais.

3.4 Mapa de processo da empresa da área em estudo

Na Figura 4, foi elaborado um fluxograma do macroprocesso da linha em estudo do processo inicial com o recebimento da matéria-prima, passando pelas fases do desbaste, tempera, forno, desempenho, inspeção, etapas de furação e acabamento e montagem final.

Figura 4- Macroprocesso da linha de usinagem do anel ROD02637-HAL-112



Fonte: Autor

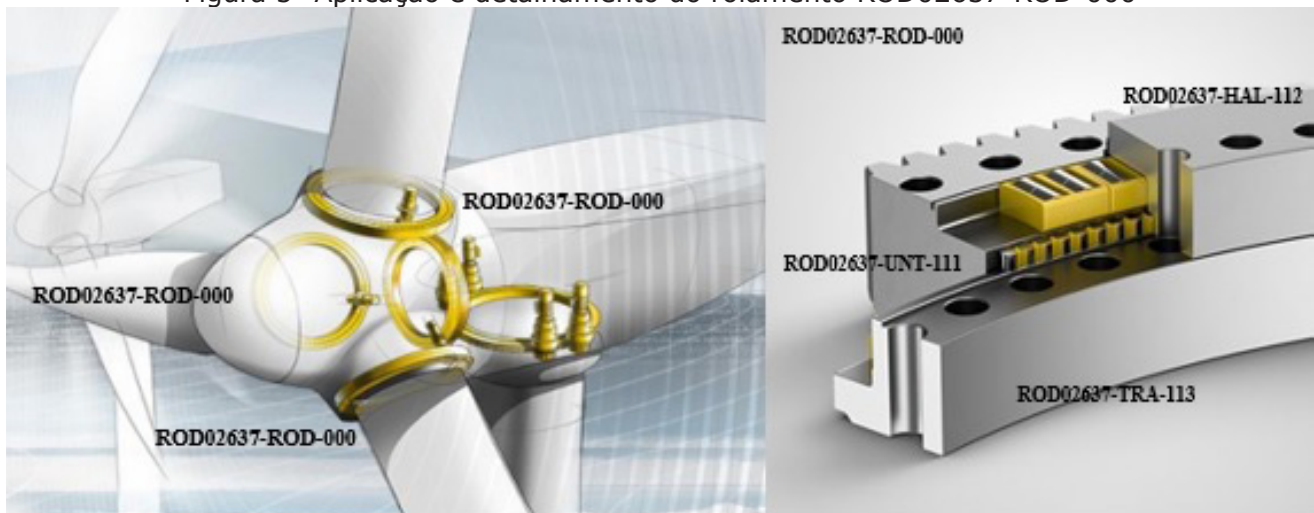
Após a visualização da linha produtiva, o próximo passo foi trazer ao estudo, os dados de ficha técnica da peça e indicadores.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Peça em estudo Anel ROD02637-HAL-112

Conforme o tipo da turbina eólica, o tipo de rolamento se altera entre rolamento de roletes de três fileiras ou rolamentos de esferas. Enquanto os rolamentos de rolo levam a tensões menores na construção adjacente, o rolamento de esferas oferece, especialmente, um suporte sem folgas, o que contribui para o desempenho ideal de rolagem do corpo rolante. A peça em estudo ROD02637-HAL-112 é um anel superior do rolamento de roletes que é fixado na pá eólica, sendo considerado rolante desse conceito de rolamento, Figura 5.

Figura 5- Aplicação e detalhamento do rolamento ROD02637-ROD-000

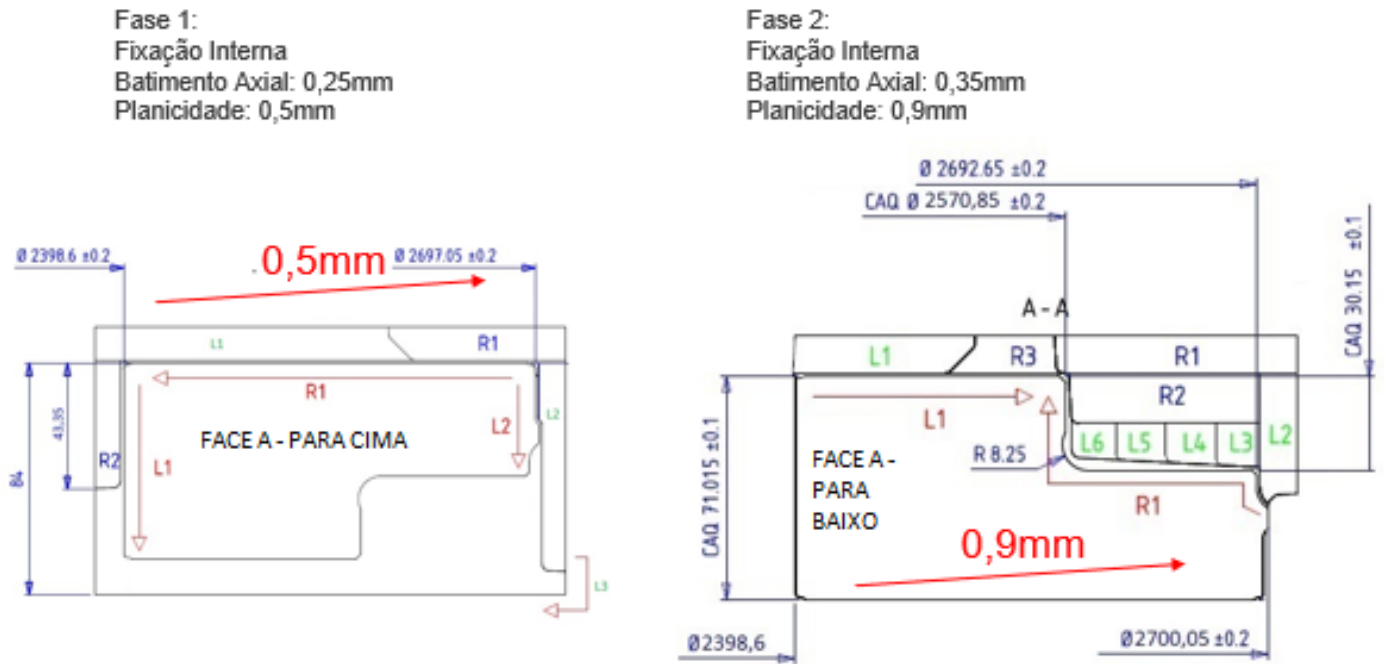


Fonte: Autor

4.2. Validação do processo de usinagem do ROD02637-HAL-112 com a matéria-prima da UNIFORJA

A Figura 6 traz os detalhes métricos da operação 20 no processo atual. A peça é apoiada com a face A para cima onde cada indicação com a letra R na cor azul representa as operações de torneamento por desbaste executada pelo eixo do lado direito do torno vertical, assim tem-se que o lado direito executa parte do desbaste da face e o desbaste do diâmetro interno. O mesmo conceito se aplica para cada indicação com a letra L que na cor verde representa as operações de torneamento por desbaste executada pelo eixo do lado esquerdo do torno vertical, assim tem-se que o lado esquerdo executa parte do desbaste da face e o desbaste do diâmetro externo. Já para as indicações com a letra R na cor vermelha representa as operações de torneamento por acabamento executada pelo eixo do lado direito do torno vertical, assim tem-se que o lado direito executa o acabamento total da face, o mesmo conceito se aplica para cada indicação com a letra L na cor vermelha que representa as operações de torneamento por acabamento executada pelo eixo do lado esquerdo do torno vertical. Assim tem-se que o lado esquerdo executa parte do acabamento do diâmetro interno e o acabamento do diâmetro externo. E o destaque é para a seta na cor vermelha, onde destaca-se sentido e o valor do empenamento.

Figura 6- Operação 20 antes da ação corretiva (Estado atual)



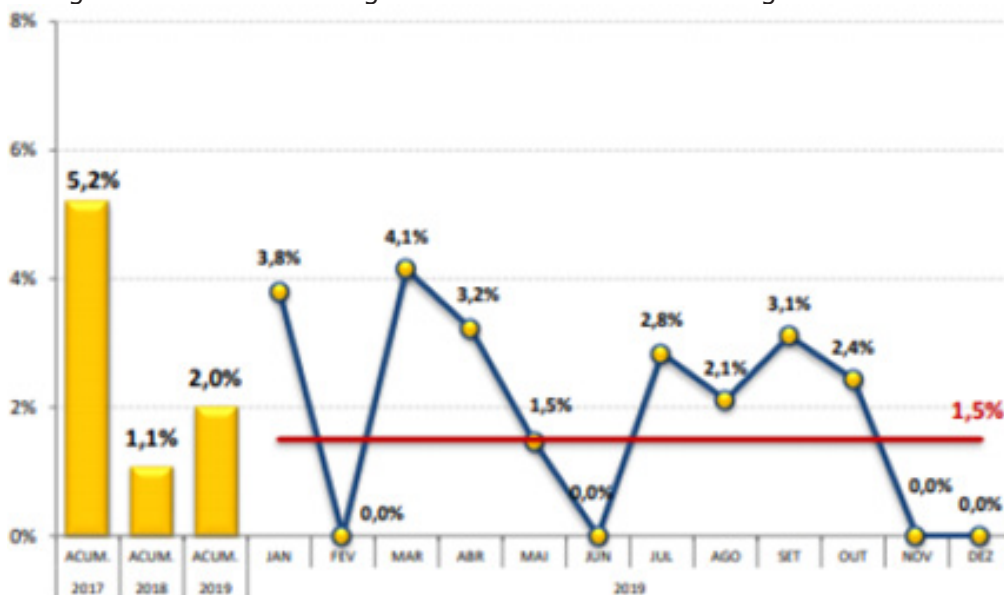
Fonte: Autor

4.3. Análise dos indicadores

Dentro do processo de estudo foram compilados os dados entre os anos de 2018 a 2019 de indicadores de refugo x rolamentos produzidos no estado atual, de prazo de entrega, produtividade e tempo de fabricação.

No ano de 2018 o percentual de refugo ficou em 1,1%, já no ano de 2019, o indicador de refugo apresentou um percentual de 1,92% ao ano. Como a empresa estipula a meta de 1,5% ao ano, o indicador mostra um alto índice de refugo, Figura 7.

Figura 7- Índice de refugo entre 2018 a 2019 de refugo de rolamentos

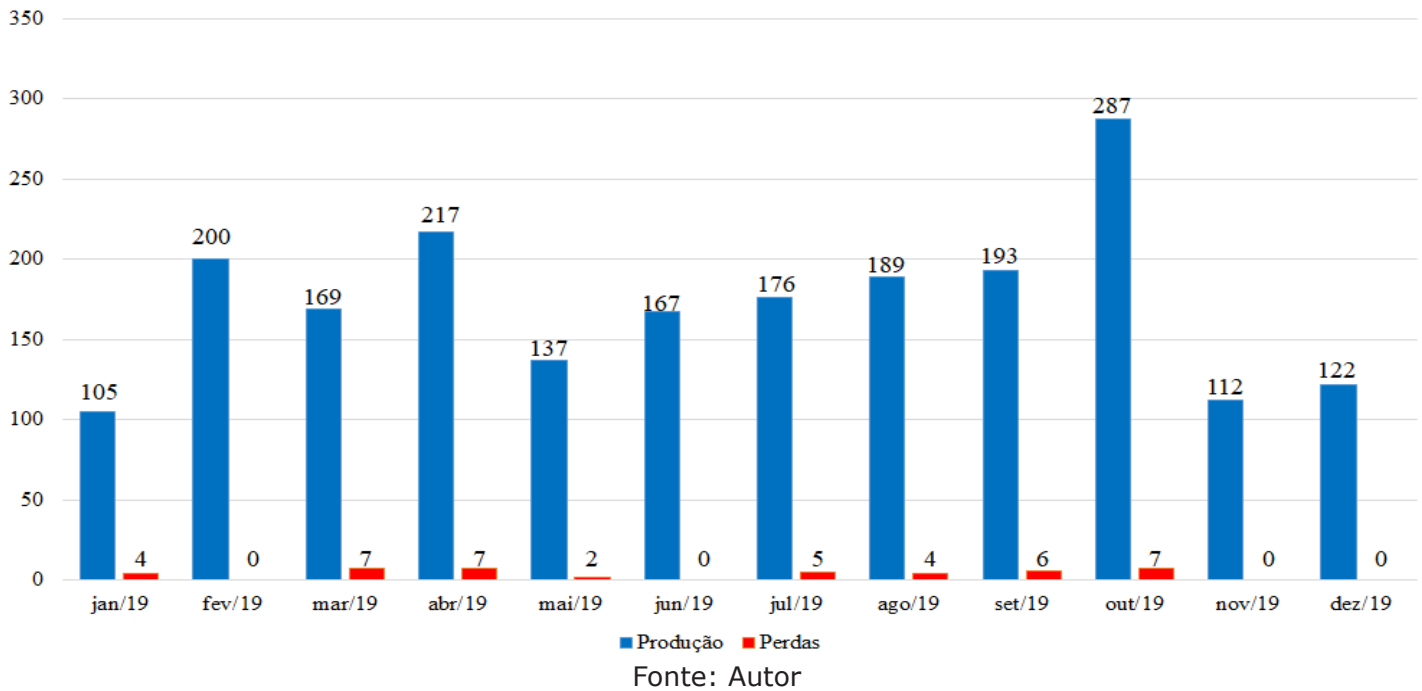


Fonte: Autor

CAPÍTULO 6

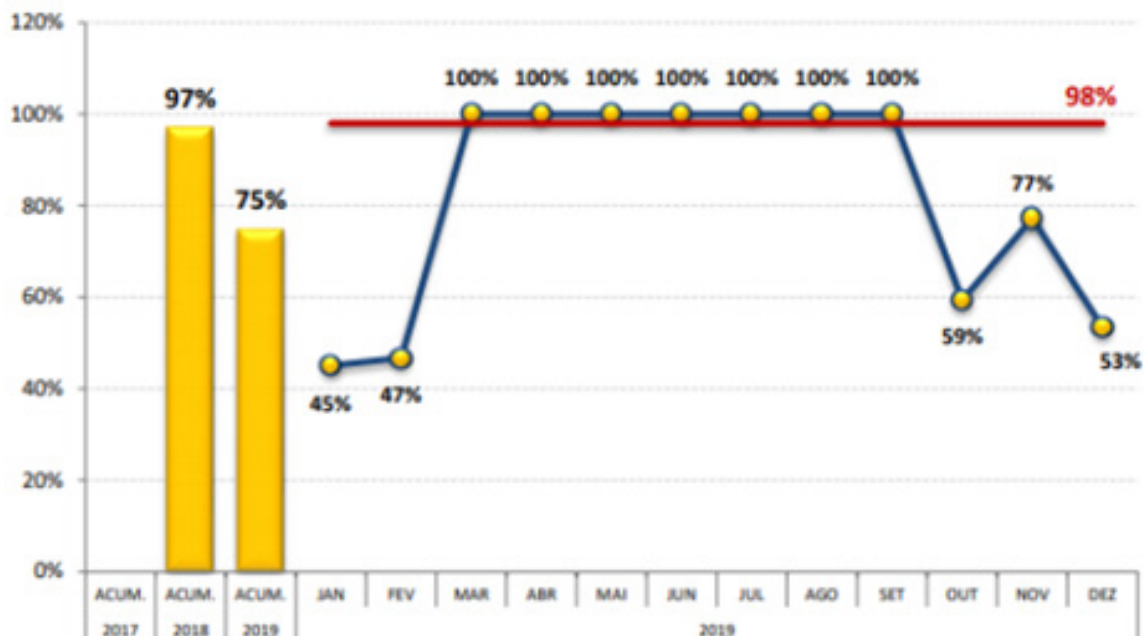
Dentro do processo de análise produção x refugo, o indicador apontou que em 2019 essa produção chegou a 2.074 peças com uma perda de 42 peças, o que apresenta relativamente um refugo baixo, porém a peça é de alto custo, Figura 8.

Figura 8- Indicador de análise de produção x refugo



No indicador de prazo de entrega, o percentual no ano de 2018 a 2019 ficou em 81,67%, um índice abaixo da média estipulada pela empresa, conforme a Figura 9. No ano de 2018 o percentual foi de 97%. Entre os dois anos a média acumulada foi de 89,34%.

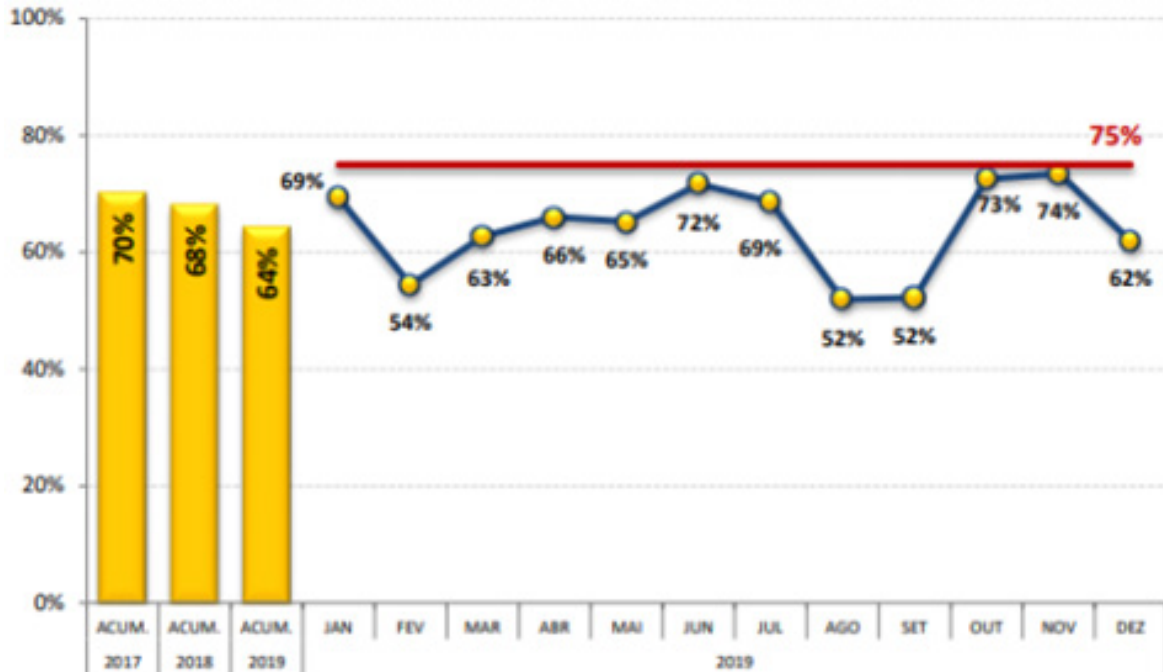
Figura 9- Indicador de prazo de entrega



O indicador de produtividade em 2018 apresentou uma média de produtividade de 68%, já no ano de 2019 o indicador apresentou uma média de 64,25%, entretanto o percentual estipulado pela empresa foi de 75%. Um percentual de 10,75% abaixo na produtividade, conforme a Figura 10. A média entre 2018 a 2019 obteve um percentual de

66,13%.

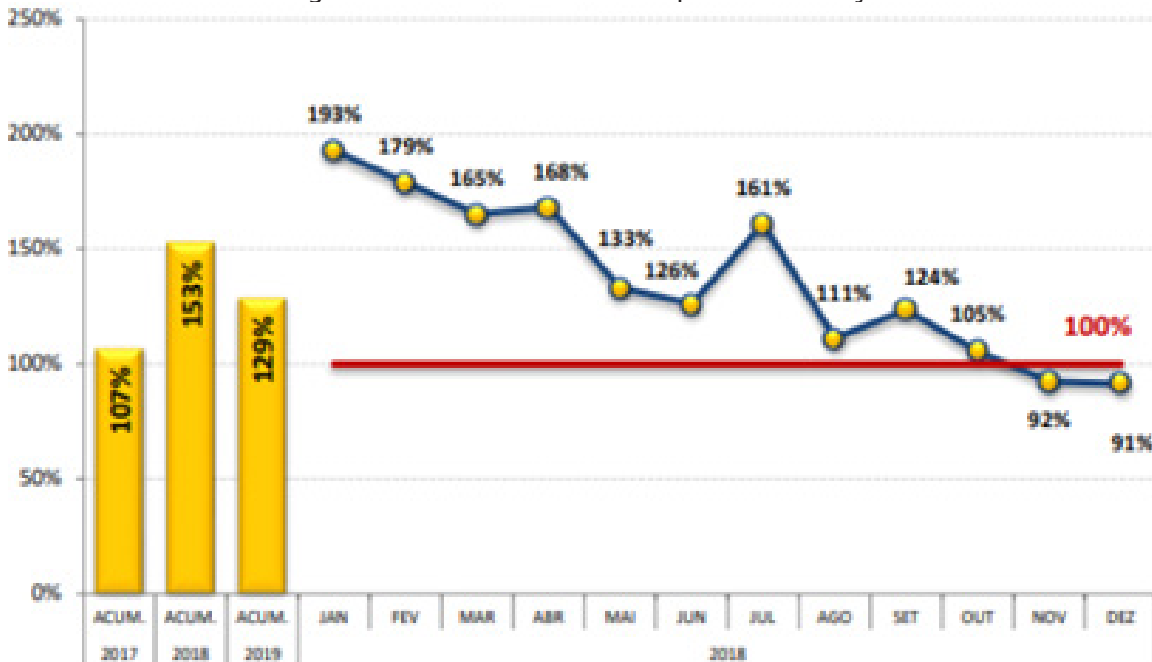
Figura 10- Indicador de produtividade entre 2018 a 2019



Fonte: Autor

O último indicador analisado foi o de tempo de fabricação que em 2018 apresentou um percentual de 153%, e na coleta de dados de 2019 o mesmo chegou a 137,34%, sendo que a meta da empresa é ter um tempo otimizado em 100%. A média negativa entre 2018 a 2019 tem um percentual de 145,17%, o que revela um alto índice em relação a meta estipulada, Figura 11.

Figura 11- Percentual de tempo de fabricação



Fonte: Autor

Os indicadores apresentam, de uma forma geral, uma linha produtiva com altos índices de não cumprimento das metas. Como o estudo apresentado se delimita em analisar o processo na operação 20 no Anel ROD02637-HAL-112, o próximo passo é aplicar o FMEA

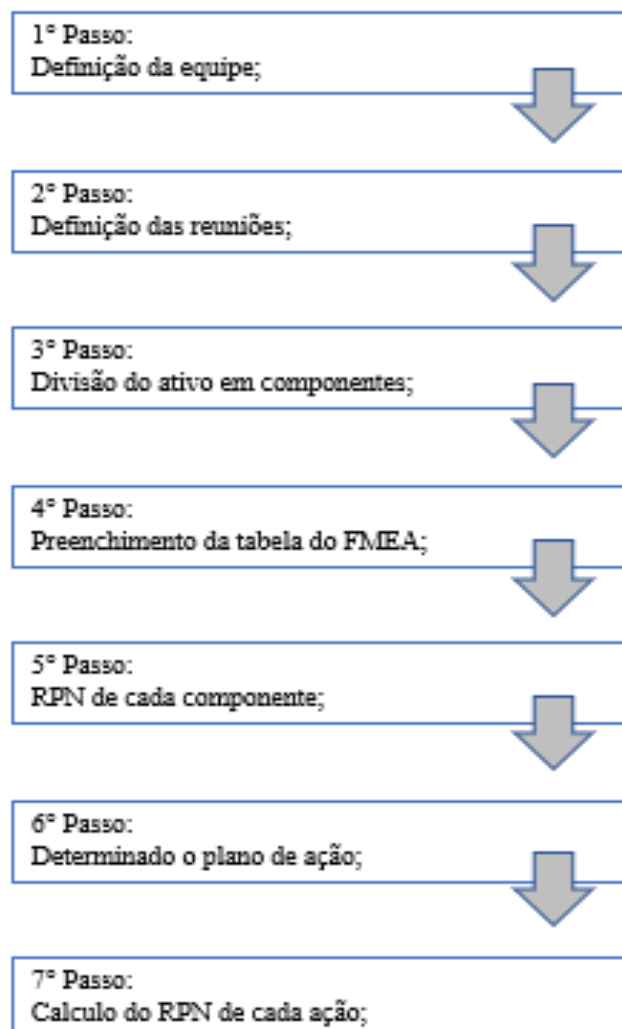
4.4. FMEA aplicado

4.4.1. Equipe do FMEA

Para compor a equipe do FMEA foi realizada uma reunião onde analisou-se os indicadores e os pontos que trazem um processo negativo na operação 20 no anel ROD-02637-HAL-112. A partir desta análise foi formado a equipe de gestão do FMEA composto pelos seguintes integrantes: supervisor de produção, inspetor da qualidade, engenheiro de vendas, programador CNC, operador de máquinas CNCs.

Uma outra ação antes de aplicar o FMEA foi definir como aconteceriam as reuniões para aplicar. Na empresa foi definido que as mesmas ocorreriam as quartas-feiras após o término do 1º turno de trabalho do setor de fabricação de rolamentos o que possibilitaria a participação de todos os integrantes sem afetar as demais atividades de cada um; estas reuniões tiveram duração aproximada de 1 hora e meia cada uma.

Figura 12- Etapas para a aplicação do FMEA



Fonte: Autor

4.5. FMEA aplicado no anel

Para o cálculo do RPN foi utilizado os dados do Quadro 1, abaixo citado que traz os valores definidos de gravidade, ocorrência e detecção, onde a base para ações corretivas é direcionada para as falhas que atinjam o RPN acima de 500.

Quadro 1- Análise FMEA

GRAVIDADE (GRAVITY)		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA		PROBABILIDADE DETECÇÃO		RISCO	
Apenas Perceptível	1	Muito remota	1	Muito alta	1	Baixo	1 a 99
Pouca Importância	2,3	Muito pequena	2	Alta	2,3	Moderado	100 a 500
Moderadamente Grave	4,5,6	Pequena	3	Moderada	4,5,6	Alto	501 a 1000
Grave	7,8	Moderada	4,5,6	Pequena	7,8		
Extremamente Grave	9,10	Alta	7,8	Muito Pequena	9		
		Muito Alta	9	Remota	10		

Fonte: Autor

Como o foco do estudo foi a operação 20 do ROD02637-HALL-112, o FMEA foi aplicado em seu processo geral, nesta análise foram pontuadas 9 etapas, porém a que evidenciou criticidade foi a etapa de desgaste 1º e 2º etapa, que acarreta problemas de tensões internas na matéria-prima, com um RPN de 504, conforme o Quadro 2.

Quadro 2- Principais modos de falha

FMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos					SUB ITEM: ROD02637-HAL-112				
() MANUTENÇÃO (X) PROCESSO () SISTEMAS									
Etapa do processo	Potencial X	Falhas possíveis			Controle atuais	S	O	D	RPN
		Modo de falha	Efeito da falha	Causas					
Recebimento da matéria-prima	Falta de inspeção de recebimento	Anel seguir para produção sem abertura do registro de inspeção de recebimento RIR	Perda de Registro para rastreabilidade	Falha operacional não seguindo o fluxo de recebimento e inspeção de anéis.	ITT 11.72 Inspeção de Matéria Prima e Componentes	7	4	7	196
Desbaste 1º e 2º Etapa	Ovalização ou empenamento da matéria-prima	Impossibilitar a próxima operação de ser continuada	Sucateamento do anel	Problemas de tensões internas na matéria-prima	Plano de controle	7	5	1	504
Têmpera por indução	Escolha errada dos parâmetros de indução para protótipos	Dificuldade de obtenção do tamanho de grão apropriado na realização de protótipos	Tamanho de grão fora do especificado, retrabalho e correção de parâmetros de indução	Não possuir um pirômetro laser estacionário	Não há	6	7	3	126

Forno	Pular esta operação	Tensão interna do material	Afetar o desempenho ou funcionamento em campo ou sucateamento do anel	Falta de controle da conclusão desta	Não há	7	5	7	245
Desempenho do anel	Pular esta operação	Impossibilitar a próxima operação de usinagem de continuar o trabalho	Desperdício de tempo com a movimentação do anel de volta para o ACA	Falta de controle da conclusão desta	Não há	4	6	1	24
Inspeção	Capacidade do braço Tridimensional	Braço Tridimensional com capacidade máxima de medição de 3.000 mm.	Necessidade de contratar uma empresa terceirizada com um braço de maior capacidade	Aumento do tamanho dos rolamentos dos novos projetos	Inspeção realizada por empresa contratada.	8	4	8	256
Furação 1º e 2º Etapa	Ajuste manual de coordenadas no programa	Medidas fora do especificado	Retrabalho ou sucateamento do mesmo	O software Top-Solid está com problemas em seu pós-processador	Controle manual de dois programadores	7	4	5	140
Acabamento 1º e 2º Etapa	Queda de energia	Parada súbita da usinagem	Retrabalho ou sucateamento do mesmo	Problemas no fornecimento de energia	Não há	7	4	2	56
Inspeção	Pular etapa de inspeção	Montar anel sem inspeção	Anel montado problema dimensional ou defeitos (Trincas inclusões)	Não seguir fluxo de fabricação	Fluxo de fabricação e identificação dos anéis após inspeção, plano de controle	7	3	6	126

Fonte: Autor

Com base nesta análise de criticidade, o próximo passo foi aplicar ações corretivas voltadas para melhoria no processo da operação 20 no anel ROD02637-HALL-112.

4.3. Plano de ação voltada para a etapa de desbaste na operação 20 no anel ROD02637-HAL-112

Com o RPN de 504 na causa determinada, no Quadro 3 foi identificado pelo time de melhorias do FMEA como ação corretiva o desenvolvimento do processo usinagem para eliminar ou reduzir ovalização ou empenamento da matéria-prima. Uma ação que busca otimizar o processo e reduzir substancialmente as causas que refletem negativamente no processo da operação 20.



Quadro 3- Plano de ação

FMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos		SUB ITEM:				ROD- 02637-HAL-112
() MANUTENÇÃO (X) PROCESSO () SISTEMAS						
Etapa do processo	Causas	Índices				Ações
		S	O	D	RPN	
Recebimento da matéria-prima	Falha operacional não seguindo o fluxo de recebimento e inspeção de anéis.	7	4	7	196	Treinamento para colaboradores e conscientização nas reuniões semanais de produção (Bom dia)
Desbaste 1º e 2º Etapa	Problemas de tensões internas na matéria-prima	7	5	1	504	Desenvolver processo de usinagem para eliminar ou reduzir a ovalização ou empenamento da matéria-prima
Têmpera por indução	Não possuir um pirômetro laser estacionário	6	7	3	126	Estudar a possibilidade de aquisição de um pirômetro laser estacionário
Forno	Falta de controle da conclusão desta	7	5	7	245	Desenvolver um sistema de lançamento online que funcione como trava para o próximo processo.
Desempeno do anel	Falta de controle da conclusão desta	4	6	1	24	Não se aplica
Inspeção	Aumento do tamanho dos rolamentos dos novos projetos	8	4	8	256	Estudo para aquisição de braço tridimensional de maior capacidade ou outro equipamento de medição que atenda os requisitos dos clientes.
Furação 1º e 2º Etapa	O software TopSolid está com problemas em seu pós-processador	7	4	5	140	Fazer o upgrade para a versão 7 do TopSolid com o Pós-processador já ajustado
Acabamento 1º e 2º Etapa	Problemas no fornecimento de energia	7	4	2	56	Não se aplica
Inspeção	Não seguir fluxo de fabricação	7	3	6	126	Desenvolver um sistema de lançamento online que funcione como trava para o próximo processo.

Fonte: Autor

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1. Implantação de melhorias

No processo de implementação de melhorias, as ações foram voltadas para redução do RPN de 504, com objetivo de padronizar as etapas de desbaste. Após realização da inversão das operações 20 e 30, obteve-se um controle maior na da ovalização e empenamento sendo reduzido de 1,8mm para 0,25mm evitando que a mesma venha a ter um retrabalho, onde em uma nova análise de RPN esse reduziu de 504 para 35, conforme Quadro 4.

Quadro 4- Análise de índice de RPN entre o cenário atual e futuro

FMEA - Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos				SUB ITEM: ROD02637-HAL-112						
() MANUTENÇÃO (X) PROCESSO () SISTEMAS										
Etapa do processo	Causas	Índices				Ações	Índices			
		S	O	D	RPN		S	O	D	RPN
Recebimento da matéria-prima	Falha operacional não seguindo o fluxo de recebimento e inspeção de anéis.	7	4	7	196	Treinamento para colaboradores e conscientização nas reuniões semanais de produção (Bom dia)	7	2	3	42
Desbaste 1º e 2º Etapa	Problemas de tensões internas na matéria-prima	7	5	1	504	Desenvolver processo de usinagem para eliminar ou reduzir a ovalização ou empenamento da matéria-prima	7	2	3	35
Têmpera por indução	Não possuir um pirômetro laser estacionário	6	7	3	126	Estudar a possibilidade de aquisição de um pirômetro laser estacionário	7	3	2	42
Forno	Falta de controle da conclusão desta	7	5	7	245	Desenvolver um sistema de lançamento online que funcione como trava para o próximo processo.	7	2	1	14
Desempeno do anel	Falta de controle da conclusão desta	4	6	1	24	Não se aplica				
Inspeção	Aumento do tamanho dos rolamentos dos novos projetos	8	4	8	256	Estudo para aquisição de braço tridimensional de maior capacidade ou outro equipamento de medição que atenda os requisitos dos clientes.	8	2	2	32
Furação 1º e 2º Etapa	O software TopSolid está com problemas em seu pós-processador	7	4	5	140	Fazer o upgrade para a versão 7 do TopSolid com o Pós-processador já ajustado	7	1	2	14
Acabamento 1º e 2º Etapa	Problemas no fornecimento de energia	7	4	2	56	Não se aplica				
Inspeção	Não seguir fluxo de fabricação	7	3	6	126	Desenvolver um sistema de lançamento online que funcione como trava para o próximo processo.	7	1	3	21

Fonte: Autor

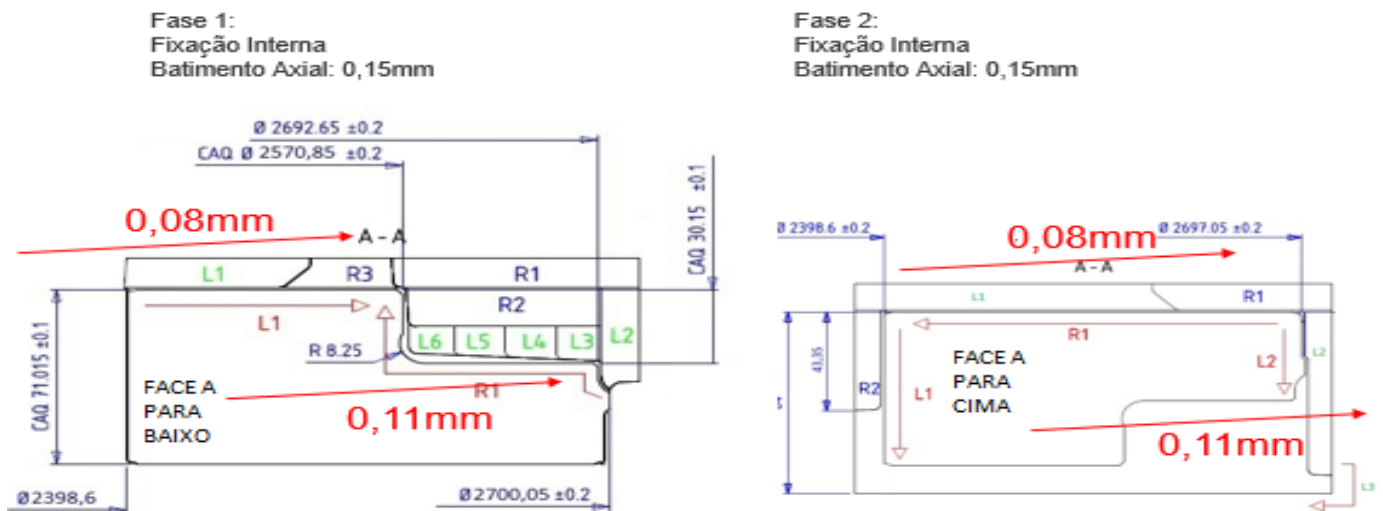
A padronização do processo foi o ponto de diferencial para a próxima etapa do estudo de caso que apresenta o processo de validação e os indicadores futuros com redução de perdas e aumento da produtividade.



5.2. Validação do Processo de Usinagem do ROD02637-HAL-112 no estado futuro

Com as ações corretivas junto a operação 20 no anel ROD02637-HAL-112, houve reflexos de melhorias no processo de desbaste da 1^o e 2^o etapa, e com o desenvolvimento do processo de usinagem para eliminar ou reduzir ovalização ou empenamento da matéria-prima da peça inverteu-se sua posição que antes a peça era apoiada com a face A para cima ficando agora para baixo. Na Figura 13, é observado uma representação do desbaste com as ações corretivas já aplicadas e o conceito segue o mesmo. A mesma figura, traz os detalhes métricos da operação 20 no processo futuro, onde cada indicação com a letra R na cor azul representa as operações de torneamento por desbaste executada pelo eixo do lado direito do torno vertical, assim tem-se que o lado direito executa parte do desbaste da face e o desbaste do diâmetro interno. O mesmo conceito se aplica para cada indicação com a letra L que na cor verde representa as operações de torneamento por desbaste executada pelo eixo do lado esquerdo do torno vertical, assim tem-se que o lado esquerdo executa parte do desbaste da face e o desbaste do diâmetro externo. Já para as indicações com a letra R na cor vermelha representa as operações de torneamento por acabamento executada pelo eixo do lado direito do torno vertical, assim tem-se que o lado direito executa o acabamento total da face, o mesmo conceito se aplica para cada indicação com a letra L na cor vermelha que representa as operações de torneamento por acabamento executada pelo eixo do lado esquerdo do torno vertical, assim tem-se que o lado esquerdo executa parte do acabamento do diâmetro interno e o acabamento do diâmetro externo. E o destaque é para a seta na cor vermelha, onde destaca-se sentido e o valor do empenamento.

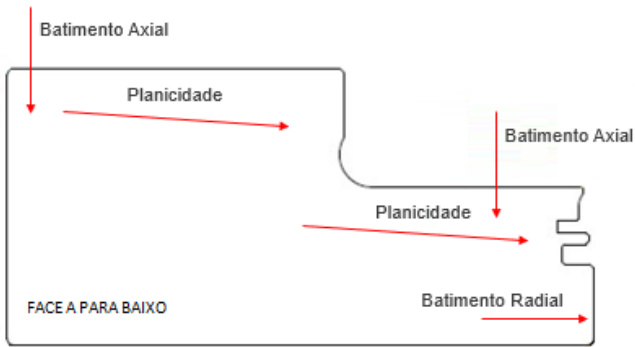
Figura 13- Operação 20 depois da ação corretiva (Estado Futuro)



Fonte: Autor

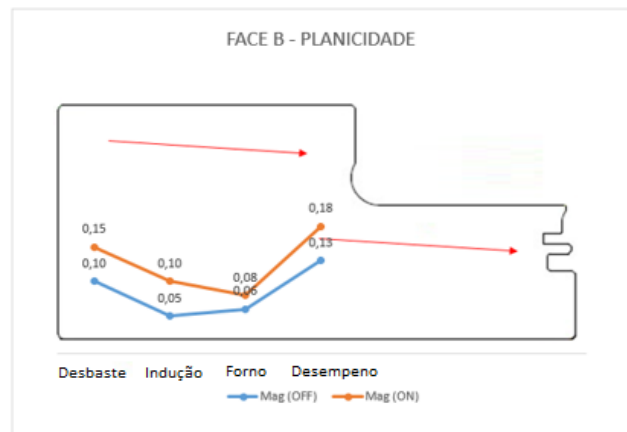
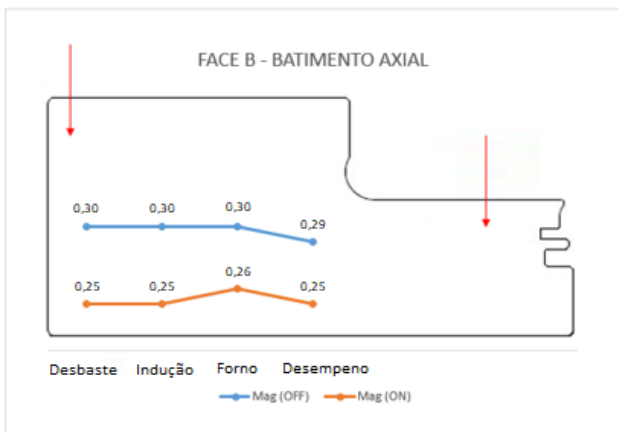
Com as ações corretivas junto a operação 20 no anel ROD02637-HAL-112 com o lado A para baixo, foram realizadas medições durante todo o processo desde a operação de desbaste até a operação de desempenho sendo listados e tabelados conforme Figura 14.

Figura 14- Acompanhamento no estado futuro



Operação	Batimento Axial		Planicidade	
	Mag (On)	Mag (Off)	Mag (On)	Mag (Off)
Desbaste	0,25	0,30	0,15	0,10
Indução	0,25	0,30	0,10	0,05
Forno	0,26	0,30	0,08	0,06
Batimento Radial	0,6mm			
Desempeno	0,25	0,29	0,18	0,13
Batimento Radial	0,25mm			

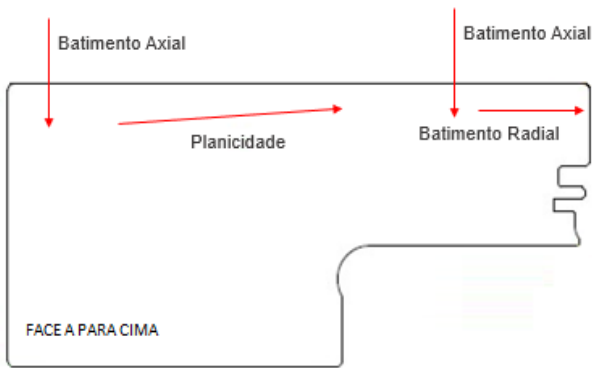
* Temperatura da peça: 29,4°C



Fonte: Autor

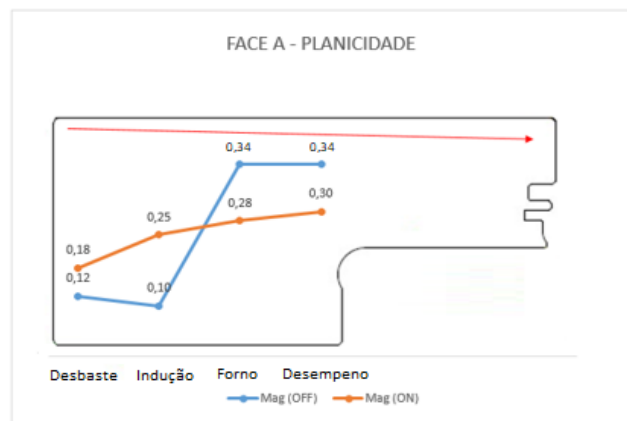
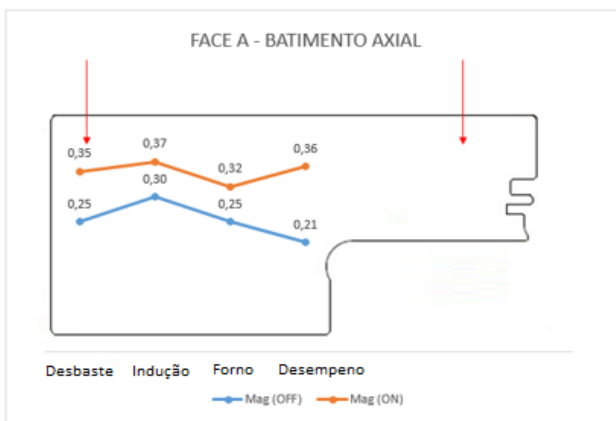
Com as ações corretivas junto a operação 20 no anel ROD02637-HAL-112 com o lado A para cima, foram realizadas medições durante todo o processo desde a operação de desbaste até a operação de desempenho sendo listados e tabelados conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Acompanhamento no estado futuro



Operação	Batimento Axial		Planicidade	
	Mag (On)	Mag (Off)	Mag (On)	Mag (Off)
Desbaste	0,35	0,25	0,18	0,12
Indução	0,37	0,30	0,25	0,10
Forno	0,32	0,25	0,28	0,34
Batimento Radial	0,6mm			
Desempeno	0,36	0,21	0,30	0,34
Batimento Radial	0,25mm			

* Temperatura da peça: 29,4°C



Fonte: Autor

Com as ações corretivas junto a operação 20 no anel ROD02637-HAL-112 com o lado A para cima, foram realizadas medições no interior da máquina com auxílio de relógios comparadores durante todo o processo desde a operação de desbaste até a operação de desempeno, sendo listados e tabelados conforme a figura abaixo que representa a planicidade após a operação de desempeno, onde foi encontrado um empenamento aceitável de 0,34mm o que antes era de 0,50mm, conforme apresentado na Figura 16.

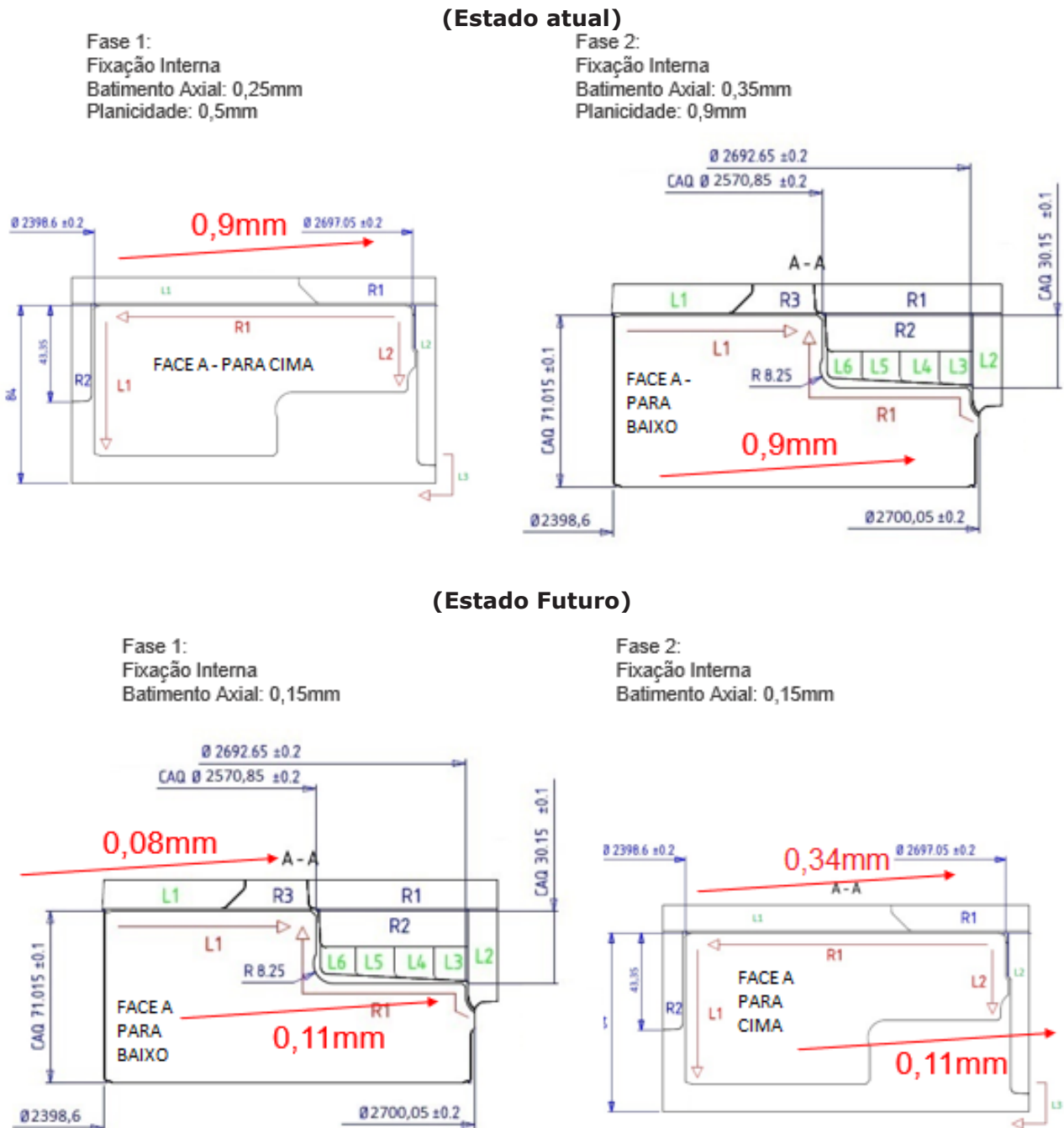
Figura 16- Representação real do estado futuro



Fonte: Autor

Na Figura 17, é apresentado o comparativo entre o estado atual e futuro da peça após as ações de melhorias implementadas.

Figura 17- Representação real do comparativo entre estado atual e estado futuro



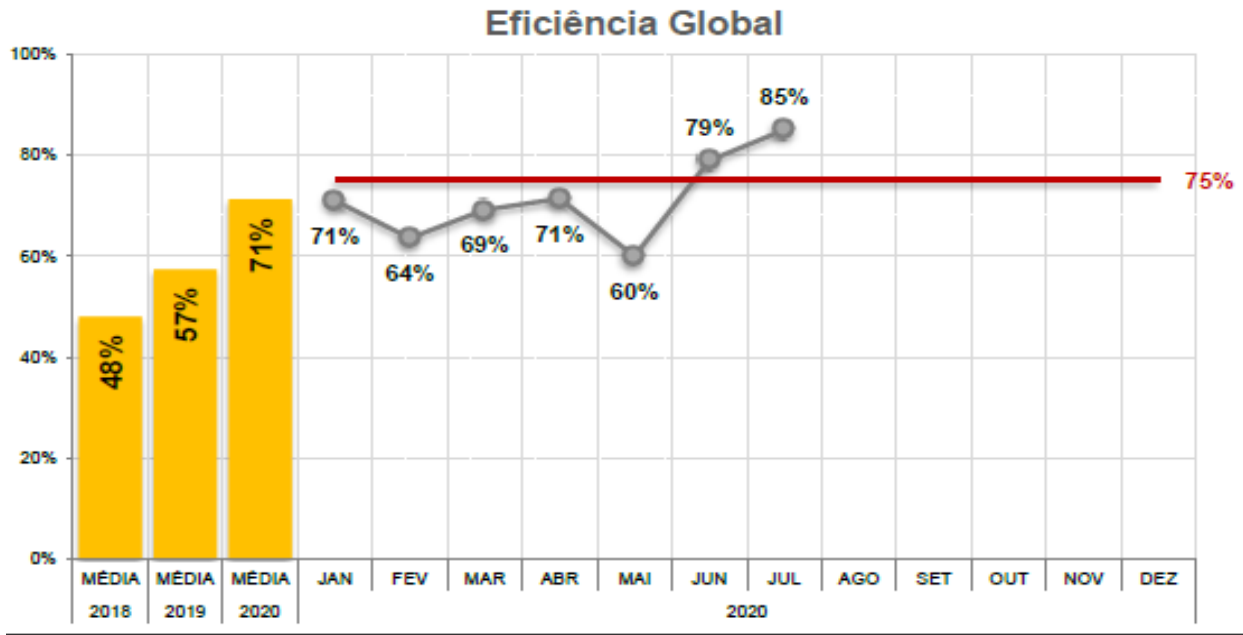
Fonte: Autor

5.2. Indicadores no estado futuro

Dentro do processo de ações corretivas o reflexo com o projeto refletiu positivamente na empresa. A Figura 18 traz o indicador de eficiência global que entre 2018 e 2019 manteve uma média 48% e 57% respectivamente. Em 2020 nos sete primeiros meses o índice chegou a uma média de 71%, onde os meses de junho e julho a eficiência obtiveram os

maiores percentuais. Válido lembrar que a meta desse indicador é de 75%.

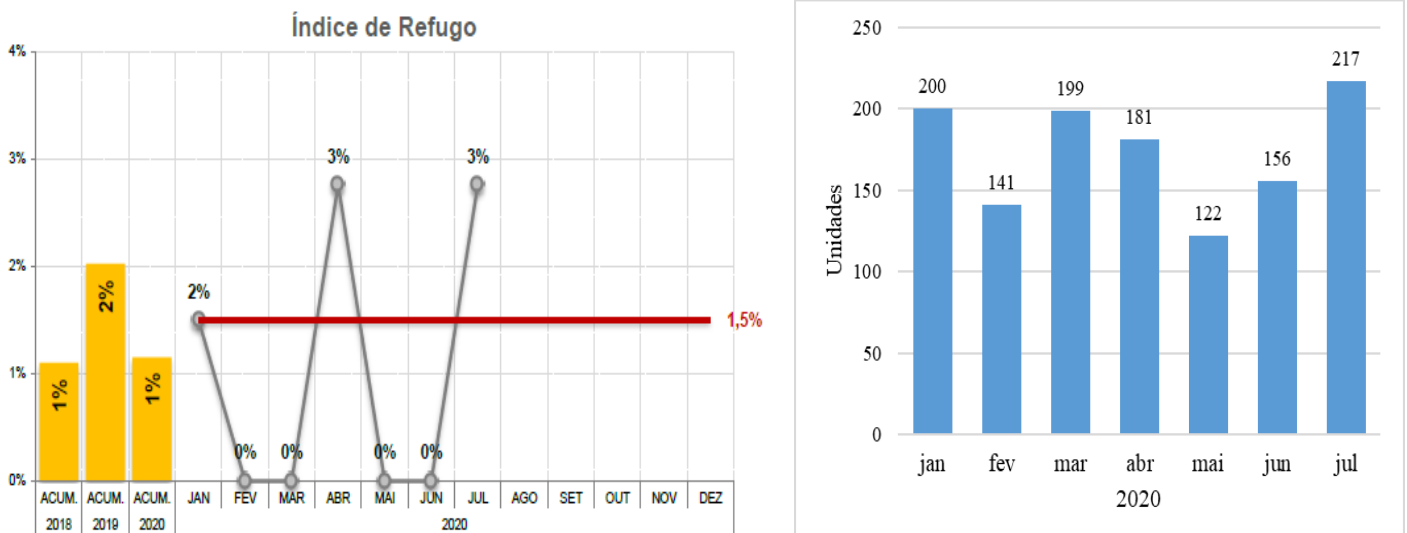
Figura 18- Indicador de eficiência global no estado futuro



Fonte: Autor

Nos indicadores de refugo nos anos de 2018 e 2019 o percentual atingiu uma média de 1,51% entre os dois anos, no estado futuro esse percentual entre janeiro a julho de 2020 ficou em 2,67% ultrapassando a média de 1,5% estipulada pela empresa. Um índice alto, porém, é relevante salientar que foram computados apenas 7 meses; a perspectiva é que até dezembro de 2020 esse percentual reduza abaixo da meta. Já no que tange a quantidade de rolamentos produzidos essa média entre os sete primeiros meses de 2020 atingiu 1.216 unidades, sendo os meses de janeiro, março e julho os meses com maior produção, Figura 19.

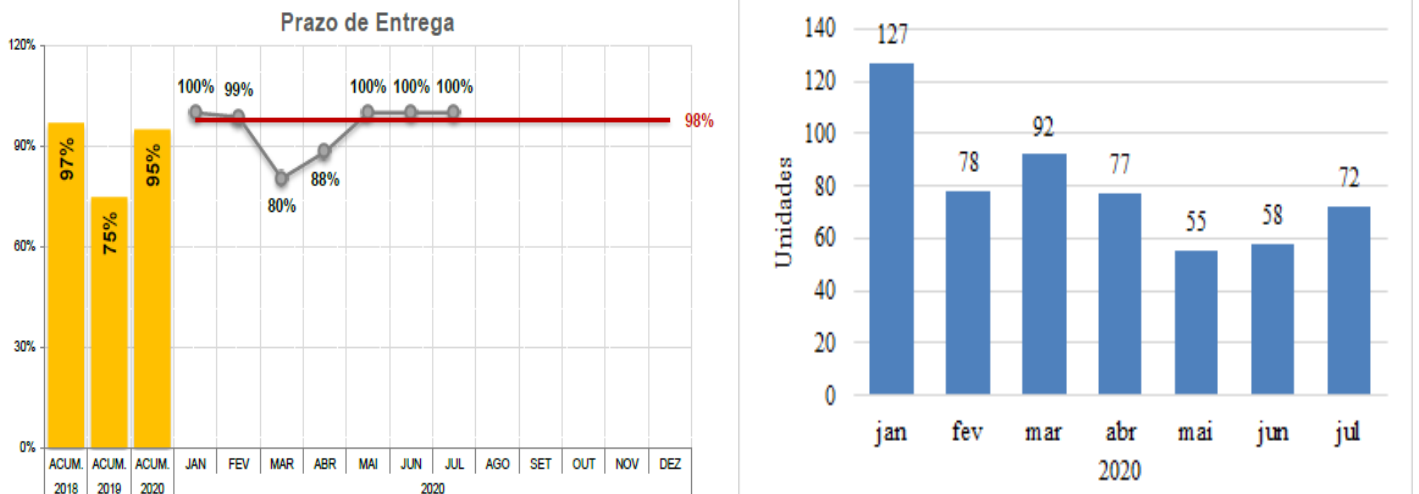
Figura 19- Índice de refugo x quantidade de rolamentos produzidos no estado futuro



Fonte: Autor

A Figura 20 traz os indicadores de prazo de entrega x a quantidade de rolamentos expedidos após as ações corretivas na operação 20 no anel ROD02637-HAL-112, onde em 2018 a 2019 a média de prazo de entregas ficou entre 89,34%, já no estado futuro esse percentual atingiu 95% entre os meses de janeiro a julho de 2020, onde a meta estipulada é de 98%. Dentro dos indicadores de 2020 somente os meses de março e abril ficaram abaixo da meta. Em relação ao volume de rolamentos expedidos esse montante chegou a 559 unidades, evidenciando a otimização no processo.

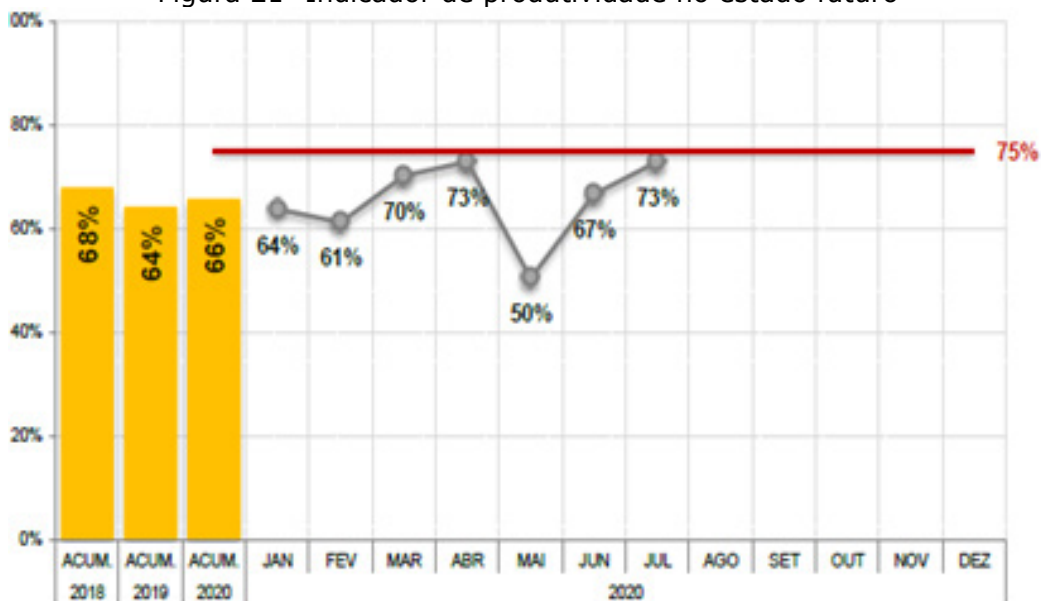
Figura 20- Indicador de prazo de entrega x quantidades de rolamentos expedidos no estado futuro



Fonte: Autor

O indicador de produtividade entre os anos de 2018 e 2019 pontuou uma média de 66,13%, após as ações corretivas foi refeito a coleta de dados com base nos sete primeiros meses de 2020, atingindo um percentual de 66% de média, sendo que a meta da empresa é de 75%, dentro das ações de melhorias o objetivo é ultrapassar essa meta, Figura 21.

Figura 21- Indicador de produtividade no estado futuro

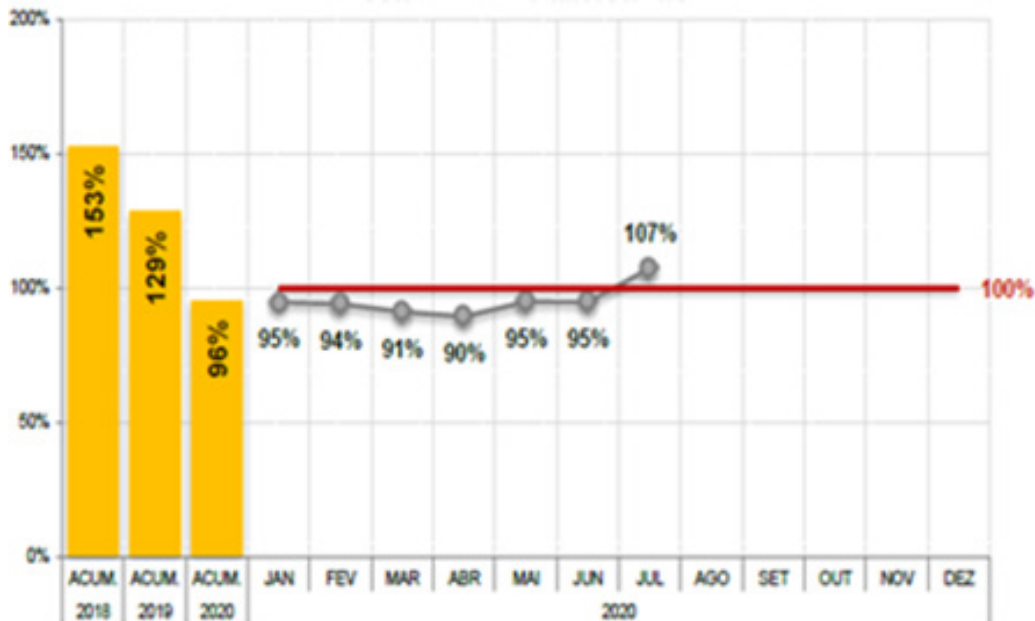


Fonte: Autor

O último indicador analisado para compor o relatório de melhorias nesta pesquisa-ação foi os tempos de fabricação, o reflexo das corretivas na operação 20 no anel ROD-02637-HAL-112, evidenciou que nos anos de 2018 a 2019 esse percentual atingiu uma

média de 145,71%. Nos meses de janeiro a julho de 2020 esse percentual atingiu uma média de 96% evidenciando que a padronização implementada para reduzir a ovalização ou empenamento no processo de usinagem da matéria-prima trouxe resultados expressivos para empresa, conforme Figura 22.

Figura 22 - Indicador de tempos de fabricação no estado futuro



Fonte: Autor

Os indicadores apresentados no estado futuro confirmaram que as ações corretivas junto a operação 20 no anel ROD02637-HAL-112 foram importantes e com resposta de otimização.

5.3. Perspectivas futuras

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento do processo de usinagem para eliminar ou reduzir a ovalização ou empenamento da matéria-prima da peça ROD-02637-HAL-112. Com o objetivo alcançado e todos os indicadores normalizados com a meta, toda a documentação do processo que abrange a operação 20 do respectivo anel será alterada e os colaboradores receberão treinamentos sobre essa alteração visando que todos utilizem a documentação atualizada e possam executar de forma padronizada a operação do anel ROD02637-HAL-112.

6. CONSIDERAÇÕES

As turbinas eólicas têm sido amplamente usadas nos países desenvolvidos, no ambiente da geração distribuída, são nomes dados as centrais de pequeno/médio porte, ligadas ao sistema na tensão da rede distribuidora. Conforme o tipo da turbina eólica, são empregados rolamento de giro, rolamentos de rolo de três fileiras ou rolamentos de rolo cilíndrico. Enquanto os rolamentos de rolo levam a tensões menores na construção adjacente, o rolamento de rolo cilíndrico oferece, especialmente, um suporte sem folgas,

o que contribui para o desempenho ideal de rolagem do corpo rolante.

O objetivo estipulado para compor este artigo foi atingido trazendo melhorias substanciais no processo de desbaste na operação 20 no Anel ROD 02637-HAL-112. A peça em estudo foi um rolamento para turbinas eólicas e para uma maior precisão nos dados, as informações técnicas de produção de melhorias foram delimitadas somente a este item.

Dentre os indicadores utilizados na empresa, para este estudo foram avaliados os de refugo x produção, prazo de entrega, de produtividade e tempo de fabricação.

Nos indicadores de refugo entre 2018 a 2019, o percentual ficou em 1,51% de média, já o montante de produção em 2019 chegou a 2.074, porém com um refugo de 42 peças. No de prazo de entrega a média entre os dois anos foi de 89,34%. A produtividade nos mesmos anos pontuou 66,13% onde a meta é de 75% e o indicador de tempo de fabricação entre 2018 a 2019 apresentou um percentual médio de 145,17%. Os índices evidenciaram os pontos de criticidade no processo.

Em decorrência dos índices obtidos, organizou-se a equipe de gestão de FMEA, sendo eles o supervisor de produção, inspetor de qualidade, engenheiro de vendas, programador CNC e operador de máquinas CNC's. A equipe identificou os pontos negativos na análise dos indicadores e aplicou a ferramenta FMEA onde foi pontuado 504 na ação de desbaste na 1^o e 2^o etapa. Com a análise do FMEA foram deliberados pela equipe de melhorias a padronização no processo de redução da ovalização ou empenamento no processo usinagem da matéria-prima que trouxe resultados expressivos para empresa.

Com as ações corretivas foram reavaliados os indicadores para identificar as melhorias. Nesta etapa foram analisados o indicador de eficiência global que entre 2018 a 2019 tinha uma média de 52,5%, com as ações corretivas essa média entre janeiro a julho de 2020 ficou em 71%, sendo que a meta da empresa é de 75%, porém até dezembro de 2020 a perspectiva é ultrapassar está meta. Nos de refugo, entre 2018 e 2019, o percentual foi de 1,51%, entre janeiro a julho de 2020 esse percentual ficou em 2,67%, entretanto como a média é anual a perceptiva para o fim de 2020 é que se encerre abaixo da meta de 1,5%.

No indicador de prazo de entrega no estado atual apresentou uma média de 89,34%; com as ações corretivas nos sete primeiros meses de 2020, o estado futuro chegou a 95% frente a meta de 98%. Sendo nestes mesmos meses expedidos 559 unidades de rolamentos. No de produtividade entre 2018 a 2019, a média ficou em 66,13%, nos seis primeiros meses de 2020 atingiu o percentual de 66%, visando atingir em dezembro a meta de 75%. O último indicador foi o de tempo de fabricação que entre 2018 e 2019 se mostrava um processo negativo com um percentual de 145,71%; mediante as ações corretivas o indicador reduziu para 96%, mostrando um processo produtivo otimizado.

Todas as ações levaram a um reflexo significativo para a operação 20 no anel ROD 02637-HAL-112, evidenciando que os resultados foram alcançados com o estudo de caso.

Referências

- AGUIAR, C.J.; SILVA, J.C.M.J.; VASCONCELOS, C. **Análise de uma linha de produção e de seu arranjo físico sob aspectos do sistema *lean manufacturing* no processo produtivo- estudo de caso de uma confecção de pequeno porte.** EMEPRO, Juiz de Fora, 2017.
- ALVES, B.G. **Identificação de falhas no processo de elaboração de fichas técnicas de novos produtos em uma indústria de estofados.** Universidade estadual de Maringá, Paraná, 2018.
- BATISTA, C.J.M. **Avaliação dos procedimentos de licenciamento ambiental e a normalização de empreendimentos voltados à geração de energia eólica em Pernambuco.** (Dissertação de Mestrado), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2019.
- BREMM, L. *ET al.* FMEA como ferramenta para análise de falha de produto: avaliação da rugosidade superficial do processo de torneamento a quente. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 2, 2019.
- CÂMPELO, J.R.; Albuquerque, E.L.S.; Filho, J.M.M.M. Complexo eólico Chapada do Piauí I: benefícios sociais e impactos ambientais no Município de Marcolândia, Estado do Piauí. **Geografia**, Londrina, v. 29, n. 1, 2020.
- CARDOSO, C.G.L; JUNIOR, V.S.; OLIVEIRA, U.R. Gerenciamento de riscos operacionais no processo de qualidade assegurada na fabricação de arame recozido. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 4, 2019.
- COSTA, M.L.M.A. **Estudo comparativo da viabilidade de implantação de energia solar fotovoltaica e energia eólica em condomínio residencial horizontal em área litorânea.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2019.
- COUTINHO, A.C.A; MOLLICA, A.M.V. A importância do treinamento e desenvolvimento em unidades de fabricação de móveis: um estudo de caso da empresa Leifil Ltda. **Caderno Científico FAGOC de Graduação e Pós-Graduação**, v. III, 2018.
- FIGUEIREDO, M.T.; RODRIGUES, A.L. **Proposta de implantação da manutenção preventiva no setor de solda em uma empresa metalmeccânica.** Universidade Estadual de Maringá, 2017.
- FILHO, A.C. **Análise dos Leilões de Energia Eólica brasileira no período de 2009 a 2017.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Itajubá, 2019
- JUNIOR, M.P.; LIMA, A.; STOCO, W.H. Busca de melhoria continua em processo produtivo: aplicações das ferramentas da gestão da qualidade. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, 2020.
- LAS CASAS, A.L. **Qualidade Total em serviços.** 7º ed., Atlas, 2020.
- LIMA, E.C.; SANTOS, I.A.; MOIZINHO, L.C.S. Energia Eólica no Brasil: oportunidades e limitações para o desenvolvimento sustentável. **Revista Estudo & Debate**, Lajeado, v. 25, n. 1, 2018.
- LIMA, J.H.S. **A perspectiva da energia eólica no Brasil.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2019.
- MARTINS, C. **Estudo de padronização de partes de produtos em uma família de máquinas de envaso.** Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, RS, 2019.
- MATOS, V.S.; CECCONELLO, I. Integração QFD/FMEA no desenvolvimento de produto: um estudo de caso de uma empresa de automação. **Scientia Cum indústria**, v.7, n.2, 2019.
- MENEZES, C.A.G. **FMEA de processo na indústria automotiva:** uma análise sobre a aplicação do Número de Prioridade de Risco (RPN). (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2020.
- MOREIRA, J.R.S. (Org.). **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética.** 1. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- RIBEIRO, A.L. **Gestão de Treinamento de pessoas.** 1. ed., São Paulo: Saraiva Educação, 2018.
- SANTOS, A.R. *et al.* Redução de índice de refugo de uma linha de usinagem com a utilização de ferramentas

CAPÍTULO 6

da qualidade. **Pesquisa e Ação**, v.5, n.4, 2019.

SANTOS, T.; SANTOS, L. **Economia do meio ambiente e da energia**: fundamentos teóricos e aplicações. 1. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2018

SILVEIRA, A.M. *et al.* **Confiabilidade de sistemas**. Porto Alegre: SAGAH, 2019.

SOARES, R. **Estudo do processamento e da produção de energia eólica**. UNOPAR, Ponta Grossa, 2019.

SOUZA, L.M.R. **A utilização de ferramentas da qualidade no controle e redução das perdas em um açougue de supermercado**: estudo de caso. Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2019.



CAPÍTULO 7

O IMPACTO DO USO DE FERRAMENTAS DE CONTROLE DE QUALIDADE NO PROCESSO PRODUTIVO DE CERVEJA

THE IMPACT OF THE USE OF QUALITY CONTROL TOOLS ON THE BEER
PRODUCTIVE PROCESS

Thamara Gomes Lima
Rhubens Ewald Moura Ribeiro

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo descrever como o uso da ferramenta da qualidade Controle Estatístico do Processo – CEP, através dos gráficos de controle auxilia na manutenção da confiabilidade dentro do processo de produção de cerveja através de uma análise da literatura disponível sobre o tema. Utilizou-se conceitos teóricos para justificar o uso de gráficos de controle dentro do processo de produção da cerveja, que inclui diversas etapas como mosturação, fermentação, maturação, filtração e engarrafamento. Através da pesquisa, foi possível observar que tal ferramenta, em seus mais diversos tipos, já é bastante utilizada como método de controle, visto que o processo de produção de cerveja contém diversos parâmetros (legais e de qualidade) a serem cumpridos.

Palavras-chave: Controle Estatístico da Qualidade; Cartas de controle; Produção de cerveja.

Abstract

This work aimed to describe how the use of the Statistical Process Control – CEP quality tool, through control charts, helps to maintain reliability within the beer production process through an analysis of the available literature on the subject. Theoretical concepts were used to justify the use of control charts within the beer production process, which includes several steps such as mashing, fermentation, maturation, filtration and bottling. Through the research, it was possible to observe that this tool, in its most diverse types, is already widely used as a control method, since the beer production process contains several parameters (legal and quality) to be complied with.

Keywords: Statistical Quality Control; Control charts; Beer production.

1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, os alimentos não estão ligados apenas ao cumprimento das necessidades fisiológicas, mas também a proporcionar aos consumidores satisfação, prazer e bem-estar (LIMA *et al.*, 2015). Para atingir tal objetivo, as empresas, que objetivam manter-se no topo concorrencial, devem alinhar-se aos princípios da gestão do processo e da qualidade (LUZ *et al.*, 2019)

Dentro da indústria alimentícia o ramo das cervejas vem crescendo cada vez mais nos últimos anos, tornando-se um investimento atrativo, visto que o aumento em suas qualidades sensoriais é valorizado pelo consumidor (CARDOSO, 2019). Poucos setores são tão internacionalizados e concorridos, em termos empresariais, quanto o da cerveja, sendo esta uma das bebidas mais consumidas em todo o mundo (TROMMER, 2014).

O processo cervejeiro está sempre em constante desenvolvimento e crescimento e,



para garantir a qualidade da cerveja, é fundamental garantir a qualidade de suas matérias primas e boas práticas de fabricação (VERRESCHI, 2018). Para tal, é essencial para prever e garantir uma cerveja adequada, a adoção de um programa que abrange o uso adequado de boas práticas de produção, assim como o uso de ferramentas de produção que auxiliam a integridade do programa e seu controle (SANTOS, 2019).

Além disto, pode-se considerar que o processo de produção da cerveja requer o enquadramento em diversos requisitos, tais como acidez, oxidação, amargor, cor, aroma, adstringência, teor alcoólico (LUZ *et al.*, 2019), além de normas e diretrizes exigidas por órgãos regulamentadores sanitários brasileiros, como é o caso da Vigilância Sanitária.

Diante disto, o presente trabalho tem como objetivo descrever como o uso da ferramenta da qualidade Controle Estatístico do Processo – CEP, através dos gráficos de controle auxilia na manutenção da confiabilidade dentro do processo de produção de cerveja através de uma análise da literatura disponível sobre o tema. A escolha do tema deu-se devido à proximidade da autora ao tema, imersa dentro do processo de produção da cerveja e utilizando tal ferramenta como mecanismo de controle.

O trabalho está estruturado em introdução, referencial teórico, metodologia de pesquisa, resultados e discussões e por fim, conclusão e referencias utilizadas para a construção do mesmo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve histórico sobre a Cerveja

A indústria de cerveja pode ser considerada uma das mais importantes atividades produtivas do século XXI, embora sua produção perpassasse séculos e seu consumo tenha sido introduzido como parte dos hábitos alimentares por diversas civilizações há, pelo menos, 7.000 antes da Era Cristã (FREITAS, 2015).

Ao se considerar a história da cerveja no Brasil, afirma-se que iniciou com a chegada da família real por volta de 1808, onde trouxe esta bebida da Inglaterra que, na época era a maior produtora da Europa. Dessa forma, a cerveja inglesa predominou por muito tempo no mercado brasileiro. Mais tarde, ao holandês Maurício de Nassau junto com *Dirck Dix* fundaram a primeira cervejaria, oferecendo um produto mais barato e com qualidade inferior comparada com a bebida inglesa (MORESCO, 2019).

A cerveja é uma bebida carbonatada de teor alcoólico entre 3 e 8%, preparada pela junção de malte de cevada, lúpulo, fermento e água, podendo também ser utilizados arroz, milho e trigo como substituição parcial do malte. Dividida em dois grandes grupos as Alle e Lager, onde a segunda é mais conhecida e consumida em todo o mundo. (FERRARI, 2008).

Segundo Ferrari (2008, p.7) no Brasil, seu consumo tem crescido bastante desde a segunda metade da década de 80, estimando-se em 10,3 bilhões de litros por ano, fazen-

do o mercado brasileiro ocupar o quarto lugar entre os maiores consumidores de cerveja do mundo. A tradicional Pilsen corresponde 94% e a cerveja sem álcool 1% desse mercado.

A indústria cervejeira é uma das atividades produtivas mais importantes na atualidade, segundo a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CEVBRASIL, 2012), sendo que esse segmento representa 1,7% do PIB nacional e é responsável por uma taxa de ocupação que atinge 1,7 milhão de empregos diretos e indiretos, o que corresponde a 2,7% da mão de obra empregada e a uma massa salarial de, aproximadamente R\$ 16 bilhões (LIMA *et al.*, 2017).

2.2 Gestão da Qualidade

A preocupação com a qualidade dentro das organizações existe desde o início do século XX, no entanto, “as diversas formas pelas quais as empresas planeiam, definem, obtêm, controlam, melhoram continuamente e demonstram a qualidade, tem sofrido grandes evoluções ao longo dos últimos tempos, respondendo a mudanças políticas, econômicas e sociais”. (MENDES, 2007, p. 12).

Percebe-se hoje um intenso movimento em busca de qualidade. As organizações têm de produzir produtos de qualidade, não mais como uma estratégia de diferenciação do mercado, mas como uma condição de preexistência. O cliente é a figura principal de todo processo organizacional, é necessário que as decisões empresariais e tarefas opcionais levem em consideração as necessidades e expectativas do consumidor e tentem superá-las, para atender ao requisito de satisfazer totalmente o cliente (TOLEDO, 2017).

Coelho *et al.* (2016, p.32) afirmam que “a qualidade não é mais um diferencial e sim um requisito básico em produtos e serviços, que permite melhorar a eficácia da gestão no ambiente globalizada”. Os autores ainda acrescentam que a que qualidade incorpora significados diferentes entre as pessoas. Mas, de maneira geral, a maioria concorda quanto a alguns aspectos: satisfação, preço justo, funcionalidade e superação de expectativas, adequação ao uso e apresentação do produto

Diante disto, a gestão da qualidade prevê a eliminação ou simplificação de processos que não agreguem valor ao produto. Muitas tarefas nas empresas são mal dimensionadas, mas existem diversas ferramentas na gestão da qualidade que podem auxiliar na otimização como na análise de processos: histogramas, diagrama de pareto, folhas de verificação, estratificação, entre outros (MORESCO, 2019), que serão mais bem detalhados no subtópico a seguir.

2.3 Gestão da Qualidade na Produção de Cerveja

Primeiramente, é necessário entender o conceito de “Boas Práticas de Fabricação (BPF)” que abrangem um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias



de alimentos e bebidas, para garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos com os regulamentos técnicos. A legislação sanitária federal regulamenta essas medidas em caráter geral, aplicável a todo o tipo de indústria de alimentos, serviço de alimentação e bebidas, competindo assim, aos Serviços de Vigilância Sanitária Estaduais e Municipais o estabelecimento de normas complementares, de forma a abranger aspectos sanitários mais específicos à sua localidade, não podendo contrariar as normas federais (BRASIL, 2019).

O controle de qualidade pode ser aplicado na produção que busca encontrar e reduzir as variabilidades existentes nos processos, melhorando a qualidade intrínseca, a produtividade, a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido, sendo essencial dentro do processo de produção cervejeiro, para atender tanto aos requisitos dos órgãos fiscalizados já citados, como dos clientes (SAVEDRA et al., 2021).

Diversas ferramentas da Qualidade são utilizadas dentro do processo de Controle de Qualidade, tais como as descritas no Quadro 1:

Quadro 1 – Ferramentas da Qualidade

Ferramenta	Descrição
Diagrama Ishikawa	Gráfico em formato de espinha de peixe, que permite identificar as causas que contribuíram para determinados efeitos
Histograma	Um gráfico de barras verticais que apresenta valores de uma certa característica agrupados por faixas, e que permite a visualização de determinados fenômenos, dando uma noção de frequência com que ocorrem
Gráfico de controle – Controle estatístico da Qualidade	O Controle Estatístico da Qualidade (CEP) utiliza gráficos de controle de processo, as quais auxiliam na identificação de causas comuns ou especiais em um processo. pode ser usado no monitoramento da estabilidade de variáveis de processo ou características de qualidade do produto quanto a influência de causas especiais de variabilidade que possam prejudicar a qualidade do processo ou produto.
Diagrama de Pareto	Tem por finalidade ordenar as frequências das ocorrências de distúrbios, da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas.
Folha de verificação	É uma ferramenta utilizada para coletar dados de forma organizada e padronizada, sendo útil para a coleta de dados no processo e no histórico de processo

Fonte: Adaptado de Savedra et al. (2021), Santos et al. (2019) e Moresco (2019).

Como afirma Paladini (2012, p.15), através da implementação do controle Estatístico da Qualidade do Processo – CEP “podem-se ter melhores processos de produção, diminuindo a variabilidade, propiciando melhorias imediatas e de longo prazo na qualidade da produção, conseqüentemente melhorando produtos ou serviços e junto com as melhorias dos processos, podem vir menores custos para produção.”

Especificamente para este trabalho, corroborando a ideia de Paladini (2012), o foco será a ferramenta de gráfico de controle, citada no Quadro 1. São inúmeros os benefícios que o CEP traz para o processo, segundo Santos et al. (2019) dentre eles estão:

- Amplo conhecimento do processo;
- Aumento da produção;

- Redução do custo unitário;
- Diminuição de produtos defeituosos e refugo;
- Economia na utilização de insumos;
- Redução dos GAP's na produção.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipos de pesquisa

A pesquisa relatada neste artigo é qualitativa (CAUCHICK MIGUEL *et al.*, 2010), visto que visto que possui um enfoque interpretativo e naturalístico da realidade. Este tipo de pesquisa tem como cerne buscar informações referente ao problema pesquisado, recolhendo evidências no ambiente onde o problema é vivenciado com o objetivo de interpretá-lo e analisá-lo (SILVA *et al.*, 2016).

No que se refere aos objetivos o presente estudo trata-se inicialmente, de uma pesquisa descritiva, pois levantou informações para proporcionar maior familiaridade com o problema, no intuito de tornar o fenômeno mais inteligível, estabelecendo relações entre variáveis. Os dados coletados neste tipo de pesquisa possuem técnicas padronizadas como o método explicado mais adiante deste capítulo (SILVA, 2017).

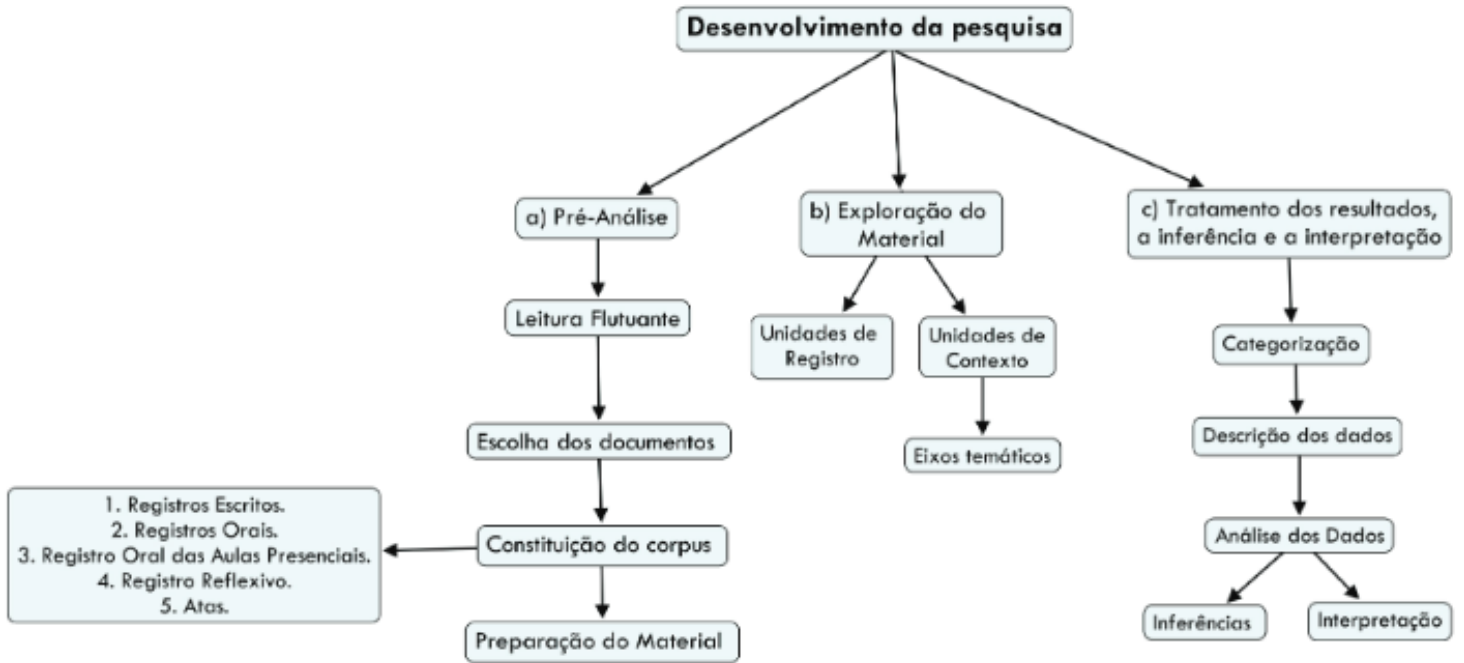
Por fim, o presente trabalho se classifica como pesquisa bibliográfica e documental que utilizam dados existentes, ou seja, baseada em artigos científicos e livros já publicados. Para Gil (2010) “a pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos”.

3.2 Técnicas, instrumentos de pesquisa e análise de dados

A pesquisa foi realizada com base em artigos científicos, dissertações, monografias e livros relacionados ao tema. Por meio da leitura sistemática foi realizado a revisão da literatura. Para a sistematização da pesquisa, considerou-se o modelo proposto por Mendes e Miskulin (2017), conforme Figura 1:



Figura 1 – Esquemática de passo a passo da pesquisa qualitativa



Fonte: Mendes e Miskulin (2017)

Para a análise do material pesquisado, utilizou-se a metodologia proposta pelos autores Mendes e Miskulin (2017), análise de conteúdo, que consiste em uma pré-análise para um refinamento do material, exploração do material e por fim, tratamento de dados, inferências e interpretação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Variáveis da Qualidade da Cerveja

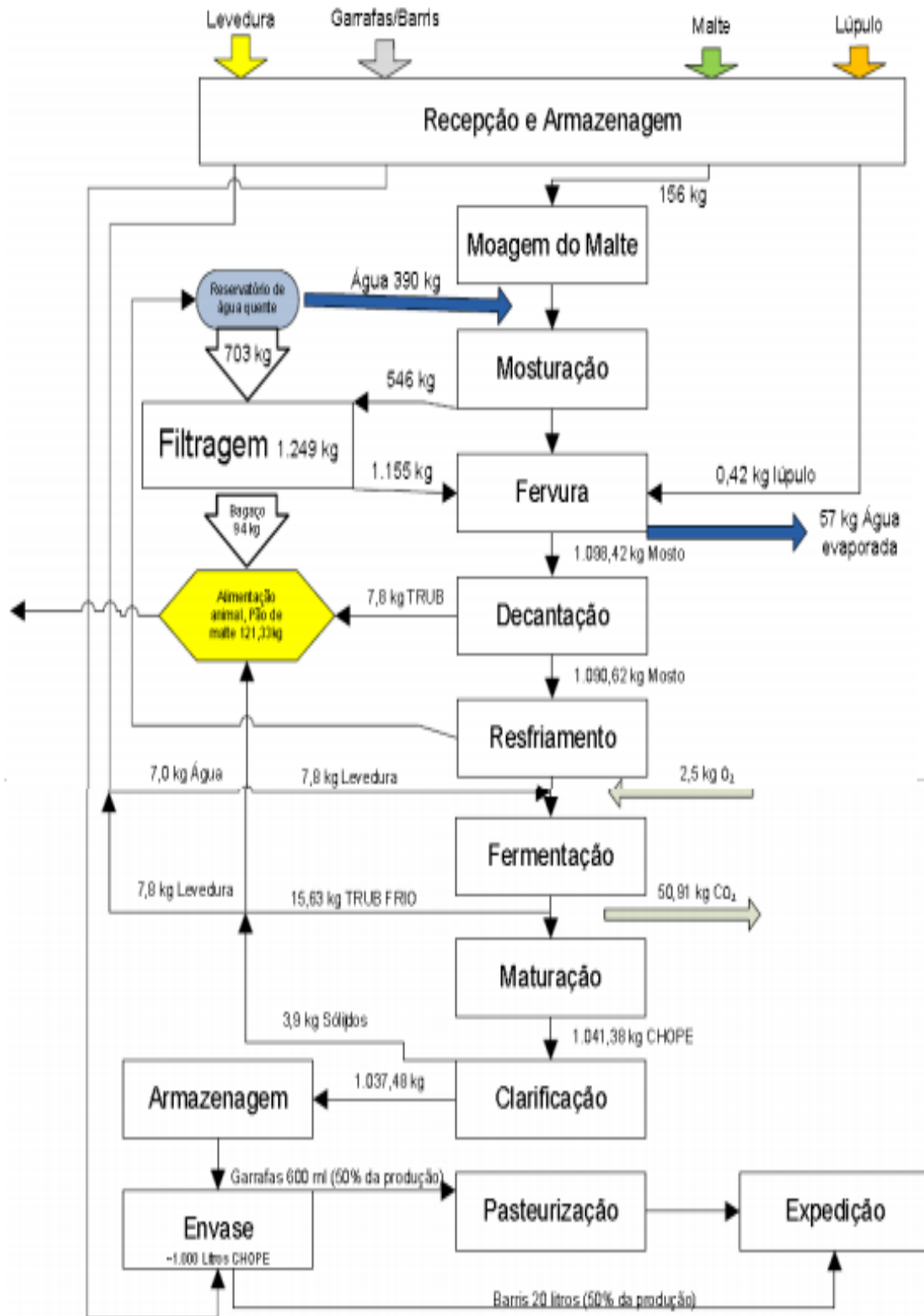
Palmer (2017) descreve o processo de fabricação da cerveja da seguinte forma:

A matéria prima é processada, moendo o malte até que este fique descascado e com o amido exposto. Por conseguinte, o malte moído passa pela bragsagem ou mosturação, onde este é embebido em água quente e aquecido, levando ao seu cozimento e fazendo com que enzimas presentes no malte sejam ativados e convertam o amido dos grãos em açúcares fermentáveis e não fermentáveis que será alimento das leveduras (fermento) nos passos seguintes. O processo seguinte é a filtragem, onde há separação entre o mosto (obtido a partir da mosturação) e o bagaço do grão. Então, posteriormente, há a fervura do mosto, juntamente com os resíduos gerados pela mosturação que, em geral, são amidos caramelizados que se tornam açúcares. É nessa etapa que há adição dos lúpulos, responsáveis pelo amargor da cerveja. Há então o resfriamento dessa mistura nomeada trub, para que as leveduras efetuem o processo de fermentação que dura cerca de dez dias. É nessa etapa que as cervejas se diferenciam (incluindo as cervejas artesanais), uma vez que podem ser utilizadas diferentes culturas de leveduras, dando à cerveja as características próprias de cada mestre-ervejeiro ou marca. É nela, ainda, que o açúcar vai ser transformado em álcool e afins. Por fim, é feita a matu-

ração da cerveja, onde é armazenada em tanques de baixa temperatura, para que esta seja amadurecida e atinja o equilíbrio químico desejado.

O processo descrito acima, bem como as variáveis envolvidas dele, podem ser visualizadas na Figura 2:

Figura 2 – Processo de produção de cerveja



Fonte: SINDCERV (2018)



Como afirma Junior, Vieira e Ferreira (2009) a cerveja deverá ser estabilizada biologicamente por processo físico apropriado, podendo ser denominado de chope a cerveja não pasteurizada no envase. O desempenho das leveduras, por exemplo, cervejeiras na fermentação é influenciado e controlado por vários fatores tais como:

- Características Genéticas: a escolha da cepa de levedura empregada.
- Fisiologia Celular: a tolerância ao stress pelas células de levedura, a viabilidade e a vitalidade das células e a concentração celular do inóculo.
- Disponibilidade Nutricional: a qualidade e concentração dos macronutrientes fermentecíveis, bem como, a presença de íons metálicos no mosto.
- Condições Físicas: temperatura, pH, oxigênio dissolvido e a densidade do mosto.

A fermentação das leveduras é apenas um dos critérios que impacta na qualidade final da cerveja. Como é possível perceber na Figura 3, a água utilizada no processo de fabricação é um fato primordial a ser atendido:

Figura 3 - Características da água ideal para fabricação de uma boa cerveja.

Parâmetro	Unidade	Especificação
Sabor	-	Insípida
Odor	-	Inodora
pH	pH	6,5-8,0
Turbidez	NTU	menor que 0,4
Matéria Orgânica	mg O ₂ /L	0,0-0,8
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	50-150
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	18-79
Sulfatos	mg SO ₄ /L	1-30
Cloretos	mg Cl/L	1-20
Nitratos	mg NO ₃ /L	Ausente
Cálcio	mg Ca ₂₊ /L	5-22
Magnésio	mg Mg ₂₊ /L	1-6
CO ₂ livre	mg CO ₂ /L	0,5-5

Fonte: Junior, Vieira e Ferreira (2009)

Ressalta-se ainda que, as indústrias cervejeiras devem analisar com atenção três itens principais: matéria-prima (composição química da água, tipo de malte, proporção malte/adjunto, variedade, quantidade, forma e pontos de adição de lúpulo); assiduidade da higiênica dos equipamentos e os parâmetros fermentativos, como afirma (MEGA *et al.*, 2011).

4.2 O que são os gráficos de controle?

As ferramentas estatísticas, como os gráficos de controle, vêm para auxiliar no controle mais seguro e eficaz da qualidade do produto, podendo assim, garantir uma maior competitividade entre as cervejarias, proporcionando aos seus consumidores um produto de elevada qualidade. Para Montgomery (2000), destaca algumas das razões que contemplam a popularidade dos gráficos de controle:

- são técnicas comprovadas de melhoria da produtividade;
- são eficazes na prevenção de defeitos;
- evitam ajustes desnecessários nos processos;
- fornecem informações confiáveis para diagnóstico sobre o desempenho e capacidade dos processos.

Esses gráficos são essenciais dentro do processo de produção da cerveja, visto que são ferramentas estatísticas capazes de identificar a presença de causas especiais na linha de produção (ALMEIDA et al., 2010).

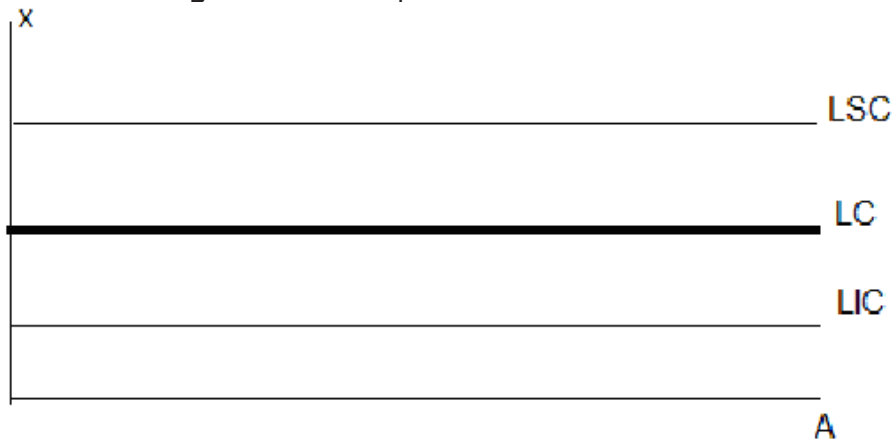
O gráfico de controle descreve o processo considerando duas características fundamentais: centralização, normalmente determinada pela média e dispersão, normalmente verificada pelo desvio padrão ou amplitude e podem ser normalmente divididos em dois grandes grupos: por variável (podem ser medidas em intensidade, tais como, velocidade, altura, massa, volume entre outros) e avaliação por atributo (como características que só podem ser contados ou classificados: passa/não passa, claro/escuro, com trinca/sem trinca, etc.) (SILVESTRE, 2014).

A grande vantagem do uso de gráficos de controle é o fato que através da observação do mesmo é possível ao observar o comportamento de um processo, podem-se encontrar evidências de que o processo esteja ou não, sob controle estatístico, garantindo premisas uma observação mais objetiva e detalhada possível, com a localização do valor central (média) e a dispersão dos mesmos (amplitude ou desvio padrão) (SILVESTRE, 2014).

Paladini (2012) traz o seguinte exemplo de Gráfico de Controle, apresentado na Figura 4:



Figura 4 – Exemplo de Gráfico de Controle

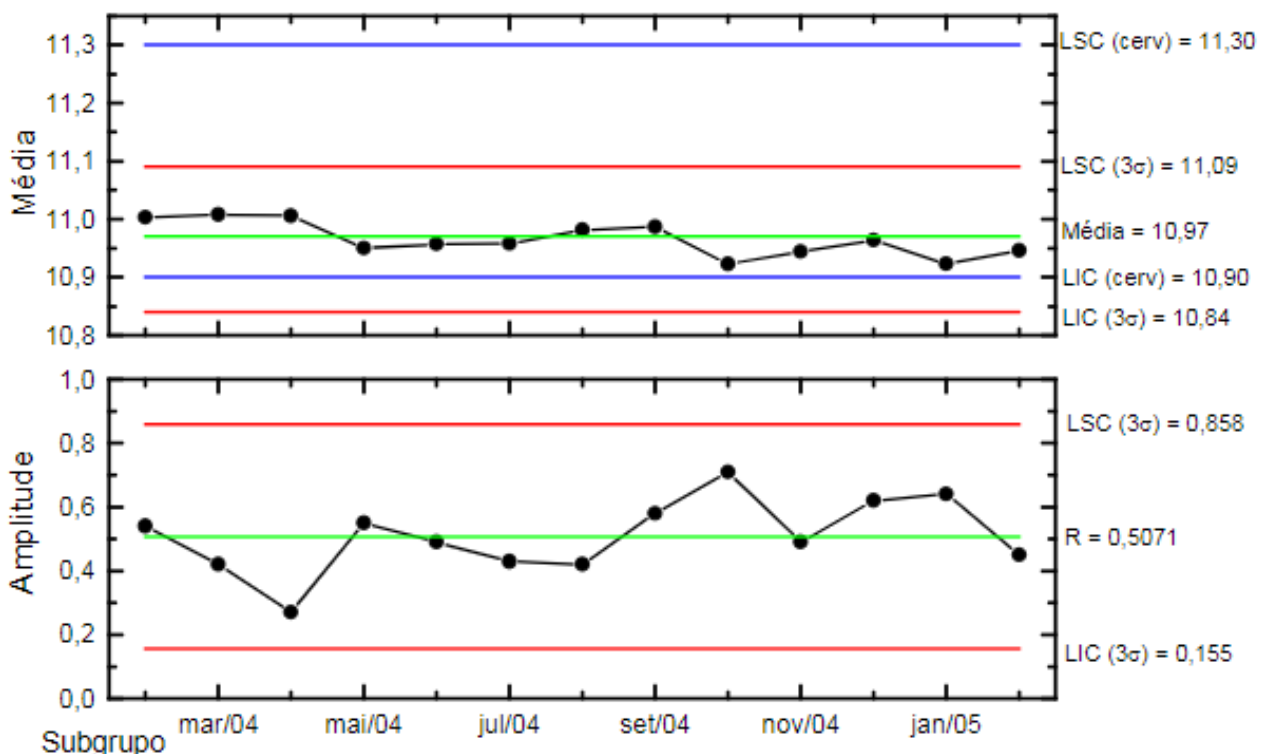


Fonte: Paladini (2012)

4.2.1 Gráficos de Controle utilizados em processos cervejeiros

Na pesquisa de Sanderson et al. (2010) os gráficos de controle foram utilizados para administrar a produção dos extratos primitivos estão sob controle sem nenhum ponto caindo na região de ação, acima ou abaixo dos limites de controle (LSC (3σ) e LIC (3σ), como mostra a Figura 5:

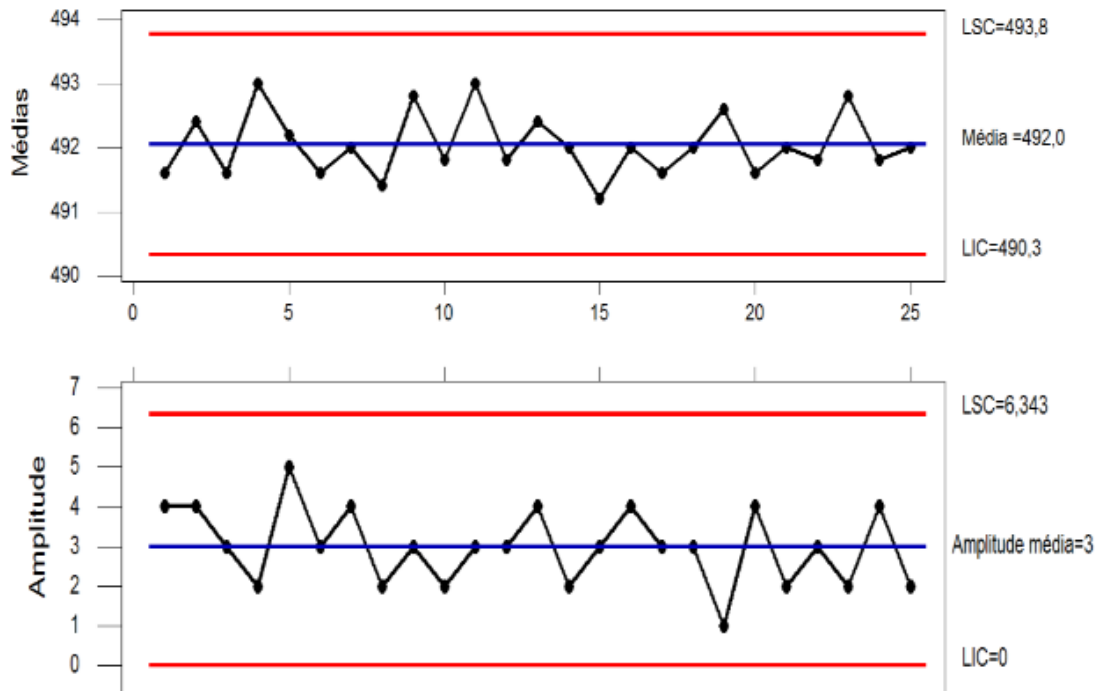
Figura 5 - Gráficos de controle da média e da amplitude para os valores de extrato primitivo



Fonte: Sanderson et al. (2010)

Já a pesquisa de Almeida et al. (2014), observou subgrupos de 5 amostras a cada 30 minutos, totalizando 25 coletas de latinha de cerveja, para a verificação da variável volume por lata. O período de coleta foi de 8h às 20h de um mesmo dia, sem troca de materiais ou setups. As amostras foram pesadas em balança eletrônica com precisão de um grama e o resultado é apresentado na Figura 6:

Figura 6 – Gráficos de controle: Volume por lata

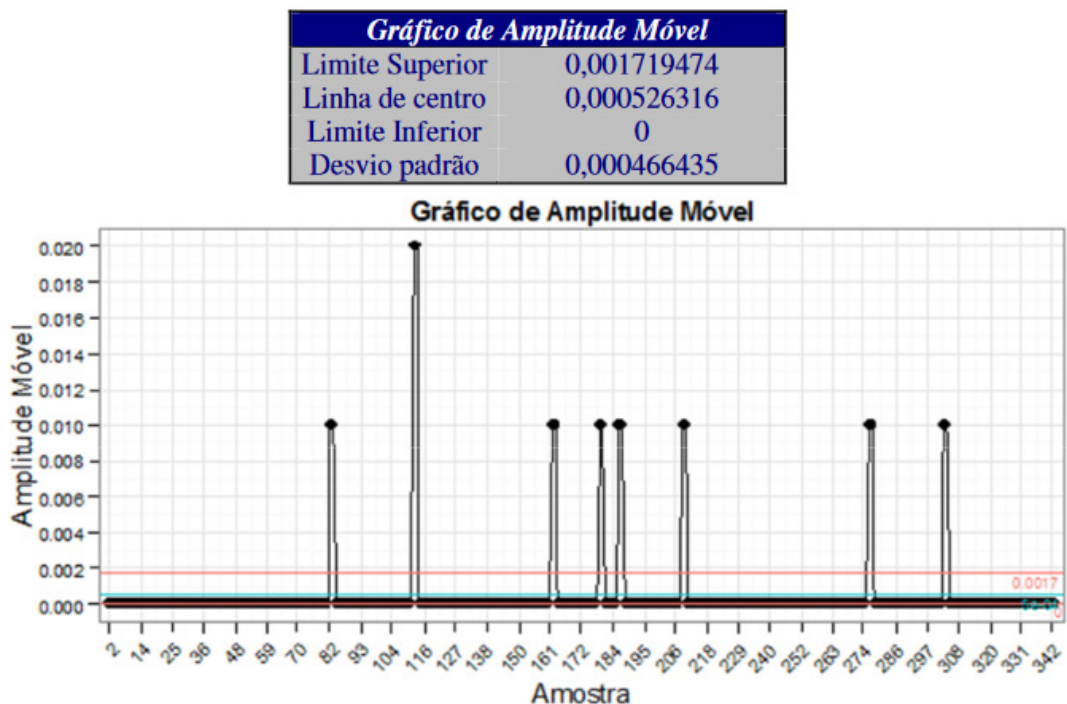


Fonte: Almeida et al. (2014)

Através da análise dos gráficos presentes na Figura 6, os autores Almeida et al. (2014) conseguiram identificar que o processo analisado estava em controle, visto que todos os pontos se encontraram entre os limites superior e inferior propostos.

Já o trabalho de Santos et al. (2019), observou especificamente o percentual de Gás Carbônico dissolvido presente na garrafa de cerveja através de Gráficos de Controle, apresentados na Figura 7:

Figura 7 – Gráfico de Controle: percentual de Gás Carbônico dissolvido presente na garrafa de cerveja



Fonte: Santos et al. (2019)



Observa-se segue um comportamento instável, através da Figura 7, pois há pontos fora dos limites de controle, explicitando que existem causas especiais atuando no processo e estas têm de ser corrigidas imediatamente. Os autores Santos et al. (2019) citam ainda durante seu trabalho que para o controle de tal processo, além dos gráficos de controle que identificaram a ocorrência de problemas, foram utilizadas outras ferramentas da Qualidade para melhoria do processo, como o diagrama de Ishikawa e os cinco porquês.

4.3 Manutenção da confiabilidade de processo de produção da cerveja através do uso de gráficos de controle

A expressão variabilidade do processo está conectada com as diferenças existentes entre as unidades produzidas em um mesmo processo (SANTOS et al., 2019). A variabilidade somente pode ser descrita em termos estatísticos, sendo necessários métodos estatísticos para auxiliar na melhoria da qualidade (LIMA e DORNELLES, 2008). Corroborando Santos et al. (2010), Sousa et al. (2010) afirmam que desajustes e/ou falta de estabilidade do processo (provocados por causas especiais) reduzem sua capacidade e aumentam o número de itens não conformes produzidos.

Pode-se considerar também que o Controle Estatístico da Produção – CEP, tem vários aspectos positivos, um dos mais importantes é possibilitar a ação imediata quando existem condições anormais atuando sobre o processo, permitindo identificar e corrigir o problema antes de serem produzidas peças não-conformes (ALMEIDA et al., 2010).

O CEP assegura a qualidade através da manutenção de parâmetros dentro de limites preestabelecidos e indicando quando adotar ações de correção e melhoria (ALMEIDA et al., 2010). Visto que um processo está sob controle estatístico quando estiver isento de causas especiais que acarretem a variabilidade descrita acima, ou seja, se na carta de controle elaborada todos os pontos apresentados estejam inseridos dentro dos limites de controle evidenciados e que não ocorra nenhuma tendência, aproximação dos limites de controle e/ou limite da média (SANTOS et al., 2019).

Por fim, ressalta-se que, como afirma Toledo (2017) ainda afirma que o CEP visa não só o controle, mas também a melhoria do processo, já que garantir a qualidade de todas as etapas do processo dá ao cliente confiabilidade que é um dos princípios fundamentais para implantação e gerenciamento do Controle Estatístico do Processo.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo descrever como o uso da ferramenta da qualidade Controle Estatístico do Processo – CEP, através dos gráficos de controle auxilia na manutenção da confiabilidade dentro do processo de produção de cerveja através de uma análise da literatura disponível sobre o tema. Utilizou-se conceitos teóricos para justificar o uso de gráficos de controle dentro do processo de produção da cerveja, que inclui diversas etapas como mosturação, fermentação, maturação, filtração e engarrafamento.

Através da análise da literatura, foi possível observar que tal ferramenta já é bastante utilizada como método de controle, visto que o processo de produção de cerveja contém diversos parâmetros (legais e de qualidade) a serem cumpridos. Escolheu-se alguns autores que foram citados, mostrando exemplos de processos que estavam sem a influência de causas especiais e processos com a influência de causas especiais, fazendo assim sua variabilidade aumentar, não garantindo assim a qualidade final do produto.

Por fim, para trabalhos futuros, espera-se realizar um estudo de caso sobre o uso de gráficos de controle em diversos processos de uma cervejaria visando corroborar os resultados encontrados nesta pesquisa.

Referências

- ALMEIDA, L. et al. Análise da variabilidade no enchimento de latas de cerveja com 473ml, através da aplicação do controle estatístico de processo (CEP). In: XVIII Simpósio de Engenharia de Produção. Anais [...]. Bauru: [S.I.], 2010. p. 1-10.
- ALMEIDA, L. et al. Análise da variabilidade no enchimento de latas de cerveja. *Novae - Journal Of Engineering And Technology Innovation*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 119-130, maio 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. 1993. 8 p.
- BRASIL. **Boas Práticas de Fabricação - Alimentos - Anvisa. 2019**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-eautorizacoes/alimentos/empresas/boas-praticas-de-fabricacao>>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- CARDOSO, A. C. Determinação de consumo energético de microcervejarias. 2019. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2019.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Adoção do estudo de caso na engenharia de produção**. In: CAUCHICK MIGUEL, P. A. (Org.). *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 129 -143.
- COELHO, F. P. S. et al. Aplicação das ferramentas da qualidade: estudo de caso em uma pequena empresa de pintura. *Refaz, Curitiba*, v. 3, n. 1, p. 31-46, out. 2016.
- FERRARI, V. **Mercado De Cervejas No Brasil**. Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul. Face: Faculdade De Administração, Contabilidade E Economia, Porto Alegre, 2008.
- FREITAS, A. G. Relevância do mercado cervejeiro brasileiro: avaliação e perspectivas e a busca de uma Agenda de Regulação. *Pensamento e Realidade*, v. 1, n. 1, p. 22-34, mar. 2-15.
- GIL, A. C., 1946. **Como elaborar projetos de pesquisa**/Antônio Carlos Gil. - 5. ed. - São Paulo: Atlas, 2010.
- JUNIOR, A.; VIEIRA, A; FERREIRA, T. Processo de Produção de Cerveja. **Revista Processos Químicos**. v.03, p. 61-71. 10.19142/RPQ.v03i06.p61-71.2009.
- LIMA, L. A. et al. **Sinopse do cenário cervejeiro: o advento da produção e o mercado na região centro oeste**. *Cadernos de Prospecção*, [S.I.], v. 10, n. 4, p. 650-665, 29 dez. 2017. Universidade Federal da Bahia. <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v10i4.23041>.
- LIMA, R. S. Alimentação, comida e cultura: o exercício da comensalidade. *Demetra: Alimentação, Nutrição & Saúde*, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 507-523, 28 jul. 2015. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/demetra.2015.16072>.
- LUZ, J. M. S. et al. Análise das causas de uma anomalia no processo de fermentação em uma indústria cer-



- vejeira. *Brazilian Journal Of Business*, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 1029-1048, jun. 2019.
- MEGA, J. F. et al. A produção de cerveja no Brasil. *Citino*, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2011.
- MENDES, R. M.; MISKULIN, R. G. S. A análise de conteúdo como uma metodologia. *Cadernos de Pesquisa*, [S.I.], v. 47, n. 165, p. 1044-1066, set. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/198053143988>.
- MORESCO, C. A. **Aplicação do ciclo PDCA para a redução de quebra de garrafas em uma linha de envase de cerveja**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.
- PALADINI, E. S. **Gestão da qualidade: teoria e caos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- PALMER, J. J. **How to Brew: Everything you need to know to brew great beer every time**. Brewers Publications. 4 ed. 2017.
- SANDERSON, K. et al. Controle estatístico da etapa fermentativa no processo de produção da cerveja. *Cultivando O Saber, Cascavel*, v. 3, n. 3, p. 72-85, 2010.
- SANTOS, A. G. et al. A importância dos gráficos de controle para monitorar a qualidade dos processos industriais: estudo de caso numa indústria metalúrgica. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais [...]. Salvador: Abepro, 2009. p. 1-14.
- SANTOS, D. F. et al. Estudo de caso em uma cervejaria do estado do Rio de Janeiro utilizando controle estatístico de processo. *Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação*, v. 4, n. 6, p. 36-43, fev. 2019.
- SANTOS, R. B. Uso de ferramentas de gestão da qualidade na produção de cerveja artesanal em uma microcervejaria em Porto Alegre. 2019. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Novo Hamburgo, 2019.
- SANTOS, S. P. **Os Primórdios da cerveja no Brasil**. 2 ed. Cotia: Ateliê Editorial, 2003. 56 p.
- SAVEDRA, L. A. et al. Aplicação de ferramentas da Qualidade e planejamento para o controle de produção de cerveja artesanal. *Revista Prociências*, [S.I.], v. 4, n. 1, p. 1-21, jan. 2021.
- SILVA, A. C. R. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade**. Salvador: Sibi - Ufba, 2017. 175 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br> > ... > Livros e Capítulos (Contábeis)>. Acesso em: 21 ago. 2021.
- SILVA, E. R. et al. Caracterização das Pesquisas de Teses em Administração com Abordagem Qualitativa. **Revista de Administração de Roraima - Rarr**, [S.I.], v. 6, n. 1, p. 204-234, 2 ago. 2016. Universidade Federal de Roraima. <http://dx.doi.org/10.18227/2237-8057rarr.v6i1.3032>.
- SILVESTRE, Ismael Batista Maidana. Gráficos de controle: aspectos teóricos e práticos a partir da ótica da lógica formal e da lógica fuzzy. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Modelagem Computacional, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.
- SINDICERV. **Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja**. A cerveja: tipos de cervejas, 2018. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/tipos-de-cerveja/>>. Acesso em: 04 nov. 2021.
- SOUZA, D. C. S. et al. A utilização de gráficos de controle e análise de capacidade em uma empresa siderúrgica de Minas Gerais. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais [...]. São Carlos: Abepro, 2010. p. 1-13.
- TOLEDO, J.C. **Qualidade – Gestão E Métodos**. São Paulo: Amazon, 2017. 808 p.
- TROMMER, Michael Walter. **Avaliação do ciclo de vida no processo de produção da cerveja**. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.
- VERRESCHI, I.C. **Estudo sobre a qualidade da água tratada de uma cervejaria visando melhoria da eficiência do processo**. 2018. 37 f. Monografia (Trabalho de Graduação) – Escola de Engenharia de Lorena - Universidade de São Paulo, Lorena, 2018.

CAPÍTULO 8

A IMPORTÂNCIA DE UMA GESTÃO COMUNICATIVA EM PROJETOS

THE IMPORTANCE OF COMMUNICATIVE MANAGEMENT IN PROJECTS

Claudenice Alves dos Santos

Gisely Rodrigues Oliveira

Kelma Antônia Dutra Fernandes

Ovidia Castro Costa

Saulo Henrique Carvalho Castro

Resumo

A comunicação é um processo através do qual as informações são trocadas entre as pessoas com o uso de um sistema comum de símbolos, sinais ou comportamentos. Inserida nesse contexto há a gestão comunicativa, a qual se utiliza de um conjunto de medidas, ações e procedimentos que têm como finalidade melhorar o clima organizacional. Assim, a gestão da comunicação são todos os processos focados em melhorar a forma como os funcionários e os gestores de uma empresa se comunicam, por meio de boas práticas de administração e convivência. Nesse cenário, considerando que a comunicação é a chave para um bom relacionamento, neste trabalho temos como objetivo realizar uma discussão sobre alguns fatores importantes para uma adequada comunicação na gestão de projetos. Para isso, realizamos um levantamento bibliográfico para os apontamentos que serão feitos neste texto.

Palavras-chave: Gestão Comunicativa; A importância de uma boa gestão; Projetos.

1. INTRODUÇÃO

A comunicação se faz primordial em qualquer âmbito social, logo não seria diferente denotá-la em gestão de projetos, pois além de ser um trabalho em equipe cujo o principal objetivo é a realização de planos, os resultados positivos devem vir através de uma comunicação de qualidade (NAVES, 1998).

A gestão de projetos vai girar em torno da comunicação por tratar diretamente com pessoas, logo ela deve vir bem estruturada; grupos, reuniões, relatórios, acessibilidade de gestores. É basilar que todas essas estruturas estejam alinhadas com pessoas qualificadas para gerir a eficiência da elaboração de projetos e possíveis planos de ações, evidenciando que a comunicação nos projetos é impactada por fatores ambientais e aspectos organizacionais (NAVES, 1998).

A comunicação adequada é algo fundamental em qualquer setor de uma empresa. E na gestão de projetos ela é ainda mais importante. Uma comunicação eficaz é aquela na qual a mensagem enviada é compreendida totalmente pelo receptor (AEVO, 2017).

O gestor de projetos precisa ficar atento a algumas “barreiras” que impedem o amplo entendimento da informação, como barreiras relacionadas ao indivíduo é também barreiras relacionadas a relação entre o emissor e o receptor (AEVO, 2017).

Em uma organização as informações devem ser claras e objetivas, isso ajuda o time a distribuir as funções bem detalhada ao máximo de modo que possa ser repassada sem ruído. Qual maneira de se certificar que todos entenderam a mensagem, e questionar os colaboradores no fim de cada conversa para analisar se eles entenderam a meta do projeto (AEVO, 2017).



Nesse cenário, neste artigo científico visamos realizar uma discussão sobre alguns fatores importantes para uma adequada comunicação na gestão de projetos. Para isso, a metodologia utilizada será um levantamento bibliográfico que realizamos para os apontamentos que serão feitos neste texto.

2. A GESTÃO COMUNICATIVA EM PROJETOS

Embora todo gestor de projetos saiba o que é comunicar, nem todos se atentam aos elementos que estão presentes nesse ato. Muitos se importam apenas com o básico do dia a dia, mas não prestam atenção no que realmente importa, que é a comunicação com sua equipe.

É importante atentarmos, dessa forma, que uma comunicação clara é aquela na qual a mensagem é enviada e compreendida totalmente por quem recebe, isso, apesar de parecer ser simples, é uma missão muitas vezes bem complicada.

É válido frisar que uma comunicação ineficiente pode trazer inúmeros prejuízos para a gestão de projetos e até mesmo levar ao fracasso da tarefa em questão. Isso porque ela pode ocasionar desentendimentos sobre o que é esperado, dificuldades em entender o planejamento, inconsistências quanto às responsabilidades e muitas outras questões. (AEVO, 2017)

Portanto, para qualquer realização de projetos, seja em qualquer área, precisa atentar para uma adequada comunicação para todo gerenciamento de uma empresa em questão seja feito da melhor forma. Nessa perspectiva, é importante enfatizar o que Lacerda, Martens e Maccar (2015) apresentam: a evolução do conceito de projetos e aceitação dos modelos de gerenciamento tem permitido a sua aplicação a diferentes áreas, realidades e culturas organizacionais. A busca por modelos capazes de produzir um projeto a um final bem-sucedido tem motivado muitas organizações a buscar, nas boas práticas de gestão de projetos, um melhor planejamento e gerenciamento.

Na maioria das vezes, a comunicação nos projetos tem um impacto muito grande no meio ambiente e nos aspectos organizacionais. Podemos destacar a estrutura e a cultura organizacional, normas e padrões governamentais ou da indústria que deve ser acompanhada. Também devemos focar na infraestrutura e nos recursos humanos disponibilizados para o projeto, há várias questões internas e externas que influenciam de alguma forma dependendo do local a ser realizado (CROZATTI, 1998).

Dessa forma, é indispensável considerar os processos e as tecnologias disponibilizadas para armazenar e recuperar informações corporativas. Todas as pessoas envolvidas no projeto devem estar cientes das informações que lhes cabem, por isso, o grupo deve optar por uma ótima comunicação e estar ciente de quem precisa ser informado sobre o andamento das atividades. Assim, é necessária uma pesquisa de levantamento de todos os membros envolvidos no projeto, como uma equipe de trabalho, tendo gestores e diretores (CROZATTI, 1998).

Após definirem quem será informado, o gerente do projeto assegura que todos os



participantes serão conscientizados desde o objetivo da proposta e suas responsabilidades até possíveis mudanças que exigem alteração no serviço prestado.

Para evitar conflitos é necessário entender quais colaboradores preferem receber informações diretas e objetivas e os que preferem informações mais completas e com planilhas anexadas. Perante a esse cenário, é preciso avaliar as necessidades de informações dos interessados no projeto (CROZATTI, 1998).

Algumas informações serão úteis para alguns membros da organização, enquanto a outros não terá a mesma importância, por exemplo, um alto executivo pode não carecer de detalhes técnicos por exemplo. Sendo assim, é preciso identificar o valor dos dados para estipular sobre o que cada pessoa será comunicada.

Por fim, agora que já está claro o papel e o impacto da comunicação na gestão de projetos, isso será feito promovendo a comunicação de forma eficaz e ágil, fortalecendo o relacionamento entre todos da equipe, do mais alto cargo ao colaborador final, e favorecendo um ambiente de confiança e credibilidade

A função do gestor de projetos é justamente “filtrar” todas essas informações que recebe e repassar apenas o essencial para cada uma das partes interessadas. O gestor de projetos deve expor canais mais interessantes para determinada informação, como canais interativos (reuniões, conferências, telefonemas), por isso é importante que o planejamento da comunicação também esteja presente em toda a execução do seu projeto. (AEVO, 2017).

Uma comunicação ineficiente pode trazer inúmeras prejuízos para a gestão de projetos e até mesmo levar ao fracasso da tarefa em questão.

É por meio da comunicação que o gestor consegue coletar as informações necessárias para a realização do projeto, estabelecer vínculos entre as pessoas envolvidas, disseminar informações vitais para o sucesso do projeto em questão.

Tornar o ambiente de trabalho um local com fluxo de informações frequente é uma maneira eficiente de evitar que erros e falhas aconteçam.

Para isso, há algumas formas de otimizar a comunicação na gestão de projetos, podemos citar: O método Canvas, usar Software, envolver os colaboradores, criar uma agenda de comunicação e escutar o público externo e entre outros. Descreveremos, a seguir, alguns deles.

2.1 Método Canvas

O método Canvas tem sido amplamente utilizado por diversas empresas de todos os portes e segmentos, em áreas distintas, inclusive na gestão de projetos e com altas taxas de sucesso. É bem simples e consiste em fazer uma espécie de “mapeamento visual” de todas as funções e atividades do setor analisado. Na gestão de projetos, é possível utilizar

essa ferramenta para entender o fluxo de trabalho, as responsabilidades e também para ir atualizando o andamento das ações (AEVO, 2017).

Ela melhora, de maneira significativa a comunicação, já que todos os passos e responsabilidades estão bem visíveis e detalhados.

2.2 Usar Softwares

Um bom software de gestão conseguirá estabelecer prazos e responsabilidades, definir orçamento e metas para as atividades, escolher os melhores Key Performance Indicadores (KPIs)- Indicadores- chave de desempenho. Todos os envolvidos com projetos têm à disposição, de forma simples e clara, oferecendo sempre conteúdos novos para os demais setores envolvidos. (RESULTADOS DIGITAIS, 2021).

2.3 Envolver os colaboradores

Favorecer a comunicação e envolver os colaboradores no projeto pode aumentar a motivação dos funcionários, os quais passam a se sentir mais livres para expressar suas opiniões e ideias, essenciais para o sucesso de qualquer gestão de projetos. (AEVO, 2017).

2.4 Agenda de comunicação

Gerir a comunicação em projetos é um processo contínuo e que deve estar, o tempo todo, sendo aprimorado e repensado. Ao criar uma agenda de comunicação, será possível trocar ideias e informações constantes, expondo os resultados alcançados e as metas futuras. (AEVO, 2017).

2.5 Escute o público externo

Ouvir atentamente o que os seus clientes, fornecedores e outros públicos de interesse dizem pode ajudar você a ter novos insights e até a readequar alguns projetos. Ofereça canais de comunicação voltados à ouvir esses públicos, existem plataformas específicas que permitem que um determinado grupo de testemunhas algumas inovações e ofereçam o seu feedback sobre os produtos ou serviços. (AEVO, 2017).



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a discussão realizada neste trabalho, verificamos a importância uma gestão comunicativa em projetos e, para isso, destacamos a necessidade de um gestor que atue e fique na frente disso. Isso porque na área de gestão de projetos, a comunicação é algo extremamente importante, já que é ela que define como será realizada a execução das tarefas e até mesmo o sucesso (ou não) do projeto em questão.

Dessa forma, conforme é destacado no *studio estratégia* (2021), se o gestor de projetos não existisse, teríamos as seguintes situações: a interação entre as equipes seria dificultada; falta de compreensão quanto ao objetivo final; falta de engajamento entre as equipes; instabilidade no controle de gastos e metas a serem alcançadas, entre outras.

Além disso, para uma boa comunicação, não se pode desconsiderar as novas tecnologias, como também saber ouvir atentamente todos os públicos envolvidos nos seus projetos, filtrar os dados mais relevantes, ser objetivo e sempre se certificar de que tudo foi entendido de maneira correta.

Quanto mais você trabalhar as ferramentas de comunicação das suas equipes e motivar os seus colaboradores a contribuírem com ideias e sugestões, mais fácil e simples serão os seus processos de comunicação em projetos. Consequentemente, também as chances de sucesso serão maiores.

Destacamos, assim, algumas estratégias apresentadas no desenvolvimento deste texto que são importantes para otimizar a comunicação na gestão de projetos, a saber: O método Canvas, usar Software, envolver os colaboradores, criar uma agenda de comunicação e escutar o público externo e entre outros.

Referências

AEVO. **Entenda a importância da comunicação em projetos**. 2017. Disponível em: <https://blog.aevo.com.br/entenda-a-importancia-da-comunicacao-em-projetos/>. Acesso em: 01 de novembro de 2021.

CARVALHO SILVA, Marcelo Almeida de; Marcos Lopez Rego; José Ernesto Mattoso Faillace Junior. É mais importante Comunicar do que Fazer: Como é Feita e Percebida a Comunicação nos Projetos segundo o Gerente de Projetos Brasileiro. **Revista de Gestão e Projetos** 6.2 (2015): 16-26.

CROZATTI, Jaime. Modelo de gestão e cultura organizacional: conceitos e interações. **Caderno de estudos**, p. 01-20, 1998.

NAVES, Maria Margareth Veloso. Introdução à pesquisa e informação científica aplicada à nutrição. **Revista de Nutrição**, v. 11, p. 15-36, 1998.

RESULTADOS DIGITAIS. **O que é KPI e tudo o que você precisa saber sobre os Indicadores de Negócio**. 2021. Disponível em: <https://resultadosdigitais.com.br/blog/kpis/>. Acesso em: 01 de novembro de 2021.



CAPÍTULO 9

GESTÃO DE RECURSOS FINANCEIROS: ESTUDO DE CASO SOBRE ORÇAMENTO BASE ZERO EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS DE SÃO LUÍS DO MARANHÃO

FINANCIAL RESOURCE MANAGEMENT: ZERO-BASED BUDGET CASE
STUDY IN A BEVERAGE INDUSTRY IN SÃO LUÍS DO MARANHÃO

Jéssica Feitosa de Assunção
Heitor Carvalho Cantanhede Marques
Wellinton de Assunção

Resumo

O cenário econômico atual é totalmente instável. Praticar gestão de recursos é um desafio presente dentro das organizações. Na indústria, com o desenvolvimento de novas tecnologias e encarecimento de materiais, a aplicação métodos eficazes de gestão financeira se tornou essencial. Por tal relevância do tema, justificou-se tratar da aplicação de um método orçamentário de controle de gastos. Diante do exposto, o trabalho objetivou realizar um estudo de caso baseado nas premissas do orçamento base zero (OBZ) em uma indústria de bebidas localizada em São Luís, no Estado do Maranhão, de forma a mostrar que a correta aplicação da metodologia contribui significativamente para redução de despesas e atingimento de metas. Foi realizada uma análise de oportunidades dos pacotes financeiros e estabelecida metodologia para acompanhamento das iniciativas de redução de despesas. Os resultados foram satisfatórios, podendo citar a redução de gastos, sem prejudicar a qualidade dos serviços e materiais utilizados, aprendizado sobre negociação em finanças e crescente empoderamento dos donos de pacote.

Palavras chave: Orçamento Base Zero, Gestão Financeira, Resultados.

Abstract

The current economic scenario is totally unstable. Practicing resource management is a challenge present within organizations. Inside industrial world, considering the development of new technologies and the enhancement of materials, the application of effective financial management methods has become essential. Due to the relevance of the theme, it was justified to deal with the application of a budgetary method of spending control. Based on this, the work aimed to study a case based on the premises of the zero-based budgeting (OBZ) in a beverage industry located in São Luís, in the State of Maranhão, in order to show the correct application of the methodology contributes significantly to reduction of expenses and achievement of goals. A profound opportunity financial analysis was carried out and a methodology was established to follow up on the initiatives to reduce expenses. The results were satisfactory, including the reduction of expenses, without affecting the quality of the services and materials that were used, learning about negotiation in finance and increasing empowerment of owners.

Key-words: Zero-based Budget, Financial Management, Results.



1. INTRODUÇÃO

O cenário econômico atual é totalmente instável e está cada vez mais difícil conseguir a perpetuação dos negócios perante o passar dos anos. As organizações enfrentam desafios de gestão mais constantemente e, apenas aquelas que buscam se aprofundar em novas metodologias, obtêm êxito.

Vieira Filho (2003) já afirmava que com a abertura do mercado em todo o mundo, as organizações sabem que não basta ser a melhor em sua região, mas que precisam ser de classe mundial e estar preparadas para concorrer com organizações de qualquer parte do mundo. Essa conscientização alavanca o crescimento em competitividade, reduzindo custos, melhorando a qualidade e colocando o foco nos clientes, que estão cada vez mais exigentes.

Visto isso, as empresas mudaram o foco de produzir em quantidade para o foco da produção com qualidade, de modo a atender às necessidades dos clientes e vencer o desafio estratégico maior de qualquer organização; manter-se no mercado. Essa mudança custa caro, visto que a personalização exige uma quantidade de tecnologia e capacitação de mão-de-obra superiores.

Em momentos de crise, renovar hábitos e costumes é de extrema importância. Com isso, a correta gestão financeira torna-se mais importante do que nunca, pois, com as decisões de investimentos, podemos evitar que a empresa apresente problemas de solvência, bem como criar um ambiente viável e favorável para mantê-la ativa e sempre crescendo (SELEME, 2010, p. 16).

Perante este cenário, as empresas buscam métodos de gestão financeira que permitam o planejamento e controle de despesas e que reflitam na obtenção dos resultados esperados em curto e longo prazo. O orçamento apresenta-se como uma ferramenta adequada para este caso, pois permite acompanhar o desempenho financeiro durante todo um período, além de disponibilizar informações essenciais para tomada de decisão.

O Orçamento Base Zero (OBZ) é uma ferramenta que organiza todas as despesas contadas de uma organização em contas e estas são agrupadas em pacotes maiores. Esta técnica classifica os gastos conforme sua realização por área produtiva. Sua base é anual, acompanhando o ano calendário. A essência do conceito define que não deve ser considerado nenhum histórico. Cada despesa apresentada é tratada como um possível novo gasto, devendo ser explicado no detalhe de forma a comprovar a verdadeira necessidade de sua realização.

Para este trabalho, foi escolhida uma indústria de bebidas, localizada em São Luís do Maranhão, empresa de grande porte e destaque global, que utiliza o OBZ como ferramenta para controle de gastos e atingimento das metas traçadas.

Levantou-se então o questionamento: "Quais resultados são obtidos com a implantação da metodologia de orçamento base zero em uma indústria da região?".



Para responder tal questão, foi definido como objetivo de estudo mensurar os resultados obtidos em uma indústria de bebidas localizada em São Luís por meio da gestão de OBZ. Foram traçados como objetivos específicos: apresentar sistemática de acompanhamento dos resultados, levantamento de gaps e respectivas tratativas; realizar comparação entre resultado do ano anterior e ano corrente e identificar as vantagens e desvantagens da utilização do modelo orçamentário.

Convém destacar que a pesquisa tem relevância por apresentar uma forma de gerir recursos financeiros em meio a um cenário caótico como o atual, em que, em meio a uma pandemia, cresce a necessidade de atualização e inovação de processos.

A pesquisa é classificada metodologicamente, segundo conceitos apresentados por Vergara (2008), quanto aos fins como exploratória e descritiva, visto que se aprofunda no estudo de um fenômeno específico. Quanto aos meios é classificada como bibliográfica, documental e estudo de caso.

2. GESTÃO FINANCEIRA

Souza (2011) conceitua que gestão financeira “é a área funcional da empresa que integra todas as tarefas ligadas à obtenção, utilização e controle de todos os recursos financeiros necessários à atividade da empresa.”

Segundo posicionamento de Fonseca (2009) é preciso também entender o conceito de finanças: “entende-se por finanças uma série de princípios econômicos [...] e financeiros para maximizar um determinado resultado de valor num período de tempo.”

Cuidar do patrimônio de uma instituição é um desafio, pois as ações devem ser totalmente alinhadas ao plano estratégico e devem orientar as tomadas de decisão para trazer ganhos.

Segundo Souza (2011), “é área administrativa considerada de importância vital, pois faz o controle eficaz de entrada e saída de recursos, viabilizando o crescimento e a estabilidade da empresa no mercado.”

Silva (2013, p. 19) acrescenta que “a função financeira não é uma função independente. Os fluxos financeiros são sempre a contrapartida dos fluxos de bens e serviços – fluxos físicos (reais).”

Castro (2019) defende ainda que “a administração financeira requer uma conscientização das outras áreas quanto a importância de cortar custos desnecessários, inovar para produzir mais com menos e considerar a economia de recursos como algo estratégico.”

3. ORÇAMENTO BASE ZERO

Nos orçamentos tradicionais, chamados de base histórica (OBH) ou incrementais, parte-se do pressuposto de que tudo o que foi gasto no período anterior está correto e aprovado. Como o próprio nome sugere, a metodologia de elaboração de orçamento de base histórica considera para o exercício seguinte a mesma base de gastos do ano anterior.

Esse método orçamentário não questiona ou desafia cada gasto e despesa, é construído de forma rápida e superficial, além de envolver menos pessoas em comparação ao método de orçamento base zero (TOZZI, 2017, p. 18 e 19).

A proposta do OBZ trata de construir orçamentos e planejamentos financeiros completamente diferente da forma tradicional, por não considerar nenhum histórico, como se as despesas iniciassem junto com o começo de um novo negócio.

Segundo Phyr (1981 apud WILGES, 2006, p. 135), o orçamento base zero é definido como um processo operacional de planejamento e avaliação orçamentária que requer de cada administrador uma justificativa detalhada a partir de zero, sobre toda solicitação de recursos. Todo administrador deve justificar qualquer quantia solicitada, bem como o procedimento escolhido para executar o seu trabalho.

Maturi (2009) corrobora que OBZ é um processo orçamentário definido com base nos objetivos a longo prazo e metas específicas e que cada item só obterá aprovação caso seja justificado.

Essa metodologia orçamentária foi criada por Pete Phyr, em uma empresa privada chamada Texas Instruments na década de 70, com objetivo de evitar a má alocação e ineficiência dos recursos. Segundo Jund (2008), os primeiros registros de utilização dessa técnica no setor público também são dos anos 70 nos Estados Unidos, em que o presidente Jimmy Carter contratou a consultoria de Phyr para aplicação do método na administração do governo para controlar as despesas. No final da década, já havia várias empresas que implementavam o método, visto a sua eficácia perante o período crítico de recessão que a economia americana estava começando a vivenciar.

O OBZ chegou ao Brasil pelas mãos da 3G como ferramenta fundamental para revitalizar as empresas adquiridas e gerar o maior resultado possível. A gestão financeira é uma verdadeira obsessão para o grupo e a eficiência em custos se dá pela aplicação desse método em todas as unidades (TOZZI, 2017, p. 16).

Pode-se destacar como benefícios da utilização dessa metodologia a melhor alocação de recursos, otimização destes e redução de gastos desnecessários.

O orçamento é composto de várias contas e estas são incluídas em grandes grupos chamados de pacotes. Cada pacote tem um responsável por sua gestão. A metodologia do OBZ exige que cada gestor, também chamado de dono de pacote, justifique de forma detalhada a utilização do recurso financeiro.

Outro ponto importante a ser considerado é o fato de que em um orçamento tradi-



cional, em caso de corte, corta-se um percentual de todo o orçamento da empresa. No OBZ, como as despesas são escalonadas por prioridade, é possível fazer de forma mais racional.

É fundamental esclarecer que o orçamento de base histórica não é uma forma incorreta de se construir o orçamento, nem tão pouco o OBZ o único modelo apropriado. As duas metodologias são diferentes em sua essência e forma de construção. [...] O orçamento de base histórica é, basicamente, “corrigido” por indicadores financeiros e diretrizes de crescimento ou reduções vindas da liderança da organização. Dessa forma, ele não questiona a origem das despesas e, principalmente, o alinhamento de cada gasto com a estratégia da empresa (TOZZI, 2017, p. 24).

4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA OBZ EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS

A indústria de bebidas apresentada nesse tem o foco na produção de cerveja, porém também tem em seu portfólio produtos não alcoólicos. A produção anual chega até 2,7 milhões de hectolitros de cerveja. O orçamento de despesas, ou seja, gastos que não estão diretamente relacionados à produção, anual chega a até R\$30 milhões de reais.

A indústria estudada é conhecida pela rigorosidade na elaboração do processo orçamentário e acompanhamento detalhado das despesas ocorridas são essenciais para este reconhecimento.

Gastos bem controlados significam recursos liberados para outras iniciativas. O dinheiro da companhia é acompanhado de três formas: despesas, custos e investimentos. As despesas são gastos indiretos à produção que são necessários para o funcionamento da indústria, acompanhados via OBZ. Os custos são todos os desembolsos que estão diretamente relacionados ao processo produtivo. Já os investimentos, são grandes valores destinados especificamente para projetos, que tragam melhoria de capacidade produtiva, segurança ou preservação do meio ambiente.

O OBZ é estruturado em pacotes e estes são categorizados em contas, que também são chamadas de variáveis base zero (VBZ), e setorizadas, denominadas níveis base zero (NBZ). Um pacote é composto de várias VBZ de um tipo específico e estas possuem premissas para alocação contábil. As NBZ representam o agrupador que referência à área onde está sendo realizada a despesa.

Pacote	VBZ	Pacote	VBZ	Pacote	VBZ
Aluguéis	Alug. Veículos - Fab/CEs	Impostos & Taxas	Licenças de Funcionamento	Prejuízo	Dif. Estoque
	Alug. de Imóveis		Multas não Dedutíveis		Dif. Estoque - Almox
Apoio Logístico	Combust/Lubri - Fab/CEs	Informática	Outras Taxas	Terceiros	Dif. Estoque - PA T1
	Loc. Equip. Industrial		Taxas - IPTU Fábricas		Dif. Estoque - PA T2
Fretes	Man. Veículos - Fab/CEs	Jurídico	Taxas Ambientais	Viagens	Prej Cilindros e Barris
	Manut. Veículos - Vendas		Taxas Comerciais		Prej Devolução Qualidade
Utilidades	Gas para Empilhadeiras	Manutenção	Taxas para Produção	Prej Embalagens	
	Despesas - Transp VLC		Application-Sup Não ERP	Prej Erro Programação T1	
Gente + Indiretos	Transporte FLC	Manutenção	Mobile-Serviços Voz	Prej Produto Acabado-T1	
	Bens de Uso em Escritório		Telecom-WAN	Prej Sinistro Transp T1	
Gente + Indiretos	Materiais de Escritório	Manutenção	Workplace-Cópia/Impressão	Prej Transferência PA	
	Serviço Correio Expresso		Workplace-Suporte Técnico	Prej com Sinistro	
Gente + Indiretos	Serviço Correio Privado	Manutenção	Workplace-TI Equip/Perif	Ress. Sinistro Seguradora	
	Auxílio Creche		Contrib p/ Associações	Anál. Lab - Outras	
Gente + Indiretos	Consumo Interno	Manutenção	Doações - Produtos	Controle de Pragas	
	Encargos Sociais - WHITEC		Ev. Int. Entretenimento	Despesa lixos e Aterros	
Gente + Indiretos	Férias - WHITEC	Manutenção	Desp Advog Reembolsos	Jardinagem HQ/BU	
	Grat. Tempo de Serviço		Desp Advog Societário	Limpeza Eventual Peq. P.	
Gente + Indiretos	Horas Extras - WHITEC	Manutenção	Despesas com Publicação	Limpeza Permanente	
	Inderizações - WHITEC		Documentos Gerais	Segurança Outros	
Gente + Indiretos	Ordenados - WHITEC	Manutenção	Cons. Materiais de Almox.	Serv. Administrativo	
	Outras Despesas Salariais - WhiteC		Cons. Máquinas e Equip.	Serviço de Cogeração	
Gente + Indiretos	PAT	Manutenção	Conserv Edif - Construção	Vigilância e Portaria	
	Prev. Privada		Conserv Edif - HVAC	Desp. com Conduções/Taxi	
Gente + Indiretos	Provisão 13º - WHITEC	Manutenção	Conserv. Equip Escritório	Despesas com Combustível	
	Provisão Férias - WHITEC		Desp com Lab. - Materiais	Ev Internos - Alimentação	
Gente + Indiretos	Provisão GCA - WHITEC	Manutenção	Desp com Lab. - Serviços	Ev Internos - Cond/Taxi	
	Recrutamento e Seleção		Mat. Higiene e Segurança	Taxas de Serviço Agência	
Gente + Indiretos	Saúde Ocupacional	Manutenção	Serv Terc (C&E) - Autom	Vagem Com. - Cond/Taxi	
	Segurança - EPI/EPC		Serv Terc (C&E) - Ed/Inst	Vagem Neg - Alimentação	
Gente + Indiretos	Segurança - Uniformização	Manutenção	Serv Terc (C&E) - Eletric	Vagem Neg - Desp Extras	
	Seguro de Vida		Serv Terc (C&E) - HVAC	Vagem Neg - Hospedagens	
Gente + Indiretos	Transferência	Manutenção	Serv Terc (C&E) - Mecân.	Vagem Neg - Passagens	
	Transporte - Fretado		Serv Terc (P&M) - Autom.	Vagem Trein.-Alimentação	
Gente + Indiretos	Transporte - Vale Transp.	Manutenção	Serv Terc (P&M) - Ed/Ins	Vagem Trein.-Cond/Taxi	

Quadro 01 – Principais contas contempladas no OBZ
 Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Vale destacar alguns conceitos utilizados nos acompanhamentos dos valores: planejamento (plan), planejamento corrigido (planC), tendência (tend) e aporte. O planejamento é o valor definido no desdobramento do orçamento. É o valor total que se tem para utilizar durante o período. O planejamento corrigido contempla possíveis variações que podem ser incluídas no orçamento original. A tendência faz menção à expectativa de gastos para um período e aporte representa determinadas contribuições que podem ser negociadas ao longo do ano.

Mensalmente, via reunião, são acompanhados os indicadores em planilha de Excel e relatório de Power BI. Nesse fórum são discutidos a performance do mês, comparando os valores planejados, tendenciados e realmente gastos do mês, tendência do mês seguinte e de fechamento de ano. Todos os itens que tiverem grandes dispersões devem ser justificados. As tendências do mês seguinte devem ser inseridas em um sistema específico da companhia. Esse sistema faz interface direta com o sistema integrado de gestão de todos os processos.

5. INICIATIVAS PARA REDUÇÃO DE DESPESAS E RESULTADOS ALCANÇADOS

Para o pacote informática, verificou-se que o maior impacto era na conta de Cópias e Impressões, visto que ocorria um grande consumo de papel. Foi diagnosticado que não existia acompanhamento da quantidade que era retirada do almoxarifado para uso. Nesse contexto, foram criadas cotas de papel para cada área de acordo com suas reais necessi-



dades. Além disso, foi inserido no sistema uma cota de impressão para cada colaborador e definido que os maiores usuários deveriam ser questionados sobre o uso. Foi determinado também um fluxo para a retirada do material no almoxarifado.

Notou-se ainda que houve gastos elevados com papel com reservas de almoxarifado para EPIs e outros materiais. Foi implantando então um sistema de digital, em que a reserva é realizada diretamente em um tablet e automaticamente o SAP, sistema gerencial integrado, já recebe a informação e o item é liberado para retirada. Destaca-se que a pandemia contribuiu positivamente para a redução deste consumo, visto a adoção do regime de trabalho de home office.

Em relação ao pacote viagens, a conta de maior desembolso foi a de despesas com conduções/táxi. Foi diagnosticado que o processo também não apresentava um controle efetivo, nem de quantidade de viagens realizadas, quilometragem e nem de itinerário. Passou-se a adotar então o sistema de voucher, em que o colaborador só poderia solicitar a utilização de um táxi, caso apresentasse o número do voucher. Acrescido a isso, foram definidas cotas de voucher mensais para as áreas. Cada área se torna responsável por gerir seus gastos nesse item.

Tratando de pacote de Utilidades, verificou-se que já existia um controle sobre os itens comprados e que estes só eram adquiridos conforme real necessidade. O foco, neste caso, foi em reduzir o número de compras de materiais de escritório e outros bens de uso de escritório. As compras que eram realizadas mensalmente, tiveram alteração em sua periodicidade para trimestral. Acrescentado a isso, foram levantadas oportunidades de compra em mercado local, reduzindo prazo de entrega e valores pagos. A compra de material de escritório era determinada pela área de suprimentos, com contratos já existentes e valores pré-fixados, geralmente altos, visto que o existe um prazo de faturamento. Os prazos de entrega desses contratos nem sempre atendiam as necessidades da indústria, impactando nas rotinas. Houve uma negociação de exceção dentro da premissa já existente para o pacote de utilidades, para que itens com menor preço disponíveis no mercado local pudessem ser comprados com cartão corporativo.

Outra iniciativa foi a de redução de aluguel de equipamentos industriais. O cenário anterior da fábrica mostrava altos dispêndios com aluguéis de caminhão munck, que geralmente utilizado em grandes indústrias em serviços de manutenção, com até 12 solicitações em um mês. Cada diária custava R\$1800,00.

Diferente das demais situações, que foram resolvidas com esforços da própria unidade, esse caso exigiu uma pesquisa de mercado de potenciais fornecedores do equipamento e envolvimento da área de suprimentos para negociação do valor. Vale ressaltar que o mercado local é desfavorecido em relação a fornecedores aptos, em suma, que obtenham a quantidade desejada de equipamentos, assim como mão-de-obra treinada e capacitada. A linha de trabalho objetivou realizar a contratação de um fornecedor fixo, que atendesse a todos os requisitos da indústria, para que os equipamentos estivessem sempre disponíveis na unidade. Foi realizada pesquisa de mercado, reuniões com fornecedores e um trabalho de desenvolvimento deles. Assim, além do valor mais baixo, obteve-se a exclusividade do uso dos equipamentos.

Tratando de limpeza permanente, o foco foi reduzir o consumo de materiais de lim-

peza, criando-se um fluxo de retirada do almoxarifado similar ao de papel para estes materiais. A meta não foi atingida conforme esperado, devido a necessidade de maiores cuidados com higiene causados pela pandemia de COVID-19, impedindo que maiores travas fossem aplicadas.

Ainda no pacote de terceiros, na conta de limpeza eventual, foi realizado um levantamento em que se verificou que havia alta contratação para serviços esporádicos como limpeza de vias, limpeza de caixa d'água, hidrojateamento de tanques e desobstrução das redes de efluentes industriais. Para essa situação, foi realizado um estudo similar ao do pacote aluguéis e buscou-se estabelecer contrato com um fornecedor único, garantindo menores gastos e um serviço mais personalizado. Realizando benchmarking com outras indústrias, foi possível encontrar um fornecedor competente para executar o serviço.

A iniciativa da conta de transporte de resíduos já teve um fluxo oposto. Anteriormente, todo transporte de resíduos era feito por um único fornecedor. Foi realizado um estudo de mercado, junto ao time de suprimentos, e constatou-se que se o transporte fosse realizado de acordo com a classificação do lixo, haveria ganho, pois alguns destes seriam tratados em localidade próxima.

A última iniciativa teve como meta reduzir o gasto com análises laboratoriais. Ao longo dos anos, essa conta não teve o acompanhamento devido. Ela era composta de várias análises com periodicidade já definidas, porém cada análise era feita com um fornecedor diferente. Algumas eram muito caras, pois eram enviadas para laboratórios das regiões sul e sudeste. Foi feita uma averiguação de todas as análises solicitadas, que foram reorganizadas conforme as exigências legais atuais, e pode-se concluir que era possível agrupá-las conforme a periodicidade, grupos de análises mensais, trimestrais, semestrais e anuais. Com essa informação em mãos e apoio do time de suprimentos da indústria, foi feita a busca por laboratórios que conseguissem atender pela demanda completa.

O resultado geral de implantação das iniciativas foi satisfatório (Quadro 02). Nem todas as ações tiveram suas metas atingidas quando observadas individualmente, porém, ao observar o todo, as reduções de despesas foram maiores do que o esperado. É válido acrescentar que é um trabalho que demanda interação com outros times e conhecimento do mercado de fornecedores local.

Pacote	VBZ	Iniciativa	Gasto Mensal Atual	Gasto real após iniciativa	Despesa FE sem iniciativa	Despesa FE estimado	Redução de despesas estimada	Despesa FE com iniciativa	Redução de despesas/Ganho	%	Status
Informática	Cópias e Impressões	Reduzir consumo de papel para impressões em 30%	R\$ 946	R\$ 668	R\$ 11.352	R\$ 8.798	R\$ 2.554	R\$ 8.850	R\$ 2.502	22%	☹️
Viagens	Despesas com conduções/táxi	Reduzir utilização de táxi em 20%	R\$ 12.000	R\$ 8.500	R\$ 144.000	R\$ 122.400	R\$ 21.600	R\$ 112.500	R\$ 31.500	22%	😊
Utilidades	Material de escritório	Redução da compra de material de escritório em 50%	R\$ 3.000	R\$ 1.700	R\$ 36.000	R\$ 22.500	R\$ 13.500	R\$ 24.300	R\$ 11.700	33%	😊
Aluguéis	Locação de equipamento industrial	Reduzir gasto com locação de munck em 20%	R\$ 18.000	R\$ 12.000	R\$ 216.000	R\$ 183.600	R\$ 32.400	R\$ 162.000	R\$ 54.000	25%	😊
Terceiros	Limpeza permanente	Reduzir consumo de materiais de limpeza em 20%	R\$ 30.000	R\$ 26.000	R\$ 360.000	R\$ 306.000	R\$ 54.000	R\$ 324.000	R\$ 36.000	10%	😊
Terceiros	Limpeza Eventual	Realizar preventivas nas redes industriais em 20%	R\$ 70.000	R\$ 45.000	R\$ 840.000	R\$ 714.000	R\$ 126.000	R\$ 615.000	R\$ 225.000	27%	😊
Terceiros	Transporte de resíduos	Reduzir valor gasto no contrato de transporte de resíduos em 20%	R\$ 26.700	R\$ 21.500	R\$ 320.400	R\$ 272.340	R\$ 48.060	R\$ 273.600	R\$ 46.800	15%	😊
Terceiros	Análises laboratoriais	Reduzir valor gasto com as diversas análises externas em 20%	R\$ 22.500	R\$ 12.000	R\$ 270.000	R\$ 229.500	R\$ 40.500	R\$ 175.500	R\$ 94.500	35%	😊
TOTAL					R\$2.197.752	R\$1.859.138	R\$ 338.614	R\$1.695.750	R\$ 502.002		

Quadro 02 – Resultado da implantação das iniciativas
Fonte: Elaborado pela autora (2021)



CAPÍTULO 9

Verificando a evolução dos resultados ao longo dos anos, é possível perceber que a realização das iniciativas contribuiu para o atingimento da meta do ano, ou seja, cumpriu-se o orçamento sem gerar estouros.

Comparando o orçamento planejado dos anos de 2019 e 2020 do OBZ (quadro 03), conclui-se que houve um aumento de 61% no valor previsto para unidade. Os pacotes que mais cresceram foram os de aluguéis e manutenção. Tratando de valores, percebe-se que o pacote manutenção teve um aumento de cerca de R\$9 milhões. Isso é justificado pelo cancelamento de investimentos importantes no ano de 2020, devido a pandemia, transferindo parte do valor destinado a isso para ações de melhorias da unidade. O mesmo motivo explica o aumento do pacote aluguéis.

PACOTES	Plan 19	Plan 20	GAP	% GAP
Jurídico	R\$ -	R\$ -	R\$ -	0,0%
Informática	R\$ 80.049	R\$ 58.143	R\$ (21.906)	-27,4%
Gente	R\$ 8.370.505	R\$ 8.409.908	R\$ 39.403	0,5%
Indiretos	R\$ 1.850.049	R\$ 1.750.328	R\$ (99.721)	-5,4%
Viagens	R\$ 116.150	R\$ 172.958	R\$ 56.808	48,9%
Utilidades	R\$ 93.374	R\$ 73.350	R\$ (20.024)	-21,4%
Aluguéis	R\$ 36.480	R\$ 194.820	R\$ 158.340	434,0%
Institucional	R\$ 80.000	R\$ 40.400	R\$ (39.600)	-49,5%
Impostos & Taxas	R\$ 191.616	R\$ 260.230	R\$ 68.614	35,8%
Terceiros	R\$ 2.582.835	R\$ 3.694.575	R\$ 1.111.740	43,0%
Manutenção	R\$ 4.178.505	R\$ 13.310.728	R\$ 9.132.222	218,6%
Prejuízo	R\$ 790.204	R\$ 1.689.532	R\$ 899.328	113,8%
OBZ	R\$ 18.369.767	R\$ 29.654.972	R\$ 11.285.205	61,43%

Quadro 03 – Comparativo do orçamento do ano de 2019 x 2020
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Pacotes que estão mais relacionados a consumo de material, como utilidades e informática, tiveram redução significativa. O pacote institucional também foi afetado pela pandemia e teve seu valor orçado reduzido, visto que qualquer tipo evento estava dispensado por gerar aglomeração.

Observando as despesas realizadas de 2019 e 2020 (quadro 04), pode-se afirmar que o aumento de despesas de um ano para o outro foi de 31,86%, com maiores impactos nos pacotes Manutenção e Prejuízo.

Pode-se afirmar que o aumento de realização das despesas cresce em uma taxa menor do que o planejado, o que comprova a eficácia do método base zero, pois se fosse considerar o histórico do ano de 2019, haveria uma discrepância extremamente alta entre planejado e real.

CAPÍTULO 9

PACOTES	Real 19	Real 20	GAP	% GAP
Jurídico	R\$ 8.758	R\$ 4.000	R\$ (4.758)	-54,3%
Informática	R\$ 76.592	R\$ 52.863	R\$ (23.729)	-31,0%
Gente	R\$ 8.595.730	R\$ 7.774.658	R\$ (821.072)	-9,6%
Indiretos	R\$ 1.734.899	R\$ 1.928.350	R\$ 193.451	11,2%
Viagens	R\$ 152.927	R\$ 97.638	R\$ (55.289)	-36,2%
Utilidades	R\$ 53.006	R\$ 38.232	R\$ (14.774)	-27,9%
Aluguéis	R\$ 85.524	R\$ 164.199	R\$ 78.674	92,0%
Institucional	R\$ 93.411	R\$ 59.741	R\$ (33.671)	-36,0%
Impostos & Taxas	R\$ 211.422	R\$ 275.654	R\$ 64.232	30,4%
Terceiros	R\$ 3.247.429	R\$ 3.275.968	R\$ 28.539	0,9%
Manutenção	R\$ 5.380.152	R\$ 11.562.342	R\$ 6.182.190	114,9%
Prejuízo	R\$ 1.231.690	R\$ 2.288.145	R\$ 1.056.455	85,8%
OBZ	R\$ 20.871.541	R\$ 27.521.789	R\$ 6.650.248	31,86%

Quadro 04 – Comparativo do realizado do ano de 2019 x 2020

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Tratando do resultado do OBZ (quadro 05), verifica-se que o total do orçamento não foi extrapolado e que houve uma economia de R\$2 milhões, com um valor realizado 7% menor do que o planejado. Quase todos os pacotes ficaram dentro da meta estabelecida.

PACOTES	Plan 20	Real 20	Redução	% Redução
Jurídico	R\$ -	R\$ 4.000	R\$ 4.000	-
Informática	R\$ 58.143	R\$ 52.863	R\$ (5.280)	-9,1%
Gente	R\$ 8.409.908	R\$ 7.774.658	R\$ (635.250)	-7,6%
Indiretos	R\$ 1.750.328	R\$ 1.928.350	R\$ 178.022	10,2%
Viagens	R\$ 172.958	R\$ 97.638	R\$ (75.320)	-43,5%
Utilidades	R\$ 73.350	R\$ 38.232	R\$ (35.118)	-47,9%
Aluguéis	R\$ 194.820	R\$ 164.199	R\$ (30.621)	-15,7%
Institucional	R\$ 40.400	R\$ 59.741	R\$ 19.341	47,9%
Impostos & Taxas	R\$ 260.230	R\$ 275.654	R\$ 15.424	5,9%
Terceiros	R\$ 3.694.575	R\$ 3.275.968	R\$ (418.607)	-11,3%
Manutenção	R\$ 13.310.728	R\$ 11.562.342	R\$ (1.748.386)	-13,1%
Prejuízo	R\$ 1.689.532	R\$ 2.288.145	R\$ 598.613	35,4%
OBZ	R\$ 29.654.972	R\$ 27.521.789	R\$ (2.133.183)	-7,2%

Quadro 05 – Resultado do OBZ do ano

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Outro ponto importante a ser abordado é que, mesmo desconsiderando o pacote manutenção, que teve um crescimento absurdo em seu planejado de um ano para o outro, a meta de OBZ ainda assim seria alcançada, com uma economia próxima de R\$385 mil reais. Assim, pode-se afirmar que as iniciativas foram essenciais para esse resultado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função de um cenário de constantes mudanças e de um mercado acelerado, considera-se que as organizações devem apresentar soluções criativas em tempo hábil para clientes. O ambiente industrial exige tomadas de decisões ágeis e baseadas em metodo-



logias de gestão eficazes. Para a indústria estudada, a gestão financeira é fundamental para atingimento dos objetivos estratégicos.

O trabalho permitiu explicitar conceitos e características da aplicação da metodologia orçamentária OBZ, destacando técnicas de acompanhamento e iniciativas implementadas para redução efetiva de despesas. Observou-se que a metodologia OBZ é um método eficiente de gestão de recursos financeiros para a indústria estudada e que, com o desenvolvimento das iniciativas de redução de gastos, foi possível economizar R\$2 milhões.

Dentre as vantagens identificadas estão: corte de gastos supérfluos; alocação de recursos com mais eficiência e promoção da interação entre diferentes áreas, de forma alinhada à estratégia da empresa. O OBZ estimula ainda o senso crítico e a capacidade de análise dos responsáveis por cada pacote, visto que exige estruturação do plano de atuação e iniciativas de economia. Nesse modelo, os gestores são orientados a buscar melhorias operacionais.

Como desvantagem, pode-se citar que é um método que demanda mais tempo para elaboração e acompanhamento. Além disso, o dono de pacote deve ter uma maturidade mínima e responsabilidade para assumir o processo.

O processo ainda apresenta oportunidades, como utilização de metodologias ágeis para acompanhamento das ações abertas por pacote, visando acelerar o alcance dos resultados, permitindo que se possam aplicar mais iniciativas.

Destaca-se como sugestão de pesquisas para trabalhos futuros a análise da relação entre a metodologia e os indicadores de produção e a contribuição deste para alterações no comportamento dos colaboradores.

Por fim, recomenda-se a aplicação do OBZ em outras organizações, independente de setor ou tamanho, visto que gera ações que podem impactar diretamente no engajamento dos colaboradores e atingimento de metas.

Referências

FONSECA, José Wladimir Freitas da. **Administração Financeira e Orçamentária**. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009.

JUND, S. AFO. **Administração Financeira e Orçamentária**. São Paulo: Elsevier, 2008.

MATURI, R.J. Zero-Based Budgeting. Home Business Magazine: The HomeBased. **Entrepreneur's Magazine**. Vol. 16. Jun, 2009.

PHYRR, P. A. **Orçamento Base Zero**: um instrumento administrativo prático para avaliação das despesas. São Paulo: Editora Interciência, 1981.

SELEME, Roberto Bohlen. **Diretrizes e práticas da gestão financeira e orientações tributárias**. Curitiba: Ibplex, 2010.

SILVA, Eduardo Sá. **Gestão financeira**. Porto: Vida Económica, 2013.

SOUZA, Rubens. **Administração financeira**. 1. ed. São Paulo: Editora Áudio Ltda., 2011.



CAPÍTULO 9

TOZZI, A. P. R.; COSTA, Jéssica. **Revolução orçamentária**: o avanço do Orçamento Base Zero (OBZ). São Paulo: Trevisan Editora, 2017. E-book. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=olrO-DgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Jéssica+Costa%22&hl=pt-R&sa=X&ved=2ahUKEwiY6l-mS45zvAhV5LLkGHWkDD2gQ6wEwAHoECAAQBQ#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 21 jan. 2021.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

VIEIRA FILHO, GERALDO. **Gestão da qualidade total**: uma abordagem prática. Campinas: Alínea, 2003.

WILGES, Ilmo José. **Finanças Públicas**: orçamento e direito financeiro para cursos e concursos. Porto Alegre: AGE, 2006.



CAPÍTULO 10

A POLÍTICA DE PD&I NA ZONA FRANCA DE MANAUS: OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

RD&I POLICY IN THE ZONA FRANCA DE MANAUS: OPPORTUNITIES
AND CHALLENGES FOR THE IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0

Arthur de Freitas Lisboa

Luiz Frederico Oliveira de Aguiar

Mauricio Itikawa

Armando Araújo de Souza Junior

Resumo

Este trabalho analisa as oportunidades e desafios para a implementação da indústria 4.0 sob a ótica da política pública de incentivo à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) da Lei de Informática (LI) na Zona Franca de Manaus (ZFM). Realiza-se inicialmente a fundamentação teórica, por meio do método de pesquisa bibliográfica e documental, a partir de uma revisão da literatura nas principais bases de conhecimento científicas disponíveis, dos termos “indústria 4.0” e “pesquisa e desenvolvimento e inovação”, bem como a política de PD&I da LI na ZFM. Os resultados estão descritos em três dimensões: formação e capacitação de recursos humanos, fomento ao ecossistema de inovação e à PD&I.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação; Zona Franca de Manaus; Lei de Informática.

Abstract

The paper aims to analyze the challenges and opportunities for the implementation of industry 4.0 from the perspective of a public policy to encourage research, development and innovation (RD&I) from the Informatics Law (IL) in the Manaus Free Trade Zone (ZFM). The theoretical foundation is initially carried out using the bibliographic and documental research method, based on a literature review on the main available knowledge scientific data bases, using the terms “industry 4.0” and “research, development and innovation”, as well as the IL RD&I policy at ZFM. The results are described in three dimensions: training and qualification of human resources, fostering the innovation ecosystem and RD&I.

Keywords: Industry 4.0; Research, Development and Innovation; Manaus Free Trade Zone; Informatics Law.



1. INTRODUÇÃO

A quarta revolução industrial tornou as mudanças tecnológicas cada vez mais rápidas especialmente na indústria, onde a inovação e o desenvolvimento tecnológico são mais intensos e, onde esse novo período tecnológico, poderá dar início a um renascimento cultural que permitirá que as pessoas se sintam parte de algo muito maior - “uma verdadeira civilização global.” (SCHWAB, 2016).

Nesse contexto de transformações é que se assenta a análise deste artigo, especialmente no sentido de identificação das oportunidades e dos desafios para a implementação de importantes tecnologias emergentes na ZFM que tem uma política de PD&I fundamentada na LI. (PEREIRA; DE OLIVEIRA SIMONETTO, 2018).

Parte-se então à análise mais aprofundada de toda a política de PD&I da ZFM, por meio de levantamento documental das normativas estabelecidas até o final de 2020, bem como de relatórios e eventos ocorridos que tenham sido relevantes para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no PIM. Por fim, apresentam-se as oportunidades e os desafios para a materialização de iniciativas voltadas à Indústria 4.0.

Este trabalho está dividido em seis seções. A primeira apresenta a introdução do estudo, em seguida, o referencial teórico que norteou a realização do estudo, apresentando os conceitos centrais da pesquisa. Ademais, a metodologia que norteou a pesquisa é apresentada, seguida pelos seus resultados da pesquisa, considerações finais e encerrando com as referências utilizadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A partir de 2011, quando o termo *Industrie 4.0* começou a ser utilizado para sintetizar a integração de tecnologias da informação e comunicações (TIC) que juntamente a mudanças organizacionais e culturais caracterizaram a chamada quarta revolução industrial (ACATECH, 2020), investimentos de diversos atores do ecossistema passaram a ser realizados no sentido de implementar a digitalização dos processos produtivos, demandando inovações que obrigam os legisladores a produzirem políticas públicas modernas no que diz respeito à inovação (BUHR, 2017).

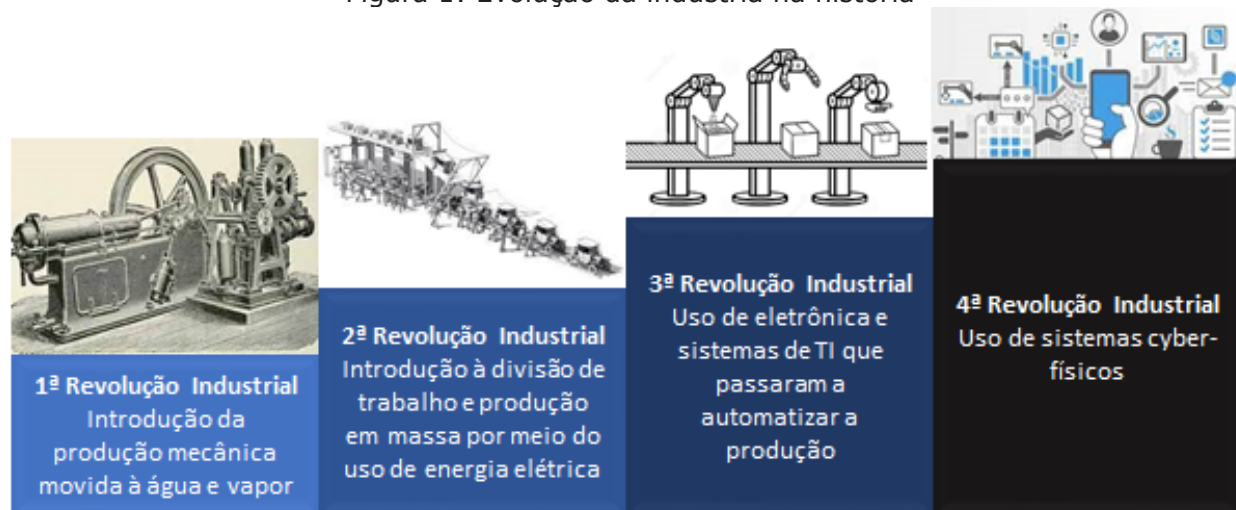
No Brasil, mais especificamente na ZFM, esse assunto, embora já regulamentado, não está maduro, e, pelo fato de ser ainda uma fronteira tecnológica quanto a sistemas de produção, deve estar relacionado a inovação (REISCHAUER, 2018), muitas vezes atrelada também à P&D.



2.1. Indústria 4.0

Entender do que se trata a indústria 4.0 sob o prisma da quarta revolução industrial demanda conhecer os estágios históricos da indústria, cada qual marcado por tecnologias que identificam cada revolução (Figura 1).

Figura 1: Evolução da indústria na história



Fonte: Adaptado a partir de GTAI (2014).

A primeira revolução industrial foi marcada pela presença das máquinas a vapor no fim do século XVIII, seguida da segunda revolução industrial no fim do século XIX, simbolizada pelo uso da energia elétrica na produção em massa notadamente pelo Fordismo. A terceira revolução industrial ocorreu em meados do século XX com a introdução da microeletrônica e automação industrial. Finalmente a quarta revolução industrial, iniciada em 2011 é marcada pelos sistemas ciber-físicos na manufatura (GTAI, 2014; XU *et al.*, 2018; GHOBAKHLOO, 2018; REISCHAUER, 2018).

GTAI (2014) define sistemas ciber-físicos como tecnologias embarcadas que juntam os mundos virtual e real em um único sistema no qual objetos inteligentes interagem entre si, sendo a base da Internet das Coisas, trazendo consigo outras tecnologias envolvendo dados, internet entre outras.

Além disso, Reischauer (2018) e Etzkowitz (2003) postulam que a indústria 4.0 deve ser orientada por política centrada na inovação em sistema conhecido como tripla hélice no qual se envolvem empresas, academia e governo.

2.2. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Ferreira e Lisboa (2019) abordam diferentes perspectivas a respeito da inovação, demonstrando a amplitude do conceito na literatura atual, apresentando a inovação como uma fonte de crescimento econômico de fomento dos ciclos de crescimento da economia e diferencial competitivo, podendo ser representado como uma série de melhorias tecnológicas e em métodos ou maneiras de fazer as coisas.

Segundo o Manual de Oslo (1997), P&D compreende um trabalho criativo realizado



de forma sistemática com a finalidade maior de aumentar o estoque de conhecimento existente, incluindo o conhecimento científico e tecnológico, inclusive em novas aplicações. Conceitos intimamente conectados, os investimentos em P&D são influenciadores ativos na busca pela inovação de cunho tecnológico (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

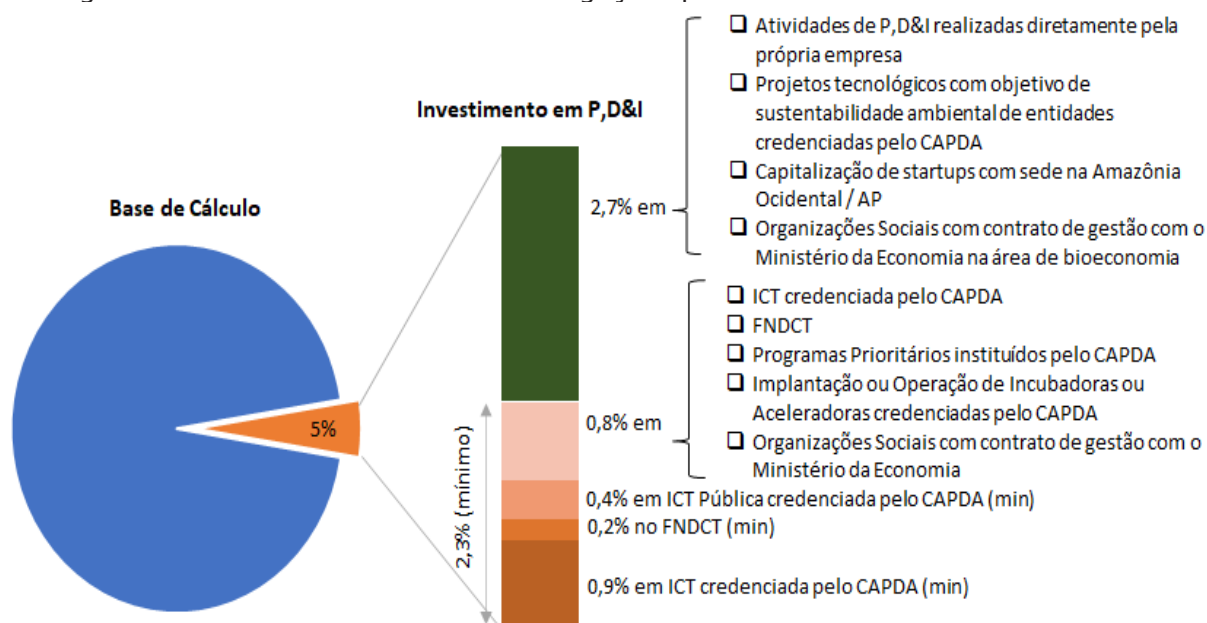
Oliveira *et al* (2015), ao analisar o panorama dos investimentos em P&D no Brasil e os depósitos de patentes registrados como unidades de mensuração de impacto dos investimentos públicos e privados em P&D, obtiveram resultados favoráveis à ligação entre estes dispêndios e o aumento da atividade econômica e inovação configurada em incremento do registro de patentes.

Documento elaborado pela Firjan (2019), demonstra que um dos quatro passos que as indústrias devem tomar em direção à indústria 4.0 é o investimento em PD&I, que a dotarão de diferenciais competitivos essenciais a era da indústria 4.0, inclusive por meio de sua associação a *startups*. Um dos programas públicos que impactam positivamente no ecossistema de PD&I é a LI na ZFM.

2.3. A Política de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da ZFM.

A intervenção governamental por meio de políticas públicas no ecossistema de PD&I na região da ZFM se deu a partir da publicação da Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991, a LI. Nesta, ficam estabelecidos benefícios fiscais, sendo que somente as empresas que investirem em PD&I podem usufruí-los (BRASIL, 1991).

Figura 2: Investimento em PD&I - Obrigações por ator¹ do ecossistema



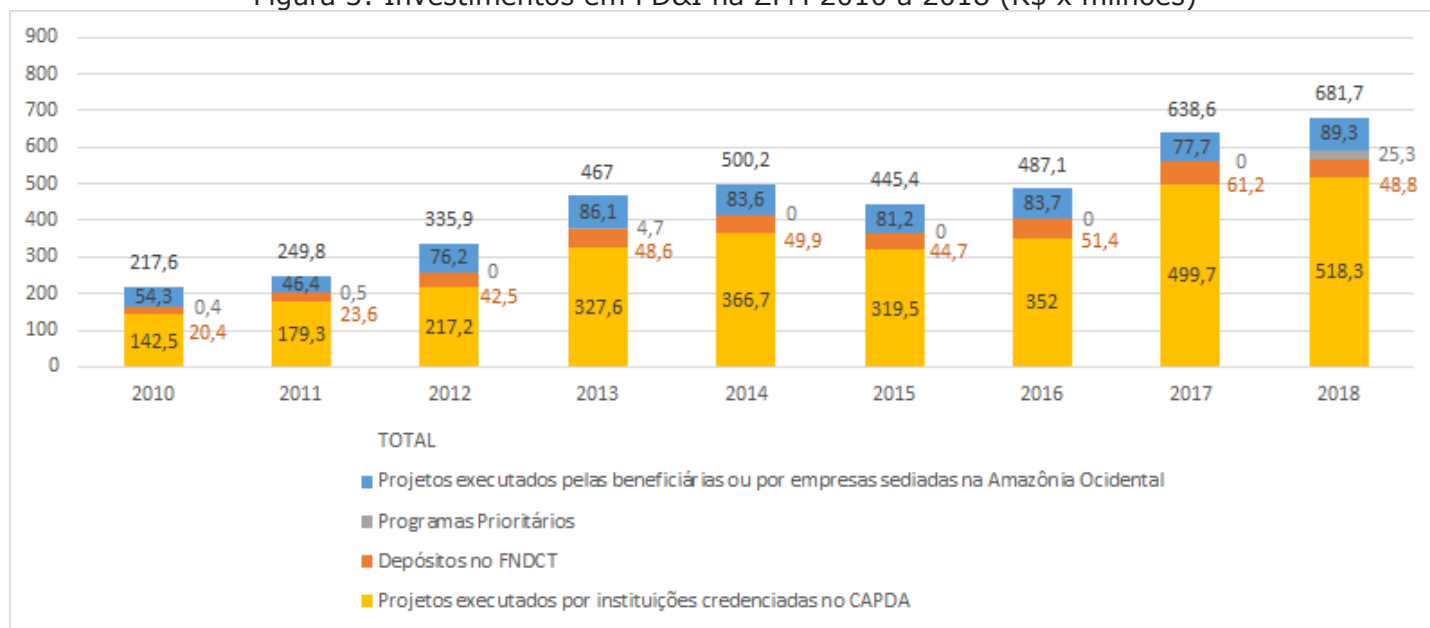
Fonte: Elaborado pelos autores com base na LI.

¹ ICT: Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação.
 FNDCT: Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
 CAPDA: Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia

Da Figura 2, considera-se como “Base de Cálculo” o faturamento bruto relativo ao produto usufrutuário do benefício, deduzidos os impostos incidentes na comercialização e os valores dos insumos também beneficiados pela Lei nº 8.387/1991 ou pela Lei nº 8.248/1991 (LI aplicada às outras regiões do Brasil, excluindo-se a área de abrangência da ZFM).

A Figura 3 ilustra os recursos financeiros da fatia de 5% demonstrada pela Figura 2, que nos últimos cinco anos de que trata o levantamento de dados realizado pela SUFRAMA (2020), investiu-se mais de R\$ 2,7 bilhões em PD&I somente na Amazônia Ocidental e Estado do Amapá.

Figura 3: Investimentos em PD&I na ZFM 2010 a 2018 (R\$ x milhões)



Fonte: Elaborado pelos autores com base em SUFRAMA (2021).

Obtém-se da Figura 3 (SUFRAMA, 2021) que nos últimos 5 anos, aproximadamente três quartos de tudo que se investiu em PD&I em decorrência da LI foi destinado a ICT credenciadas pelo CAPDA, comitê que recebeu a atribuição de regulamentar as atividades de PD&I na Amazônia Ocidental e Estado do Amapá. (BRASIL, 2020).

A última alteração da LI ocorreu em 2016, exigindo novos instrumentos infralegais que pormenorizassem o seu conteúdo, quando foi oportuno criar a Portaria nº 2.091, de 17 de dezembro de 2018 e a Resolução nº 40, de 18 de março de 2018, que explicitaram a possibilidade de se investir parte da obrigação anual na modernização dos parques fabris nas tecnologias voltadas à indústria 4.0. Por fim, o Decreto nº 10.521, de 15 de outubro de 2020, veio regulamentar a Lei alterada.

3. PERCURSO METODOLÓGICO

Este trabalho é caracterizado, inicialmente, como uma pesquisa descritiva uma vez que procura identificar relações entre variáveis (GIL, 2018, p.26), nesse caso específico, entre a política pública de incentivo à PD&I da LI na ZFM e a Indústria 4.0.



Quanto à abordagem, o presente artigo trata de pesquisa quali-quantitativa por trabalhar com conceitos gerais aplicados em normas, assim como busca interpretações sobre dados numéricos obtidos do cenário estudado. A abordagem quantitativa é predominantemente matemática com coleta de dados realizada de forma sistemática enquanto a abordagem qualitativa é caracterizada por ser mais interpretativa e descritiva. (FURTADO, 2020, p. 187-188).

A pesquisa é de natureza explicativa quanto ao seu objetivo, pois, embora possua abordagem com embasamento bibliográfico-documental buscando entender a relação, a partir de um conjunto normativo que tem no topo da pirâmide a LI na ZFM e a Indústria 4.0, tem por objetivo identificar quais são os desafios e as oportunidades que a ZFM possui no caminho para a modernização do seu parque industrial na direção da Indústria 4.0.

A partir do levantamento bibliográfico e documental, realizado por meio de pesquisa em bases de dados científicas e documentos oficiais elaborados por entidades representativas da indústria e do governo, realizou-se análise qualitativa e quantitativa dos dispositivos normativos permitidos pela LI para a implantação da indústria 4.0 na ZFM.

4. RESULTADOS

4.1. Formação e Capacitação de Recursos Humanos

Buhr (2015) prevê que o trabalho humano não continuará sendo parte importante da produção, mas passa a ser a parte central do processo responsável pelas decisões, ou ainda como responsáveis pelo sistema inteligente a ser construído e administrado. Nesse cenário, o citado autor prevê que as nações cuja força de trabalho possuam menor instrução serão as mais sensíveis à implementação das tecnologias afetas à indústria 4.0 em função da demanda de qualificação.

Considerando a constatação de Oliveira e Corrêa (2019) de que as indústrias do PIM ainda funcionam em bases fordistas/tayloristas com ilhas de sofisticação tecnológicas, há ainda predominância de trabalhos repetitivos e massificados que dispensam maior qualificação da mão de obra empregada, o que é forte evidência de que esta região ainda possui grande desafio em termos de ter humanos capazes de conduzir a indústria local à transformação digital.

Conforme ilustrado na Figura 2, segundo a LI, é obrigatório investimento anual mínimo de 0,9% em ICT e 0,4% em ICT pública, ambas credenciadas pelo CAPDA, sendo que o Decreto nº 10.521/2020, equipara as instituições de pesquisa ou instituições de ensino superior mantidas pelo Poder Público à ICT para o cumprimento dos referidos percentuais mínimos, bem como inclui como atividade de PD&I a formação e capacitação profissional nas áreas consideradas prioritárias pelo mesmo comitê ou que envolvam pesquisa básica, aplicada, desenvolvimento experimental ou inovação tecnológica.

Da Figura 3 é possível concluir que a média dos investimentos anuais dos últimos 5 anos dos dados fornecidos em SUFRAMA (2021) é de aproximadamente R\$ 550 milhões.

Desses, é compulsório o investimento anual mínimo de R\$ 99 milhões em ICT credenciada pelo CAPDA adicionados de R\$ 44 milhões em ICT pública também credenciada pelo CAPDA.

Embora os resultados de programas de formação de profissionais não tenham efeito imediato, com visão de médio prazo, esse *gap* identificado por Oliveira e Corrêa (2019) pode ser amenizado por ações previstas na legislação.

4.2. Investimento em PD&I voltado à Indústria 4.0

De acordo com a CNI (2018), 48% das empresas brasileiras planejavam investir em pelo menos uma das tecnologias digitais afetas à indústria 4.0 em 2018, no entanto, pesquisa realizada em 2020, demonstra que efeitos diretos da pandemia de Covid-19 frustraram investimentos previstos, seja por revisão de demanda ou alta inesperada dos custos de investir (CNI, 2021).

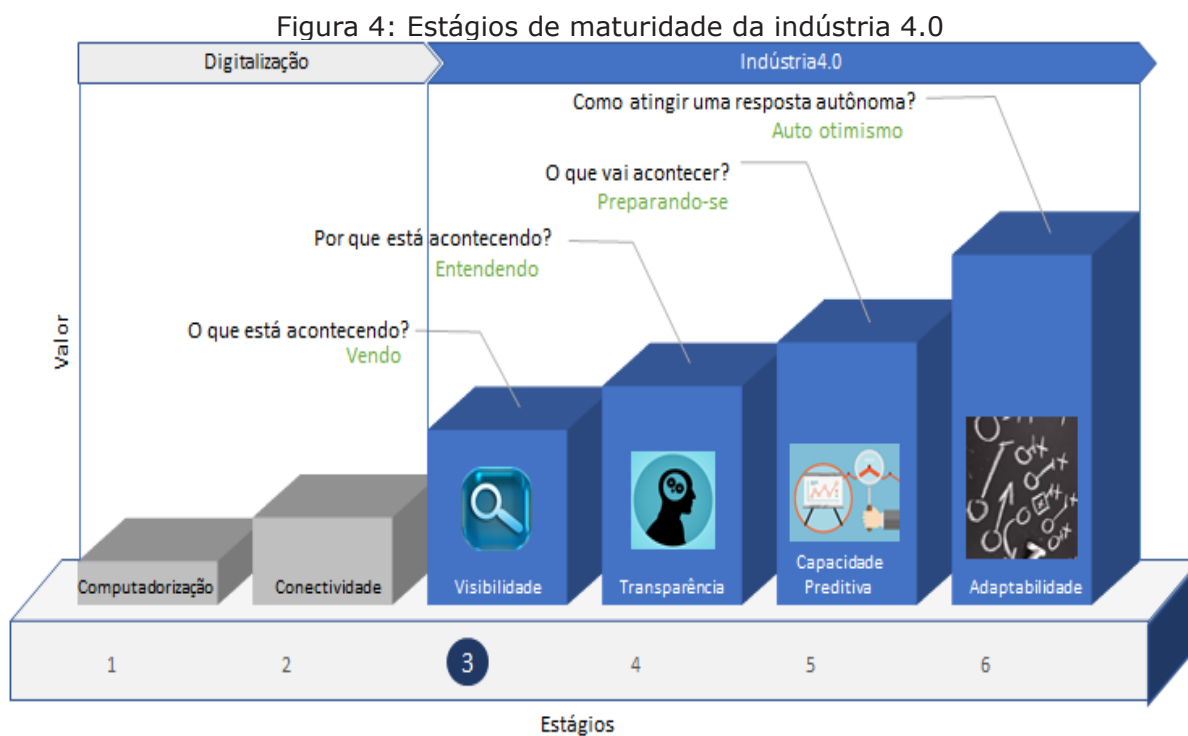
Por outro lado, indicadores industriais da ZFM demonstram que as empresas fabricantes de bens de informática obtiveram crescimento, em 2020, de 33,23% de faturamento em moeda nacional (CIEAM, 2021), evidenciando movimento inverso da indústria nacional sobre a capacidade de realizar investimentos.

Muito embora seja possível alocar mais da metade da obrigação de investimento em PD&I em projetos desenvolvidos pela própria fábrica, o que corresponderia à R\$ 297 milhões por ano, considerando a média dos últimos 5 anos apurada em SUFRAMA (2021), o gráfico da Figura 3 demonstra que somente 15% foram investidos internamente nesse período. Nesse contexto, foi publicada pelo então MDIC, atual Ministério da Economia, a Portaria nº 2.091, de 17 de dezembro de 2018, que, juntamente com a Resolução nº 40, de 18 de março de 2018, do Conselho de Administração da Suframa (CAS), versam sobre os investimentos em PD&I voltados para a indústria 4.0 na ZFM (BRASIL, 2018a; BRASIL, 2018b).

Com o conjunto de normas vigentes e, sabendo-se que o Decreto 10.251/2020 permite que projetos com a temática de indústria 4.0 sejam realizados no âmbito da LI até 2028, tem-se na modalidade interna, a partir da média apurada, uma oportunidade de investimentos na região de mais de R\$ 2 bilhões se as empresas iniciarem esse movimento em 2022.

Segundo a Portaria nº 2.091/2018, do investimento realizado para a elevação das linhas de produção para indústria 4.0, são elegíveis à utilização do recurso da obrigação de aplicação em PD&I oriunda da LI, projetos que tenham por objetivo o atingimento de no mínimo o Estágio 3 de maturidade previsto em ACATECH (2020), que corresponde à Visibilidade na escala apresentada pela Figura 4.





Fonte: Adaptado de ACATECH (2020)

No estágio de visibilidade, o sistema ciber-físico utiliza dados, informações e conhecimentos gerados para simulações computacionais que podem alimentar e contribuir com o processo de autocorreção e auto otimização, reduzindo o ciclo de desenvolvimentos (BRASIL, 2018b; ACATECH, 2020).

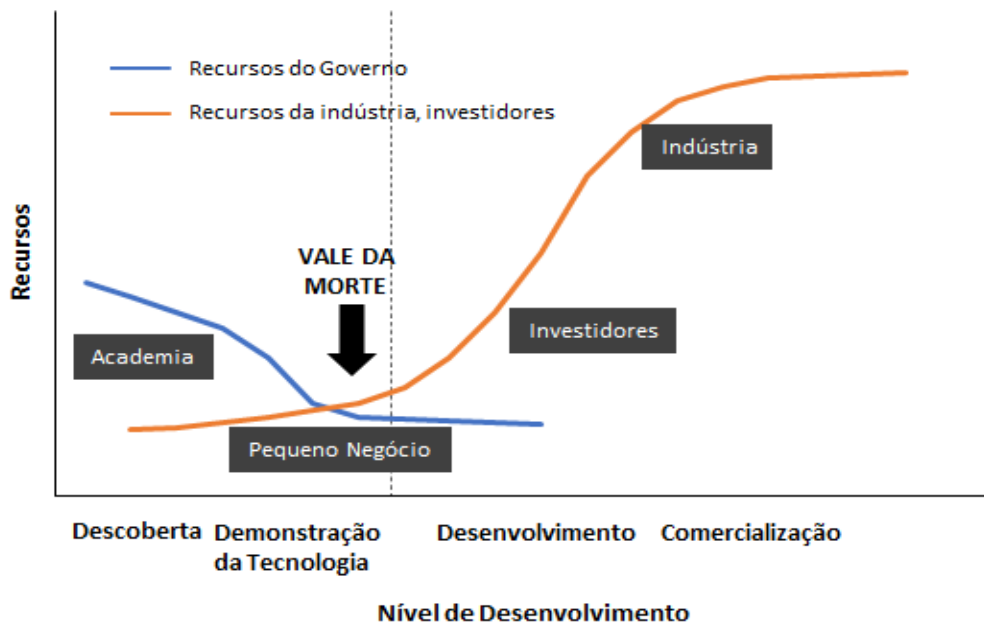
A Resolução nº 40/2018/CAS inovou ao permitir que fosse alocado totalidade do valor de compra de robôs aos projetos enquadrados como sendo da temática de indústria 4.0 desde que não ultrapasse o limite de 40% do valor do projeto (limite imposto pela Portaria nº 2.091/2018).

4.3. Fomento do Ecosistema de Inovação

O envolvimento entre governo, empresas e academia defendido por Reishauer (2018) sob a forma da tripla hélice para a inovação pode, de certa forma ser vista na operacionalização da LI: o governo define os critérios para a utilização da obrigação de aplicação em PD&I, as empresas elegem projetos e a academia é um dos atores que pode executar esses projetos, seja na forma de formação e capacitação, seja na realização de P&D.

Um dos possíveis resultados da tripla hélice defendida por Reishauer (2018) é a formação de um ecossistema de inovação que, de acordo com Jackson (2011) se trata de um ciclo no qual as empresas geram demandas de novos produtos (PD&I), cujas vendas no mercado vão gerar necessidades e recursos para a criação de outros novos produtos. Nessa linha, o mesmo autor teoriza que inovações geram negócios que, pela natureza do caminho dos recursos aliado a riscos inerentes, têm como resultado a morte da grande maioria, cujo motivo é ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Gráfico de vida de uma inovação

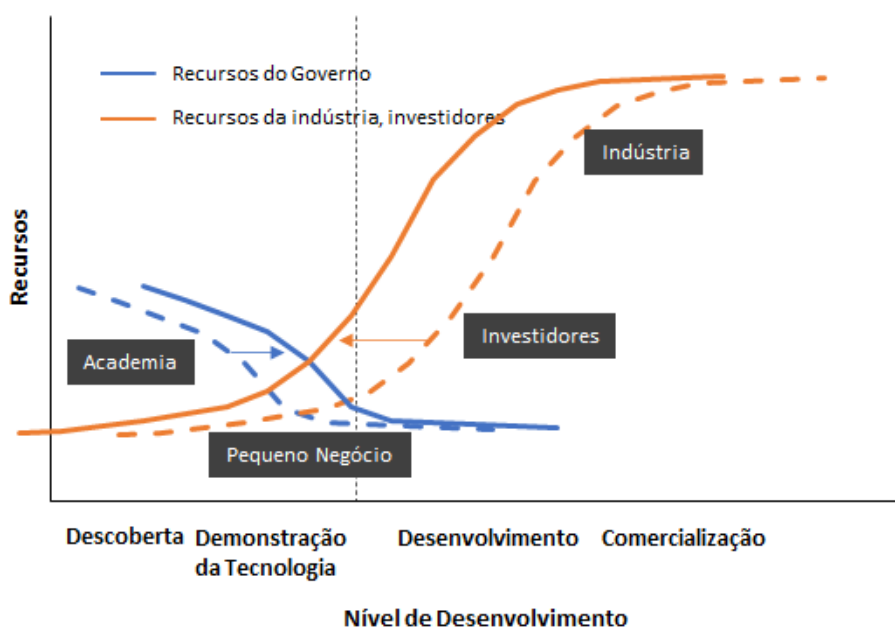


Fonte: Elaborado pelos autores com base em Jackson (2011).

A Figura 5 demonstra que no período no qual se encerra o vínculo com a academia (fim da P&D), normalmente com recursos do governo, quando o MVP (*Minimum Viable Prototype*) é construído, a *startup* possui uma quantidade de recurso mínimo, fato que leva à morte de grande parte delas (vale da morte).

Com a finalidade de reduzir tal índice para que o ecossistema de inovação seja mais sustentável, a autora sugere que sejam deslocadas as curvas de forma a diminuir o vale da morte conforme Figura 6.

Figura 6: Mitigação do Vale da Morte



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Jackson (2011).

O deslocamento da curva acima, no caso concreto da LI ocorrerá quando houver

empresas investindo (afastamento da curva azul à esquerda) dando suporte também à academia (linha azul à direita).

Corroborando com esse cenário, Rocha *et al.* (2019), prega que as *startups* são atores importantes no ecossistema que, num contexto de inovação aberta se ligam a grandes empresas em ambiente colaborativo para gerar soluções em tecnologia.

Tais aspectos podem ser explorados pelas empresas beneficiárias da LI, haja vista que desde 2018 é possível realizar investimentos em *startups* (na Lei denominadas “Empresas Nascentes de Base Tecnológica”) em projetos envolvendo inovação tecnológica, inclusive trazendo soluções aos parques fabris no desafio da digitalização da produção. Tal alternativa foi regulamentada pela Portaria nº 2.145, de 21/12/2018, do então MDIC, atual Ministério da Economia. Nesse instrumento normativo, a empresa beneficiária pode investir em uma *startup*, inclusive buscando participação acionária na mesma, gerando integração entre os atores (BRASIL, 2018c).

De forma indireta, investimentos em *startups* também podem ser realizados por meio dos Programas Prioritários que, conforme CAPDA (2019) são: Economia Digital, Bioeconomia, Empreendedorismo Inovador e Formação de Recursos Humanos.

4.4. Oportunidades e Desafios

A transformação digital das empresas rumo às tecnologias ligadas à indústria 4.0, tratando-se da mais recente revolução industrial, que ainda é nascente, envolve diversas frentes. Este trabalho estudou três delas: (i) formação de recursos humanos; (ii) PD&I e (iii) empreendedorismo, sendo que buscou-se fazer um elo entre necessidades identificadas pela literatura científica com as possibilidades que o conjunto normativo encabeçado pela LI oferece ao ecossistema de PD&I na ZFM.

A partir das modalidades de investimentos previstos pela LI expressos na Figura 2, é possível estimar, com base nos últimos 5 anos de dados apresentados por SUFRAMA (2021), em perspectiva conservadora diante da tendência apresentada pela indústria de bens de informática instalada na ZFM (Tabela 1).

Tabela 1: Oportunidade de investimento em indústria 4.0 com base na LI (valores em R\$ x milhões)

%	Descrição	Valor até 2028
2,7	- Atividades de PD&I realizadas diretamente pela própria empresa - Capitalização de startups com sede na Amazônia Ocidental / AP	2.079
0,8	- ICT credenciada pelo CAPDA - Programas Prioritários instituídos pelo CAPDA	616
0,9	ICT credenciada pelo CAPDA	693
0,4	ICT Pública credenciada pelo CAPDA	308
	TOTAL	3.696

Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme estudado por Ghobakhloo (2018), o caminho para a transformação digital deve ser desenhado a partir de planejamento estratégico com ações de longo, médio e longo prazos. Para tanto, faz-se necessário (i) recursos financeiros, longamente abordados por este trabalho sob a forma de oportunidade, por serem esses provindos de obrigação legal; e, não menos relevante, (ii) liderança comprometida, pois os investimentos em PD&I, apesar de compulsórios na LI, os projetos executados são de natureza discricionária da empresa.

No documento publicado em 2016 pela FIRJAN, intitulado: "Indústria 4.0: Panorama da Inovação", destaca-se o fato da indústria nacional ainda estar transitando entre a segunda e a terceira revolução industrial, utilizando-se de linhas de montagem e a aplicação da automação, conforme destacado por Oliveira e Corrêa (2019).

Neste sentido, o desenvolvimento da indústria 4.0 traz grandes desafios, que envolvem a utilização dos recursos disponíveis na LI, em convergência de interesses da tripla hélice apresentada por Reishauer (2018), que ajudarão a superar os desafios da formação de recursos humanos, tecnologias de manufaturada avançada e a criação de um ecossistema próspero de inovação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi analisar as oportunidades e desafios para a implementação da indústria 4.0 sob a ótica da política pública de PD&I da LI na ZFM. Verificou-se que o fenômeno se apresenta como uma revolução em curso, traduzida na crescente digitalização e melhoria dos processos produtivos, cuja implantação, de grande impacto socioeconômico, projeta-se como desafio à competitividade das indústrias no mundo inteiro, inclusive na ZFM. Neste contexto, a LI se apresenta como ferramenta que se volta, através de normativos recentes, ao apoio para aderência das tecnologias da quarta revo-



lução industrial nos processos produtivos industriais.

Em perspectiva, identificou-se que os recursos provenientes da LI na ZFM podem ser direcionados a investimentos em prol do aumento da eficiência produtiva em manufatura avançada e parecem indicar que a política pública está em busca de renovação para o fomento à implantação da indústria 4.0 no PIM nos próximos anos. O normativo jurídico desenvolvido conta com possibilidades de priorização de investimentos em componentes essenciais da quarta revolução industrial, como a robotização, capacitação de recursos humanos, desenvolvimento de softwares, hardwares de controle e sensores avançados. Além do mais, a perspectiva de investimento direto, em projetos de inovação tecnológica e indireto, por meio dos programas prioritários do CAPDA em *startups* gera novas possibilidades de conexão com as demandas da indústria em um ambiente colaborativo de inovação aberta.

Apesar disso, fica evidente os desafios impostos a um parque tecnológico constituído à meia década com predominância de multinacionais, que juntamente a necessidade de normativos complementares que garantam impulso ao desenvolvimento das tecnologias de manufatura avançada na ZFM, de modo que a LI deve seguir em evolução, exige comprometimento estratégico das empresas em utilizar suas obrigações de aplicações em PD&I acompanhando o momento propício correto das mudanças tecnológicas para que se mantenha a competitividade no contexto da transformação da eficiência industrial na ZFM.

Referências

ACATECH. **Industrie 4.0 Maturity Index**. Managing the Digital Transformation of Companies. 2020. Disponível em <<https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/>>. Acesso em 22/3/2021.

BRASIL, **Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1.991**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8387.htm>. Acesso em 25/03/2021.

BRASIL. **Lei nº 13.674, de 11 de junho de 2018**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13674.htm>. Acesso em 25/03/2021, 2018a.

BRASIL, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Portaria nº 2.091, de 17 de dezembro de 2018**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 dez. 2018, n. 244, seção 1, p. 144-146, 2018b.

BRASIL, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Portaria nº 2.145, de 21 de dezembro de 2018**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 dez. 2018, n. 244, seção 1, p. 144-146, 2018c.

BRASIL, **Decreto nº 10.521, de 15 de outubro de 2020**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10521.htm>. Acesso em 25/03/2021.

BUHR, Daniel. **Social Innovation Policy for Industry 4.0**, 2015. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/330970346_Social_Innovation_Policy_for_Industry_40> . Acesso em 19/3/2021.

CAPDA. **Resolução nº 9, de 29 de outubro de 2019**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 nov. 2019, n. 215, seção 1, p. 159, 2019.

CENTRO DA INDÚSTRIA DO ESTADO DO AMAZONAS. **Indicadores Industriais ZFM**. Disponível em <https://cieam.com.br/ohs/data/docs/1/Apresentacao-Indicadores-Industriais_Dezembro-2020-Site.pdf>. Acesso em 1/4/2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. **Investimento em Indústria 4.0**. Disponível em <<https://>>



static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/8b/0f/8b0f5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf>. Acesso em 1/04/2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. **Investimento na Indústria 2020-2021**. Disponível em <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/44/b0/44b01acb-c442-4b11-8abc-ca8f7a-7e79c2/investimentosnaindustria_2020_2021.pdf>. Acesso em 1/04/2021.

ETZKOWITZ, H. **Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations**. Social Science Information, 42(3), 293–337. doi:10.1177/05390184030423002. 2003.

FERREIRA, V.; LISBOA, A. Innovation and Entrepreneurship: From Schumpeter to Industry 4.0. **Applied Mechanics and Materials**, v. 890, p. 174–180, 2019.

FIRJAN. **Indústria 4.0 no Brasil: Oportunidades, Perspectivas e Desafios**. 2019.

FIRJAN. **Indústria 4.0: panorama da inovação**. 2016.

FURTADO, Alfredo Braga. **Como escrever Artigos Científicos, Dissertações e Teses**. 3.ed. Belém: abfurtado.com.br, 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GHOBAKHLOO, Morteza. **The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0**, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 29, pp.910-936, 2018.

GTAI. **Industrie 4.0**. Smart Manufacturing for the Future. 2014. Disponível em <<https://www.manufacturing-policy.eng.cam.ac.uk/documents-folder/policies/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/view>>. Acesso em 05/04/2021.

JACKSON, Deborah J. **What is an innovation ecosystem**. National Science Foundation, v. 1, n. 2, p. 1-13, 2011.

Manual de Oslo: Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. 2ª edição, 1997. Tradução: FINEP, 2004. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/imagens/a-finep/biblioteca/manual_de_oslo.pdf>. Acesso em: 21/03/2021.

OLIVEIRA, M. A. C. DE et al. **Análise Econométrica Dos Dispendios Em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) No Brasil**. Review of Administration and Innovation - RAI, v. 12, n. 3, p. 268–286, 2015.

OLIVEIRA, S. S. B., CORRÊA, E. M. **TRABALHO E EDUCAÇÃO: algumas considerações sobre as mudanças no mundo do trabalho e a expansão do ensino superior da rede privada de Manaus/AM**. Revista de Políticas Públicas. V. 23, n. 2, 2019.

PEREIRA, Adriano; DE OLIVEIRA SIMONETTO, Eugênio. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

REISHAUER, Geog. **Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing**. Technological Forecasting & Social Change. Vol. 132. pp 26-33, 2018.

ROCHA, C. F.; MAMÉDIO, D. F.; QUANDT, C. O.. **Startups and the innovation ecosystem in Industry 4.0**. Technology Analysis & Strategic Management, v. 31, n. 12, p. 1474-1487, 2019.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2016.

SUFRAMA. Ministério da Economia. Governo Federal do Brasil. **Distribuição dos Investimentos nas Modalidades (R\$ milhões)**. Disponível em <<https://www.gov.br/suframa/pt-br/zfm/pesquisa-e-desenvolvimento/lei-de-informatica/resultados>>. Acesso em 25/3/2021.



CAPÍTULO 11

MAPEAMENTO DE PROCESSOS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DELIVERY DE UMA REDE DE SUPERMECADOS EM TERESINA – PI

PROCESS MAPPING FOR OPTIMIZATION DELIVERY PROCESS OF A
SUPERMARKET NETWORK IN TERESINA - PI

Gabriel Campelo da Silva
Rhubens Ewald Moura Ribeiro

Resumo

O serviço de delivery está em foco e, em decorrência disso, têm se tornado um diferencial competitivo quando é bem prestado e administrado pela empresa que o fornece. Neste artigo é apresentado o mapeamento de processos como principal ferramenta para identificação de gargalos nos processos de delivery de uma rede de supermercados, com o objetivo de redesenhar e otimizar o serviço que é disponibilizado aos clientes. O objetivo deste estudo é otimizar os processos por meio de uma remodelagem e elaboração de procedimentos operacionais padrões para padronização de todos os processos que ocorrem para prestar tal serviço aos clientes e, com isso, obter qualidade nos seus serviços gerando melhoria contínua. O principal resultado do presente estudo é a remodelagem dos processos e elaboração dos procedimentos operacionais padrões visando uma padronização e otimização geral dos processos.

Palavras chave: Gargalos, Mapeamento de processos, Procedimento Operacional Padrão.

Abstract

The delivery service is in focus and, as a result, has become a competitive advantage when it is well provided and managed by the company that provides it. In this article, process mapping is presented as the main tool for identifying bottlenecks in the delivery processes of a supermarket chain, with the aim of redesigning and optimizing the service provided to customers. The objective of this study is to optimize the processes through a remodeling and elaboration of standard operational procedures to standardize all the processes that take place to provide such service to customers and, therefore, obtain quality in their services, generating continuous improvement. The main result of this study is the remodeling of processes and the development of standard operating procedures aiming at a general standardization and optimization of the processes.

Key-words: Bottlenecks, Process mapping and modeling, Standard Operating Procedure.



1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda de serviços de entrega em domicílio, diversas empresas estão buscando inovar e melhorar seus serviços e produtos, visando atender à demanda do mercado e se consolidar neste ramo empresarial. Como o número de outras empresas que também oferecem esse tipo de serviço é muito grande, as empresas vêm investindo bastante em um dos principais diferenciais competitivos, que é oferecer um serviço e produto de qualidade em um *leading time* cada vez menor.

O tema abordado trata-se da utilização do mapeamento de processos para otimização do processo de *delivery*, de uma rede de supermercados em Teresina. Foi realizada uma coleta, análise e tratamento dos dados, que foram obtidos ao se observar e acompanhar todo o *leading time* de um serviço de *delivery*, onde através disso, será possível propor medidas de otimização do processo.

O objeto de estudo trata-se de todo o *leading time* do serviço de *delivery*, de uma rede de supermercados em Teresina-PI. Mesmo este tema sendo bastante atual, não foram encontradas pesquisas que falam sobre mapeamento e modelagem de processos para otimização de um serviço de *delivery*.

De acordo com os fatos apresentados anteriormente, chegou-se a seguinte pergunta: Em que medida um mapeamento de processos contribui para identificar e solucionar, os problemas que ocasionam no atraso de entregas em um serviço de *delivery*, em uma rede de supermercados?

A resposta para esta pergunta trata-se da importância e necessidade de alinhamento e padronização de processos para diminuir os gargalos em um serviço de *delivery*, que resultavam em diversos problemas na empresa, onde os principais eram aumento do tempo de entrega, insatisfação dos clientes e como resultado final, redução de vendas nesse serviço.

O objetivo geral deste artigo é analisar os processos atrelados ao serviço de *delivery* de uma rede de supermercados em Teresina - PI. Além disso podem ser relatados outros três objetivos mais específicos, composto primeiramente por descrever o *leading time* do processo, desde a chegada do pedido e saída para a entrega.

Após isso, identificar os principais fatores que influenciam no atraso das entregas, como tempo de filtragem de pedidos, separação e checkout. Por último é propor uma remodelagem do processo, assim como elaboração de procedimentos operacionais padrão, para padronização e otimização dos processos.

O tema é bastante útil para ver como é possível se utilizar na prática, as ferramentas que são conhecidas ao longo do curso, e como elas podem ser mescladas para solucionar problemas em diversos ramos empresariais. Este artigo irá ser bastante útil para ser utilizado de exemplo, para e empresas que estão desejando otimizar seus serviços ou produtos, através de um mapeamento e modelagem dos seus processos.



A artigo apresentou neste tópico uma introdução contendo os principais objetos a serem estudados, assim como as ferramentas que serão utilizadas para coleta e análise de dados. Nos demais tópicos são apresentados os conceitos e discussões sobre mapeamento e modelagem de processos como ferramentas para otimização, onde tal foi combinado com outra ferramenta para uma padronização geral de processos. Por fim, apresenta-se a conclusão contendo a utilidade das ferramentas apresentadas, seguida das referências utilizadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mapeamento de Processos

Com o aumento de empresas e dos avanços tecnológicos, as organizações estão buscando um diferencial competitivo para se destacarem no mercado e atrair novos clientes, onde os principais diferenciais atualmente são qualidade e preço. O mapeamento de processos é uma ferramenta que deve ser usada através de uma coleta de dados mais precisa possível, sendo assim uma ferramenta bastante comunicativa e que, quanto mais confiáveis forem os dados, melhores serão os resultados, e será melhor para identificação das divergências e propostas de otimização (FERREIRA, 2013; LEAL; RIBEIRO, 2021).

O mapeamento de processos se trata de uma ferramenta de negócios em que se consiste em uma coleta e análise de dados de um determinado processo, visando identificar possíveis falhas que acabam gerando gargalos no processo, podendo assim, gerar produtos não conformes e serviços que não satisfarão os consumidores, sendo assim um produto ou serviço de má qualidade (PRADELLA; FURTADO; KIPPER, 2012; ABREU; BARBOSA; RIBEIRO, 2019).

Devido a tais requisitos para obtenção de sucesso e conseqüentemente aumentar seus lucros, as empresas estão buscando cada vez mais, conhecer todos os processos que ocorrem na empresa, pois todos são necessários para um objetivo em comum, que é atender a uma determinada demanda do mercado consumidor. O mapeamento de processo permite essa compreensão e análise mais crítica de como um processo ocorre, onde a sua modelagem, permite propor medidas de otimização e tomadas de decisão que serão mais eficientes (ABREU; ARAÚJO; FORTES; MOURA; RIBEIRO, 2020).

A modelagem de um mapeamento de processos consiste na sua representação através de diagramas que são padronizados e de significado universal visando facilitar a sua interpretação para todas as partes envolvidas em um projeto de otimização de processos (JÚNIOR; SCUCUGLIA, 2011; BARBOSA; RIBEIRO, 2019).

Uma boa análise de processos, ajuda a implementar uma melhoria contínua e agregar cada vez mais valor ao produto ou serviço. Além disso, é possível reduzir custos, eliminar atividades que não agregam valor ao produto/serviço, reduzir o *leading time* e até mesmo identificar uma falha, antes do produto final ser disposto ao consumidor (ABREU; MOURA; RIBEIRO, 2019).



2.2 Procedimento Operacional Padrão (POP)

Um dos principais problemas das empresas atualmente está na operação, ou seja, como um determinado produto ou serviço é feito e quais são suas etapas, onde a não padronização para realização dessas etapas, pode acarretar em um produto defeituoso ou serviço de má qualidade (BENTES, 2016).

O procedimento operacional padrão se trata de um documento que irá relatar as atividades que devem ser cumpridas para a realização de um determinado objetivo, onde dessa maneira, será possível obter-se um output de boa qualidade e da maneira que foi esperada. Neste documento deve estar incluso todas as ferramentas, componentes e matérias necessários para a execução da tarefa, assim como as etapas, observações e como lidar com imprevistos que podem ocorrer durante o desenvolvimento da tarefa (CAMPOS, 2014).

O procedimento operacional padrão visa mostrar o passo a passo das atividades a serem realizadas de maneira detalhada e sempre de maneira padrão, onde através disso, será possível realizar-se a atividade da maneira correta e visando facilitar o treinamento dos responsáveis pela execução das atividades (VERGANI, 2012).

Em suma, para padronizar processos é necessária uma boa compreensão e identificação dos processos que irão ser padronizados, pois através disso, é possível se obter um resultado mais preciso, eficiente e de acordo com a realidade que ocorre em determinada fábrica ou prestadora de serviços (CAMPOS, 2014).

2.3 Gargalos

Um dos principais problemas das empresas atualmente está na operação, ou seja, como um determinado produto ou serviço é feito e quais são suas etapas, onde a não padronização para realização dessas etapas, pode acarretar em um produto defeituoso ou serviço de má qualidade (BENTES, 2016).

O gargalo acaba impedindo que a empresa utilize toda a sua capacidade produtiva e atenda à necessidade dos consumidores no tempo determinado. A padronização de processos irá facilitar no alcance dos objetivos e como consequência, aumentar o lucro, reduzir custos e promover a satisfação dos clientes em relação ao produto ou serviço disponibilizado (COX III, SHLEIER, 2013).

Todo processo dentro de uma empresa está sujeito a falhas que possivelmente irão resultar em um produto com defeito ou serviço incompleto, onde o motivo que acaba gerando essa falha é chamado de gargalo. A não resolução do gargalo antes do resultado final ser obtido acaba gerando um produto ou serviço de má qualidade, onde tal problema, pode acabar gerando retrabalhos e atrasos no processo (SLACK, 2013; BARBOSA; RIBEIRO, 2019).

Um dos principais objetivos das empresas é oferecer um produto de qualidade e com

o menor tempo possível, onde a identificação de não conformidades durante o processo produtivo irá possibilitar o alcance desse objetivo, além de promover uma melhoria contínua do processo. Os gargalos podem ser originados tanto internamente, que são originados dentro dos processos que ocorrem dentro de uma empresa, como externamente, que podem ser originados pelo mercado (PRETORIUS, 2014; LEAL; RIBEIRO, 2021).

3. METODOLOGIA

Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica e de campo, para levantamento de informações e pesquisa de modelos. Quanto aos objetivos foi descritiva, pois foi realizada uma coleta de dados e acompanhamento pessoal de todo o *leading time* do processo do serviço estudado. Foi utilizada a pesquisa bibliográfica, que irá tratar da busca das ferramentas mais adequadas para otimização do caso estudado e de acordo com o tipo de serviço e realidade da empresa estudada, tendo como base livros e artigos científicos (GIL, 2010; RIBEIRO; BARBOSA; MONTEIRO, 2020).

Foi realizada uma pesquisa de campo para observar o funcionamento do processo e fazer anotações dos procedimentos indo na empresa e observando todo o *leading time*. Em relação aos métodos de procedimento, utilizou-se o método de observação direta para registrar o fluxo do funcionamento das atividades para mapeamento e modelagem dos processos.

A forma de abordagem da pesquisa é qualificada como qualitativa, pois foi realizada uma coleta e análise de dados, para identificação dos gargalos e redesenho dos processos com otimizações. O campo de ação se trata dos processos de delivery de uma rede de supermercados, que serão observados e analisados para uma melhor compreensão do processo.

A pesquisa foi realizada no período de fevereiro à outubro de 2021, tendo em como público alvo, a equipe de colaboradores do delivery e líder do setor. Não foi feito o uso de amostragem devido ao fato de se tratar de pesquisa qualitativa com observação de processos, onde a amostra serão os processos relacionados ao serviço de delivery de uma rede de supermercados.

A estruturação da pesquisa foi feita com base em artigos, livros e pesquisas científicas, que tratam de casos reais e que são semelhantes ao processo que foi estudado. Através disso foi possível fazer uma análise e revisão dos materiais coletados, para auxiliar na construção deste projeto.

O acompanhamento do processo e coleta de dados foi realizado após a autorização do supervisor ou superior do autor do projeto, onde logo após, foi feito o acompanhamento em tempo real do processo, para anotação e análise dos dados adquiridos. Os dados obtidos foram as atividades realizadas para entrega do serviço, assim como as principais divergências internas que desencadeiam na produção de gargalos no processo.

A ética esteve presente em todo o acompanhamento do processo, respeitando todos os direitos da empresa, não atrapalhando seu funcionamento, trabalho dos colaboradores



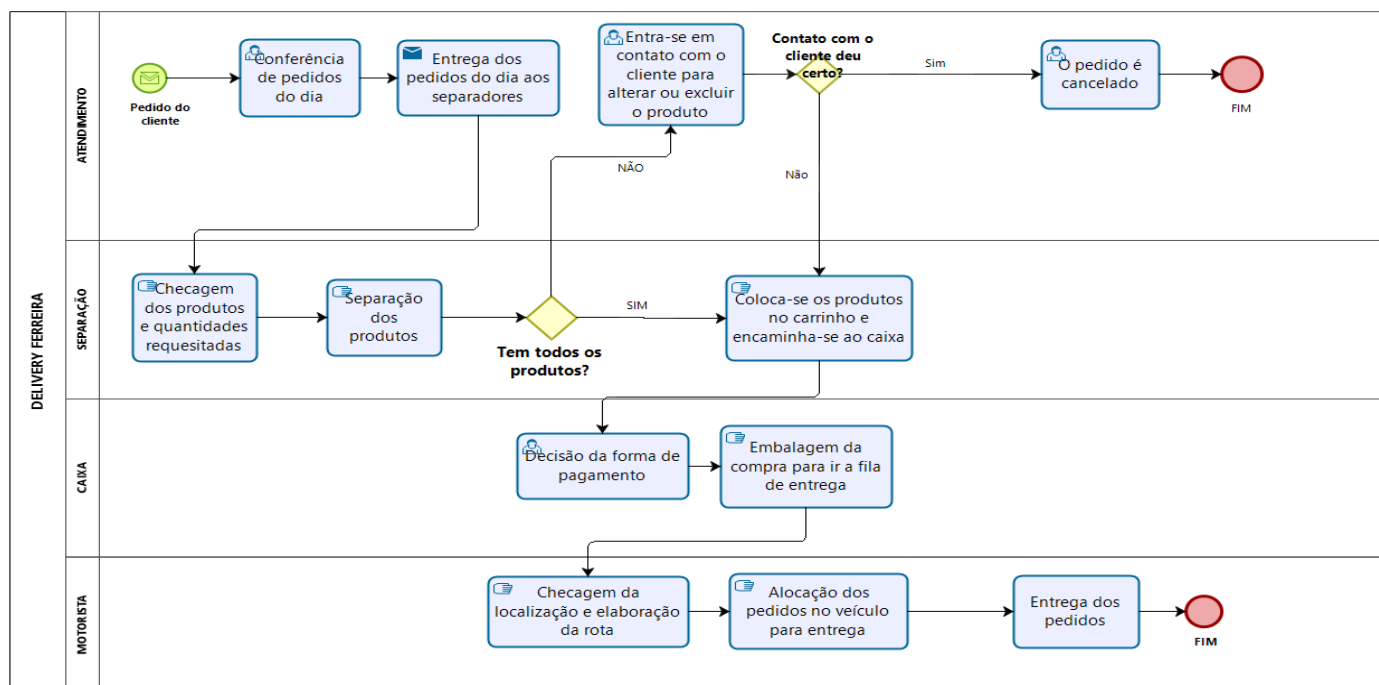
e não causar nenhum dano moral ou a imagem da empresa. Além disso, estão sendo citadas todas as referências teóricas que foram utilizadas como ferramenta para auxiliar no entendimento e tratamento de dados desta pesquisa. A pesquisa de campo não precisou ser submetida ao comitê de ética em pesquisa, pois foi feita observação direta dos processos e atividades, não incluindo entrevistas e fotos de pessoas.

Os riscos da pesquisa foram de gerar constrangimento ou mal-estar durante as observações dos processos e coletas de informações, ou vazamento de dados da empresa. Tendo em vista tais riscos, será garantido sigilo dos dados e os colaboradores da empresa não serão submetidos a entrevistas, questionamentos e registros fotográficos, onde o processo de observação teve foco apenas na tarefa e não no indivíduo.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico são apresentadas as análises e discussões a respeito da pesquisa desenvolvida em uma rede de supermercados, e em mais específico, ao serviço de *delivery*. Após a coleta de dados e mapeamento dos processos, será feita uma modelagem de todo o processo, através de um software, que utiliza diagramas para representação de todas as etapas que irão gerar o serviço.

A análise dos dados obtidos será feita tendo como base todo o material utilizado no referencial teórico, fazendo-se principalmente um confronto entre teorias e conceitos.



Powered by bizagi Modeler

Figura 1 – Mapeamento *leading time*
Fonte: Autoria própria (2021)

A figura 1 trata de um mapeamento de como ocorrem os processos de delivery atualmente, sendo separado nas etapas de atendimento, separação, caixa e por último a

entrega, que é realizada por um motorista.

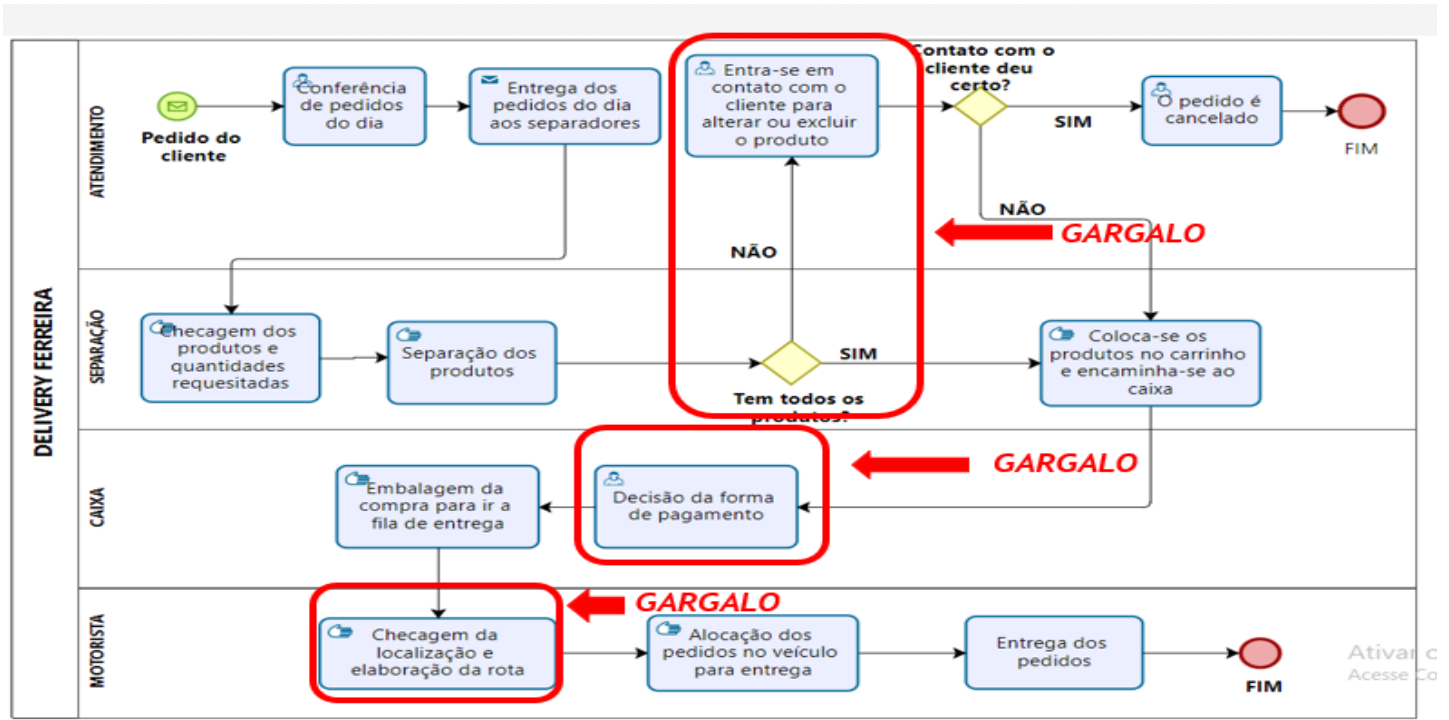


Figura 2 – Identificação de gargalos nos processos mapeados
Fonte: Autoria própria (2021)

Os gargalos identificados foram atrasos na filtragem dos pedidos, na etapa de *checkout*, análise da rota de entrega e disponibilidade de apenas 1 loja para entregar produtos de todas as zonas da capital. Após o mapeamento, será possível padronizar os processos e distribuí-los para lojas centrais de todas as zonas, dessa maneira cada zona irá ter uma loja responsável por atender aos pedidos de *delivery* daquela região. Dessa maneira irá ser possível ter um ganho significativo no tempo de entrega, e através disso, uma melhoria e agregação de qualidade no serviço entregue ao cliente.

Após a modelagem e análise do mapeamento de processo realizado, foi proposta uma remodelagem do processo, propondo uma padronização e otimização de todo o processo.

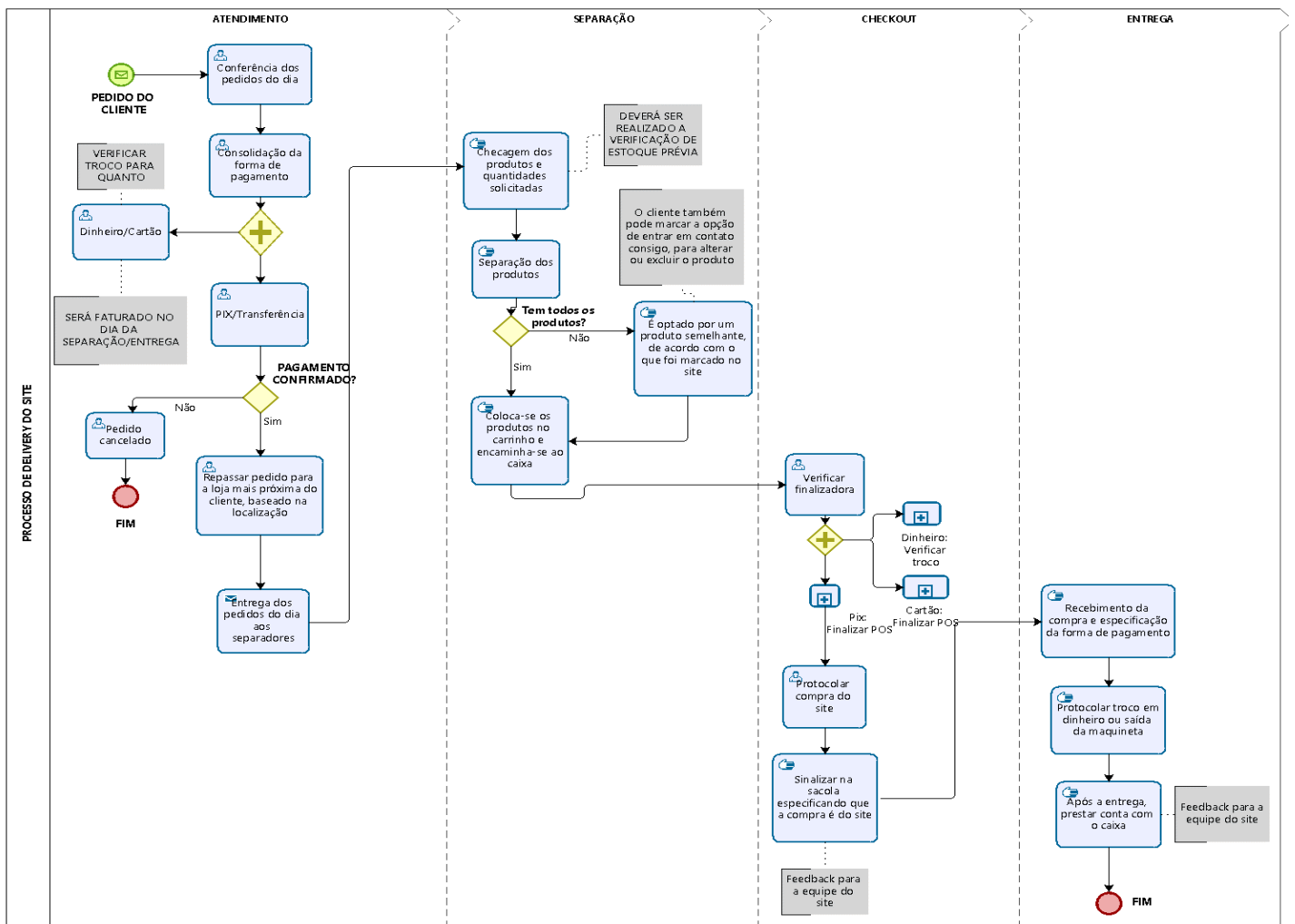


Figura 3 – Remodelagem dos processos com otimizações
Fonte: Autoria própria (2021)

A remodelagem do processo visa incluir processos mais definitivos e inclusão de novos processos, como pode ser visto na figura 3. Foram incluídas uma central de atendimento para ser realizada uma filtragem de pedidos de maneira mais rápida, definição da forma de pagamento ainda na etapa de atendimento e envio do pedido para a loja mais próxima ao cliente, visando assim uma redução significativa no tempo de entrega dos pedidos.

Outro processo que pode ser visto é o feedback, que irá proporcionar uma boa comunicação entre todos os envolvidos no processo de delivery, e através disso, conseguir lidar da melhor maneira possível com imprevistos que podem ocorrer durante o processo e acabar atrapalhando na entrega do serviço ao cliente.

Além do redesenho do processo foram elaborados procedimentos operacionais padrões visando uma melhor execução e orientação das atividades a serem realizadas.

CAPÍTULO 11

		POP - PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO		Identificação: POP.04	
				Data Aprovação:	
		Revisão:	1	Folha: 1/1	
Tarefa:	CONTROLE DE ESTOQUE DOS PRODUTOS DIPONÍVEIS PARA SITE/WHATSAPP				
Local de Execução:	ESCRITÓRIO DELIVERY				
Responsável (eis):	ESTOQUISTA				
Objetivo:	CADASTRO DE PRODUTOS E ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS				
Resultados Esperados:	FAZER O CADASTRO DE PRODUTOS DE ACORDO COM O QUE ESTÁ DISPONÍVEL NO ESTOQUE E ELABORAR RELATÓRIO DE VENDAS.				
Material necessário:	1) Computador 2) Acesso ao sistema				
ESTOQUE					
1º PASSO:	Verificar entrada de mercadorias do CD.				
2º PASSO:	Alimentar produtos disponíveis, baseado nas entradas diárias.				
3º PASSO:	Verificar os produtos que não estão saindo.				
4º PASSO:	Fazer a rotatividade dos produtos de acordo com suas entradas e saídas.				
5º PASSO:	Observar os produtos mais pedidos pelos clientes e alinhar a disponibilidade dos produtos.				
RELATÓRIO					
1º PASSO:	Repassar semanalmente as venda do site/WhatsApp, e fazer o fechamento no final de mês.				
OBSERVAÇÃO:	Elaborar relatórios contendo: Quantidade de pedidos, faturamento e formas de pagamento.				
OBSERVAÇÃO 2:	Os relatórios devem ser elaborados baseados nos custos.				
Ações corretivas em caso de não conformidades: Chamar a atenção do responsável, identificar a causa, verificar se há necessidade de novo treinamento, em caso de reincidência advertê-lo e em último caso rescisão de contrato.					

Figura 4 – Procedimento operacional padrão para estoquista
Fonte: Autoria própria (2021)

A figura 4 mostra o procedimento operacional padrão de controle de estoque, visando através disso, manter um bom monitoramento, controle e disponibilidade dos produtos que serão vendidos no delivery.




		POP - PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO		Identificação: POP.05	
				Data Aprovação:	
		Revisão:	1	Folha: 1/1	
Tarefa:	ENTREGA				
Local de Execução:	LOJA MAIS PRÓXIMA AO CLIENTE				
Responsável (eis):	MOTORISTA E AUXILIAR				
Objetivo:	ENTREGAR OS PEDIDOS DO CLIENTES.				
Resultados Esperados:	ENTREGAR OS PEDIDOS DO CLIENTES NO PRAZO CORRETO				
Material necessário:	1) Veículo para entrega 3) Troco em dinheiro/ Maquineta 2) Cronograma de entrega 4) Caneta				
NA LOJA					
1º PASSO:	Recebimento dos pedidos, junto a especificação da forma de pagamento				
OBSERVAÇÃO:	Verificar o endereço.				
2º PASSO:	Receber o troco/ maquineta que será entregue ao cliente.				
OBSERVAÇÃO:	Protocolar saída do troco ou maquineta.				
3º PASSO:	Partir para a entrega do pedido ao cliente				
4º PASSO:	Após a entrega, prestar conta com o caixa em que foi realizado o checkout.				
Ações corretivas em caso de não conformidades: Chamar a atenção do responsável, identificar a causa, verificar se há necessidade de novo treinamento, em caso de reincidência advertê-lo e em último caso rescisão de contrato.					

Figura 5 – Procedimento operacional padrão para entrega
Fonte: Autoria própria (2021)



A figura 5 mostra o procedimento operacional padrão para o processo de entrega do *delivery*, visando indicar o passo a passo que o responsável por ela deve seguir para desempenhar sua função de maneira padrão, e assim promover um melhor desenvolvimento e eficiência da realização da atividade.

Além do redesenho do processo e elaboração de procedimentos operacionais padrões, podem ser sugeridas outras soluções à curto e médio prazo, como:

O QUE É	PROPOSTA
 <p>CENTRAL DE ATENDIMENTO</p>	Implementação de uma central de atendimento, para agilizar o processo de recebimento e filtragem dos pedidos;
 <p>CENTRALIZAÇÃO DE LOJAS POR ZONA</p>	Distribuição do sistema de <i>delivery</i> para unidades centrais em cada zona da capital, onde através disso será possível agilizar o processo de entrega dos pedidos, aumento assim o lucro e satisfação dos clientes em relação ao serviço oferecido.
 <p>ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS</p>	Estudo de tempos e movimentos para obter-se tempos padrões de realização das tarefas que ocorrem nos processos de análise e filtragem de pedidos, separação, <i>checkout</i> e entrega

Quadro 1 – Pontos de melhoria
Fonte: Autoria própria (2021)

Tais sugestões podem ser implementadas visando a elaboração de novos processos e atividades que irão agregar positivamente no serviço, como por exemplo o estudo de tempos e movimentos, que irá promover uma padronização do tempo de realização das atividades que ocorrem, e conseqüentemente, otimizar todo o processo e reduzir o tempo e agregar qualidade ao serviço ofertado.

De forma de geral, foi perceptível que o mapeamento e modelagem de processos devem caminhar sincronizados, para que assim, sejam mais precisos e mais fáceis para interpretação de todas as partes interessadas.

5. CONCLUSÃO

A competitividade entre as empresas é algo que vem crescendo cada vez mais ao decorrer do tempo, onde as empresas buscam suprir a demanda do mercado através da oferta de um produto ou serviço de qualidade e produzidos a um baixo custo. Um dos principais diferenciais competitivos da atualidade é a qualidade, onde tal é de ser obtida através da padronização de processos.

O seguinte trabalho ocorreu através do acompanhamento e análise de todo o *leading time* do processo de *delivery* da empresa estudada. Esse acompanhamento em tempo real foi extremamente importante para o mapeamento e modelagem do processo, pois

possibilitou dados mais concretos e como resultado, medidas de melhoria mais eficazes.

Através desse mapeamento e modelagem de processos foi possível fazer uma remodelagem de todo o processo incluindo otimizações, onde logo após foram elaborados procedimentos operacionais padrões visando uma padronização dos processos.

Através dos resultados obtidos, nota-se que é possível aplicar o mapeamento de processos e procedimentos operacionais padrões de maneira conjunta para se obter uma padronização e otimização de processos em outras empresas, onde tais são ferramentas de fácil interpretação e de linguagem padrão, podendo ser analisadas e interpretadas facilmente.

A principal dificuldade da pesquisa foi encontrar um horário que não tivesse um fluxo muito grande de pessoas no ambiente a ser analisado, para que fosse possível conseguir acompanhar os processos da melhor maneira possível.

Através do mapeamento e remodelagem dos processos podem ser sugestionadas outras ferramentas que irão auxiliar ainda mais na otimização dos processos, como utilização do ciclo PDCA para se obter uma melhoria contínua dos processos. Além disso pode ser realizada uma pesquisa de mercado, buscando saber o que os clientes gostariam que fosse ofertado a eles e que a empresa ainda não disponibiliza, ou seja, saber do que seus clientes estão necessitando, ou algo que pode ser melhorado.

Em suma, este trabalho foi proposto para realizar uma coleta de dados e análise, de um processo de delivery de uma rede de supermercados em Teresina, com o objetivo de identificação dos principais causadores do atraso na entrega de pedidos e através disso propor uma solução para otimização do processo.

Referências

ABREU, Cecília; ARAÚJO, Evergestys; BARBOSA, Kaique; FORTES, Letícia; RIBEIRO, Rhubens Ewald. MAPEAMENTO DE PROCESSO DE UM POSTO DE LAVAGEM DE AUTOMÓVEIS DE TERESINA-PI... In: Anais do Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação. **Anais...** São Paulo(SP) USP, 2020. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sengi2020/271396-MAPEAMENTO-DE-PROCESSO-DE-UM-POSTO-DE-LAVAGEM-DE-AUTOMOVEIS-DE-TERESINA-PI>>. Acesso em: 25 out. 2021.

ABREU, Cecília; MOURA, Kaique; RIBEIRO, Rhubens. MELHORIA CONTÍNUA: APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE PÃES CONGELADOS. In: CONGRESSO BRASILEIRO CIÊNCIA E SOCIEDADE , 2019, Teresina. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbcs-2019/papers/melhoria-continua--aplicacao-de-ferramentas-da-qualidade-em-uma-industria-de-paes-congelados>> Acesso em: 25 out. 2021.

BARBOSA, Evanielle; RIBEIRO, Rhubens. TEORIA DAS RESTRIÇÕES E MAPEAMENTO DE PROCESSOS EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO. In: CONGRESSO BRASILEIRO CIÊNCIA E SOCIEDADE , 2019, Teresina. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbcs-2019/papers/teoria-das-restricoes-e-mapeamento-de-processos-em-um-centro-de-distribuicao>> Acesso em: 25 out. 2021.

BENTES, C. O. **Proposição de práticas de gerenciamento da rotina como auxílio ao controle e padronização do processo de contratação de serviços em uma siderúrgica**. 2016, 83 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016.



- CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade total-Padronização de empresas**. Falconi Editora, 2014.
- COX III, James F.; SCHLEIER, John G. **Handbook da teoria das restrições**. Bookman Editora, 2013.
- FERREIRA, Elisabeth de Araújo. **Modelo para condução de mapeamento de processo organizacional: uma abordagem BPM com base MAIA**. Brasília, 2013.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- JUNIOR P. J.; SCUCUGLIA R. **Mapeamento e Gestão por Processos – BPM (Business Process Management)**. São Paulo: M. Books, 2011
- LEAL, Eva; RIBEIRO, Rhubens. QUALIDADE NO PÓS-VENDA EM LOJA DE DEPARTAMENTO... In: Anais do Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação. **Anais...** Juazeiro do Norte(CE) URCA, 2021. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sengi2021/345493-QUALIDADE-NO-POS-VENDA-EM-LOJA-DE-DEPARTAMENTO>>. Acesso em: 25 out. 2021.
- PRADELLA, S.; FURTADO, J.C.; KIPPER, L.M. **Gestão de processos da teoria à prática – Aplicando a Metodologia de Simulação para a Otimização do Redesenho de processos**, Ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- PRETORIUS, Pieter. Introducing in-between decision points to TOC's five focusing steps. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 2, p. 496-506, 2014.
- RIBEIRO, Rhubens Ewald Moura; BARBOSA, Taniele Oliveira; MONTEIRO, Luís Fernando Silva. Construtos influenciadores do desempenho em vendas em uma empresa de atacado do Piauí. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 39161-39186, 2020.
- SLACK, Nigel et al. **Gerenciamento de Operações e de Processos-: Princípios e práticas de impacto estratégico**. Bookman Editora, 2013.
- VERGANI, A. **Procedimento Operacional Padrão**: orientações para elaboração. Disponível em: <<https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/POP%20-%20Procedimentos%20Operacionais%20Padr%c3%a3o.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2021.

CAPÍTULO 12

INTEGRAÇÃO LEAN MANUFACTURING E INDÚSTRIA 4.0: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

LEAN MANUFACTURING AND INDUSTRY 4.0 INTEGRATION: A
SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Thales Simões Gonçalves Ferreira Duque Estrada
Ercilia de Stefano
Alberto Eduardo Besser Freitag

Resumo

O presente artigo visa estudar os possíveis benefícios mútuos da integração *Lean Manufacturing* (LM) e Indústria 4.0 (I4.0), explorando os resultados de tal integração. Como método, adotou-se uma revisão sistemática de literatura, conduzida com base no protocolo PRISMA, abrangendo as bases de dados Scopus, Web of Science, Taylor & Francis Online e SciELO. Foram identificados 60 artigos, publicados no período de 2016 a 2020, dos quais 16 foram selecionados para análise. A pesquisa foi bem-sucedida, atendendo aos objetivos geral e específicos propostos. Apesar das limitações registradas, o protocolo PRISMA se mostrou eficaz para garantir a objetividade do trabalho, bem como este documento se mostra útil aos leitores na medida em que: (i) apresenta uma revisão de literatura mais recente sobre o assunto abordado, identificando o seu estado da arte; (ii) investiga as vantagens e pontos de atenção pertinentes ao resultado da integração LM e I4.0, o *Lean Automation*; e (iii) expõe oportunidades de pesquisas futuras para contribuir ao avanço desta temática.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Lean Automation, Lean Manufacturing, PRISMA, Revisão sistemática de literatura.

Abstract

This article aims to study the possible mutual benefits of Lean Manufacturing (LM) and Industry 4.0 (I4.0) integration, exploring the results of such integration. As a method, a systematic literature review was adopted, based on the PRISMA protocol, covering the Scopus, Web of Science, Taylor & Francis Online and SciELO databases. 60 articles published in the period from 2016 to 2020 were identified, which 16 were selected for analysis. The research was successful and has answered both general and specific objectives. Despite the recorded limitations, the PRISMA protocol proved to be effective in ensuring the objectivity of the work, and this is a document useful to readers as follows: (i) it presents a review of the most recent literature on the subject discussed, identifying its state of art; (ii) it investigates the advantages and relevant issues to the result of the LM and I4.0 integration, the *Lean Automation*; and (iii) it exposes opportunities for future research to contribute to the advancement of this theme.

Key-words: Industry 4.0, Lean Automation, Lean Manufacturing, PRISMA, Systematic literature review.

1. INTRODUÇÃO

O Para Ejsmont et al. (2020) e Koch et al. (2014), o termo Indústria 4.0 (I4.0) se refere à quarta revolução industrial e pode ser entendido como um novo nível de organização e controle na cadeia de valor do ciclo de vida de produtos – fato impulsionado pela demanda por requisitos cada vez mais personalizados, mudando a forma como os produtos e serviços são entregues. Por meio de tecnologias modernas, a I4.0 acelera os processos de compartilhamento de informações, tornando todo o ambiente fabril inteligente. Embora tal agilidade torne possível um melhor entendimento das demandas dos clientes e a personalização em massa, vale ressaltar que a I4.0 ainda é uma operação de alto custo e recebida com relutância por gestores (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019). Neste contexto, (i) a produção em massa de produtos altamente customizados, (ii) a rápida coleta e análise de dados entre máquinas e (iii) uma resposta mais rápida e flexível do sistema de produção tornaram-se a base para a manutenção de padrões competitivos em um cenário atual dinâmico, globalizado e conectado digitalmente (EJSMONT et al., 2020; MA; WANG; ZHAO, 2017).

Contudo, é igualmente necessário operar com processos eficientes, visando altos níveis de qualidade, produtividade e baixos custos (PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019). Uma abordagem eficaz, comprovada empiricamente e amplamente considerada para auxiliar em questões de aumento de produtividade e diminuição de custos é o *Lean Manufacturing* (LM) (EJSMONT et al., 2020; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016). Sanders, Elangerwaran, Wulfsberg (2016) e Pagliosa, Tortorella, Ferreira (2019), que citam o estudo de Shah & Ward (2003), definem o LM como uma abordagem que considera uma variedade de práticas para reduzir variações, impulsionada por um fluxo simplificado de processos para atender ao ritmo do cliente, com o mínimo de desperdícios. De acordo com Womack, Jones (1994), por meio do LM, as empresas podem desenvolver, produzir e distribuir produtos com metade ou menos do esforço humano, espaço, tempo, além de se tornarem mais flexíveis e responsivas ao cliente. Entretanto, para Li (2019), embasado por Mora et al. (2017), é importante frisar que o LM apresenta limitações, principalmente em ambientes de alta combinação de produtos e demanda volátil.

Ainda para Li (2019), a adoção dos recursos da I4.0 seria uma forma de solucionar tais limitações, sendo que Ejsmont et al. (2020) vai além ao elencar a abordagem do LM com a I4.0 como uma etapa necessária para elevar ainda mais a excelência operacional. Na mesma linha, Saabye, Kristensen, Wæhrens (2020) sustentam que para garantir a vantagem competitiva prometida pelos investimentos em I4.0, a literatura sugere que essa seja implementada em conjunto com metodologias de excelência operacional, tais como o LM. Neste sentido, desperta-se cada vez mais o interesse em conduzir pesquisas com o objetivo de investigar a relação entre o que se espera da quarta revolução industrial e a manufatura enxuta, considerando-se as tecnologias existentes e o surgimento de novas. Todavia, apesar do crescente interesse no tema e nas pesquisas realizadas, este terreno ainda apresenta muitas lacunas teóricas e empíricas não esclarecidas (GRUBE HANSEN; MALIK; BILBERG, 2017; PEREIRA et al., 2019; SHAHIN et al., 2020).

Desta forma, este artigo se propõe a realizar uma revisão sistemática de literatura, de modo a responder a seguinte pergunta de pesquisa: quais os benefícios mútuos espe-



rados da integração *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0? Além desta seção introdutória (1), este artigo segue estruturado com o referencial teórico (2), correspondente ao LM e à I4.0; procedimentos metodológicos (3), utilizados para conduzir a revisão sistemática de literatura; resultados (4), referentes à síntese qualitativa do material coletado e revisado; discussão (5), de maneira a responder aos objetivos específicos através das seções 5.1 e 5.2; além de, finalmente, conclusão (6) e referências.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. *Lean Manufacturing*

Baseados em Ohno (1988), Ejsmont et al. (2020) e Sony (2018) apontam o *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido entre 1948 e 1975 por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, no Japão, como o precursor do *Lean Manufacturing* e o substituto ao método de produção em massa. Ainda sustentado em Ohno (1988), Ejsmont et al. (2020) menciona que o fundador do TPS desenvolveu um conjunto de métodos e princípios sincronizados para o controle das plantas de produção, por meio da eliminação de todas as atividades que são consideradas desperdícios e não agregam valor ao cliente. Ademais, Ejsmont et al. (2020) e Sony (2018) citam os oito principais desperdícios identificados por Ohno (1988) e Liker (2004) como: (1) transporte; (2) estoque; (3) movimento; (4) espera; (5) superprocessamento; (6) superprodução; (7) defeitos; e (8) habilidades, entendido como o talento humano não utilizado e introduzido mais recentemente na literatura.

Dois pilares são necessários ao suporte do TPS de Ohno (1988), sendo eles o *Jidoka* e o *Justin-Time* (JIT). O primeiro, *Jidoka* (autonomação), pode ser interpretado como um subsistema de automação dos processos manuais para detectar falhas, não permitindo que continuem na linha de produção. Ao identificar anormalidades, a linha de produção deve parar automaticamente e uma intervenção humana é requisitada. Já o segundo, *Just-in-Time*, refere-se a produzir apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária para o cliente (EJSMONT et al., 2020; MA; WANG; ZHAO, 2017; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016).

Após a documentação do desempenho vantajoso da Toyota (precursora do LM) sobre outras empresas de produção em massa de países ocidentais, foi possível identificar e articular cinco etapas na direção de empresas enxutas, do inglês *Lean Companies*, através de uma lógica de pensamento enxuto, do inglês *Lean Thinking* (WOMACK; JONES, 1996), conforme exibido na Tabela 1.

Etapas na direção de *Lean Companies*

1	Definir o valor pela perspectiva do consumidor final: todo o pensamento industrial deve iniciar diferenciando o valor do desperdício, para o cliente. A falha nesta etapa pode resultar na entrega do produto ou serviço incorreto, de forma altamente eficiente.
2	Identificar o fluxo de valor e eliminar desperdícios: o fluxo de valor são todas as ações específicas necessárias para concepção do produto final. Identificar o fluxo de valor ajuda a expor desperdícios em etapas e subprodutos desnecessários.
3	Estabelecer o fluxo contínuo: após o mapeamento do fluxo de valor, deve-se fazer com que todas as etapas fluam continuamente para eliminar desperdícios de espera, inatividade ou refugo.
4	Projetar e estabelecer o <i>Just-in-Time</i>: esta etapa elimina desperdícios de designs obsoletos antes da comercialização do produto, estoque de produtos acabados e sistemas de rastreamento de estoques.
5	Buscar a perfeição (melhoria contínua): as quatro primeiras etapas devem interagir entre si, fazendo com que uma definição mais precisa de valor desafie progressivamente as etapas subsequentes a revelar e remover mais desperdícios.

Tabela 1 – As cinco etapas na direção de *Lean Companies*
Fonte: Womack, Jones (1996)

Todavia, aplicar estes cinco passos requer uma transformação organizacional completa, com um mecanismo contínuo para as etapas 1 e 2, desde o desenvolvimento e produção, até vendas e manutenção. Neste mecanismo, a noção de fluxo de valor define a empresa, com atividades de criação de valor agrupadas e sincronizadas, visando a eliminação de todos os desperdícios. Posto isto, todo o pensamento enxuto é focado em reduzir os fatores que não agregam valor para, assim, se concentrar naqueles que o fazem (MA; WANG; ZHAO, 2017; WOMACK; JONES, 1994, 1996).

Atualmente, Pereira et al. (2019) ressalta que, de acordo com Alves et al. (2014), o uso de abordagens *Lean*, popularizado pelo livro *The Machine that Changed the World*, pode ser encontrado tanto na indústria, quanto em serviços, construção, saúde, educação e outros setores. Isto não é por acaso, visto que uma ampla base de estudos mostra, desde então, que a implementação dos princípios e práticas do LM se associam à melhoria do desempenho operacional (PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019).

Por último, a literatura revisada destaca o fator humano como fundamental para sustentar a melhoria contínua no LM, tratado como a questão mais importante em todas as atividades. Além disto, o conjunto de técnicas e ferramentas frequentemente empregadas na manufatura enxuta seguem como: *Value Stream Mapping* (VSM), *Sistemas Puxados*, *Eventos Kaizen*, *Takt Time*, *5S*, *Single-Minutes Exchange of Die* (SMED), *Andon*, *Kanban*, *Total Productive Maintenance* (TPM), *Poka-Yoke*, *Heijunka*, além dos já citados *Jidoka* e *Just-in-Time* (EJSMONT et al., 2020; PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019; SONY, 2018).



2.2. Indústria 4.0

De acordo com Ejsmont et al. (2020), a expressão Indústria 4.0 foi cunhada pela primeira vez na Alemanha e tornou-se sinônimo para a quarta revolução industrial, com as principais ideias publicadas por Kangermann et al. (2011). A I4.0 pode ser entendida como um termo para o conjunto de tecnologias e conceitos de organização da cadeia de valor, que estabelecem interconexão e comunicação em tempo real entre pessoas, equipamentos e produtos (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019). Para tal, alguns avanços tecnológicos fundamentais são citados: (1) *Cyber-Physical Systems* (CPS); (2) Internet das Coisas (IoT) e Internet dos Serviços (IoS); (3) *Smart Factory*; (4) *Big Data* e *Data Analytics*; (5) Robótica Autônoma; (6) Simulação; (7) Integração de Sistemas Horizontais e Verticais; (8) *Cyber*-segurança; (9) Computação em Nuvem; (10) Manufatura Aditiva; e (11) Realidade Aumentada (AR/ VR) (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; RÜSSMANN et al., 2015).

Por exemplo, com a introdução da IoT e IoS no ambiente da manufatura, os sistemas produtivos, maquinários e estoques são incorporados nos padrões de *Cyber-Physical Systems* (CPS), uma infraestrutura capaz de trocar informações, além de desempenhar e controlar ações, de forma autônoma e independente. Nesta nova abordagem, consideram-se informações físicas e digitais (posição, *status*, simulações etc.) para auxiliar pessoas e maquinário a executarem suas tarefas em uma *Smart Factory*. À vista disto, neste ecossistema é possível: (i) atender a requisitos individuais de clientes de forma lucrativa; (ii) responder flexivelmente a falhas e mudanças repentinas; (iii) otimizar decisões; e (iv) permitir novas formas de modelos de negócios e criação de valor (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2015; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Logo, Sony (2018), ao citar Tan et al. (2010), afirma que a principal diferença entre a terceira e a quarta revolução industrial é que a terceira se concentrava na automação de máquinas e processos, enquanto agora, na quarta, o foco converte-se na integração completa de sistemas físicos com sistemas virtuais. Pagliosa, Tortorella, Ferreira (2019) acrescentam, ao observar o estudo da PWC (2016), que além da digitalização de todos os ativos físicos, o foco também está na aproximação mais forte entre os participantes da cadeia de valor. Sendo assim, reavaliar estratégias e modelos de negócios, tendo em conta a I4.0, reflete a base para a manutenção da competitividade no cenário atual e futuro (EJSMONT et al., 2020; LI, 2019; MA; WANG; ZHAO, 2017).

No entanto, salienta-se que um maior nível de automação e adoção de tecnologia requer, igualmente, o uso de uma mão de obra altamente qualificada e uma maior capacidade de dispêndio de capital por parte da empresa. Estas são duas das principais preocupações referentes à I4.0, sobretudo ao considerar contextos de economias que necessitam importar soluções tecnológicas, com efeitos cambiais mais significativos e menor oferta de mão de obra qualificada (TORTORELLA et al., 2019).

Por fim, apesar da quarta revolução industrial compreender um dos assuntos mais discutidos, desde a sua primeira citação por profissionais e acadêmicos, ainda há muitas opiniões divididas sobre seus elementos, inter-relacionamentos e aplicações. A literatura permanece carecida de pesquisas recentes sobre o impacto da I4.0 nos ambientes de manufatura e, atentando à velocidade do desenvolvimento de novas tecnologias e ao amadurecimento das existentes, as concepções presentes estão sujeitas a atualizações

(EJSMONT et al., 2020; PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019; SHAHIN et al., 2020).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo foi conduzido por meio de uma revisão sistemática de literatura que, para Moher et al. (2009), se trata da revisão de uma pergunta claramente formulada, através de métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, além de coletar e analisar os dados dos estudos incluídos na revisão. Neste sentido, as revisões sistemáticas diferem das revisões narrativas tradicionais, uma vez que seguem um processo replicável, científico e transparente, de forma a aumentar o rigor metodológico. Para tanto, como guia a revisão sistemática, o protocolo fornece descrições precisas das etapas a serem executadas, o que ajuda a proteger a objetividade da pesquisa (TRANFIELD et al., 2003). Deste modo, esta revisão sistemática de literatura embasou-se no protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), proposto por Moher et al. (2009), com o objetivo de responder à seguinte pergunta: quais os benefícios mútuos esperados da integração *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0?

A fim de seguir com a revisão, foram feitas buscas nas bases de dados Scopus, Web of Science, Taylor & Francis Online e SciELO, no período de 2016 a 2020, com registros de artigos científicos coletados até 31 de Janeiro de 2021. A pesquisa nas bases de dados Scopus, Web of Science e Taylor & Francis Online foi possível por meio do portal de periódicos Capes, com acesso concedido pela Universidade Federal Fluminense. Como critério de busca, utilizou-se as palavras-chave (*Lean*) AND (*Industry 4.0*) de maneira a estarem contidas no assunto dos artigos, filtrados pelo idioma inglês e por periódicos revisados por pares. Foram identificados 60 artigos e, após remoção de registros duplicados (23) ou com texto completo indisponível (03), 34 continuaram para próxima fase de elegibilidade. Em seguida, realizou-se a leitura do resumo dos artigos restantes, excluindo outros 18 artigos não alinhados com o escopo deste trabalho. Ao fim do processo de seleção, 16 artigos foram selecionados para síntese qualitativa e revisão, além da análise pontual de suas referências, tratadas como fontes secundárias neste trabalho. A Figura 1 apresenta o fluxograma das etapas adotadas nesta revisão sistemática de literatura.



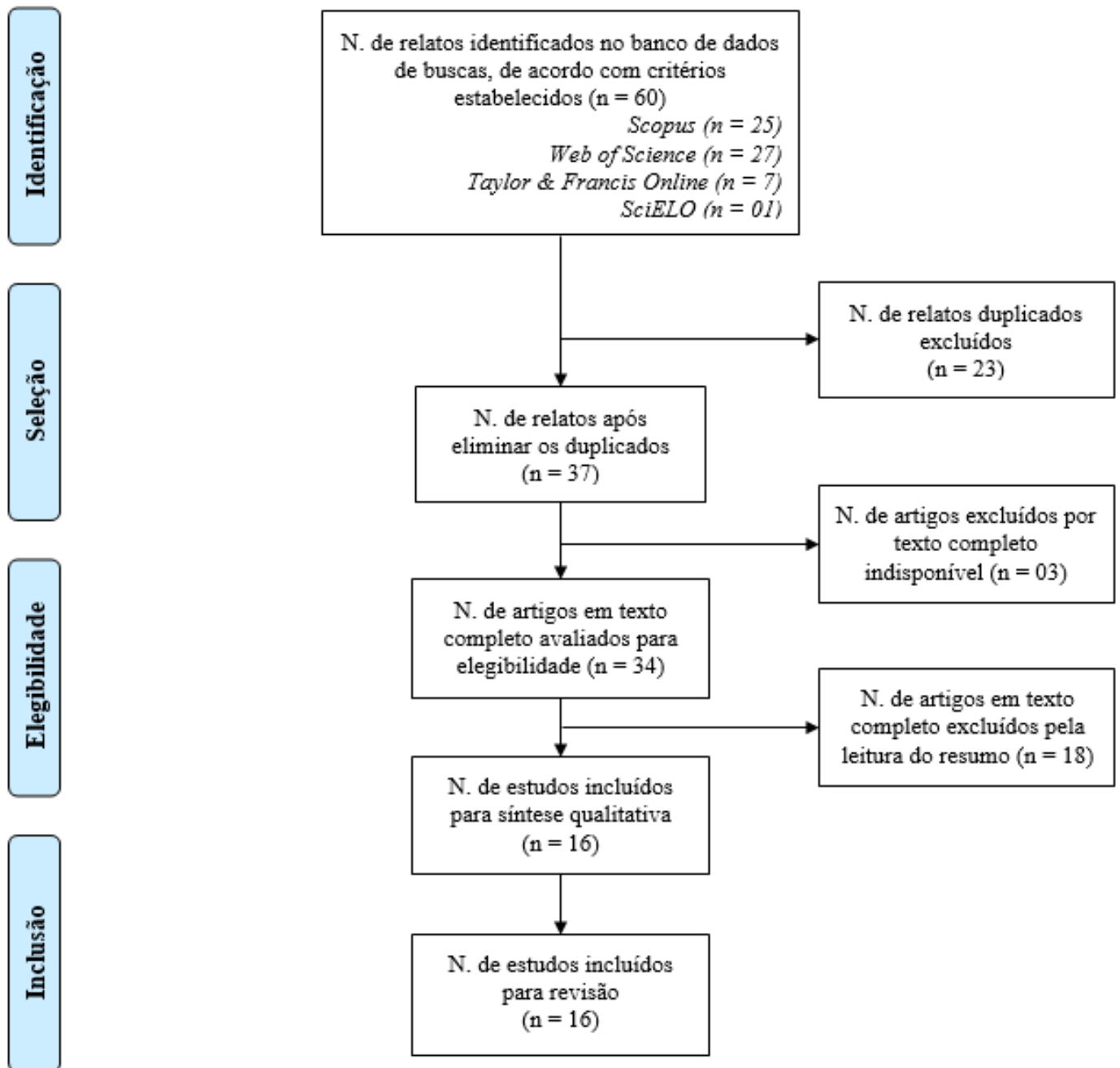


Figura 1 – Fluxograma da revisão sistemática de literatura, baseada no protocolo PRISMA
Fonte: Adaptado de Moher et al. (2009)

4. RESULTADOS

Esta seção apresenta o acervo selecionado para revisão (Tabela 2), bem como a síntese qualitativa proporcionada pela análise dos dados relevantes deste acervo. Ao observar a Tabela 2, é possível notar que Guilherme Luz Tortorella, em colaboração com diferentes autores, se destaca pela quantidade de registros publicados (3), enquanto os demais autores não se repetem. Da mesma forma, as revistas com mais de um registro (2) foram *Journal of Manufacturing Technology Management* e *Sustainability*. Ademais, o país dos autores é diverso, com moderado destaque para Alemanha, Brasil e USA.

De acordo com a Figura 2, observa-se que a distribuição das publicações ao longo dos últimos cinco anos é constante até um crescimento em 2019, ano com maior número de registros (6). Em seguida, em 2020, ocorre um leve declínio, contudo, vale realçar que as publicações no tema foram contínuas em todo o período. Na Figura 3, aprecia-se um equilíbrio entre o quantitativo de metodologias empíricas e teóricas empregadas, no entanto, com maior presença absoluta para revisões de literatura (7). Finalmente, a Figura 4 contém as 8 palavras-chave mais frequentemente associadas ao tema, conforme o protocolo de busca e seleção aplicado. Todas as outras 31 palavras-chave encontradas não se repetem e, ainda na Figura 4, a área de cada lacuna representa a proporção de cada palavra-chave utilizada.



CAPÍTULO 12

Autor	Ano	Título	Revista
Ejsmont, K., Gladysz, B., Corti, D., Castaño, F., Mohammed, W. M., & Martínez Lastra, J. L.	2020	Towards 'Lean Industry 4.0' – Current trends and future perspectives	Cogent Business & Management
Grube Hansen, D., Malik, A. A., & Bilberg, A.	2017	Generic Challenges and Automation Solutions in Manufacturing SMEs	Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium
Li.	2019	Lean Smart Manufacturing in Taiwan – Focusing on the Bicycle Industry	Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity
Lugert, A., Batz, A., & Winkler, H.	2018	Empirical assessment of the future adequacy of value stream mapping in manufacturing industries.	Journal of Manufacturing Technology Management
Ma, J., Wang, Q., & Zhao, Z.	2017	SLAE-CPS: Smart Lean Automation Engine Enabled by Cyber-Physical Systems Technologies	Sensors
Pagliosa, M., Tortorella, G., & Ferreira, J. C. E.	2019	Industry 4.0 and Lean Manufacturing	Journal of Manufacturing Technology Management
Pekarčíková, M., Trebuňa, P., & Kliment, M.	2019	Digitalization effects on the usability of lean tools	Acta Logistica
Pereira, A., Dinis-Carvalho, J., Alves, A., & Arezes, P.	2019	How Industry 4.0 can enhance Lean practices	FME Transactions
Ramadan, M., Salah, B., Othman, M., & Ayubali, A. A.	2020	Industry 4.0-Based Real-Time Scheduling and Dispatching in Lean Manufacturing Systems	Sustainability
Saabye, H., Kristensen, T. B., & Wæhrens, B. V.	2020	Real-Time Data Utilization Barriers to Improving Production Performance: An In-depth Case Study Linking Lean Management and Industry 4.0 from a Learning Organization Perspective	Sustainability
Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J.	2016	Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing.	Journal of Industrial Engineering and Management
Shahin, M., Chen, F. F., Bouzary, H., & Krishnaiyer, K.	2020	Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology
Sony, M.	2018	Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions	Production and Manufacturing Research
Tortorella, G. L., Giglio, R., & van Dun, D. H.	2019	Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement	International Journal of Operations & Production Management
Tortorella, G. L., Rossini, M., Costa, F., Portioli Staudacher, A., & Sawhney, R.	2019	A comparison on Industry 4.0 and Lean Production between manufacturers from emerging and developed economies	Total Quality Management & Business Excellence
Veza, I., Mladineo, M., & Gjeldum, N.	2016	Selection of the basic Lean tools for development of Croatian model of Innovative Smart Enterprise.	Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette

Tabela 2 – Artigos selecionados para revisão de literatura
Fonte: Elaborado pelos autores (2021)



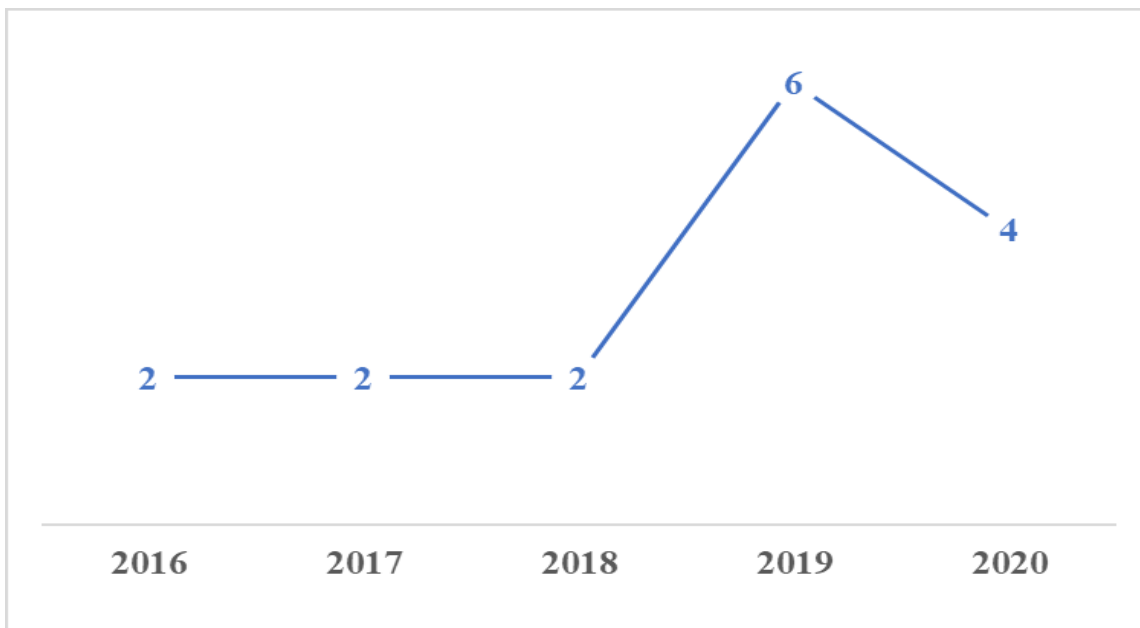


Figura 2 – Distribuição das publicações ao longo do período
 Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

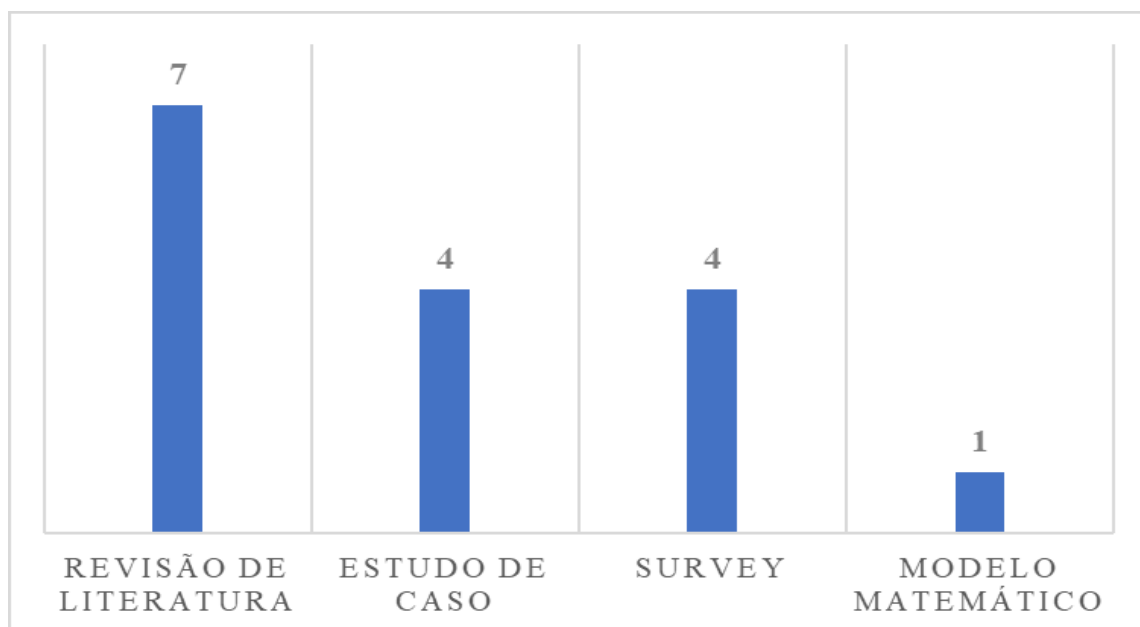


Figura 3 – Distribuição das metodologias de pesquisa utilizadas
 Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

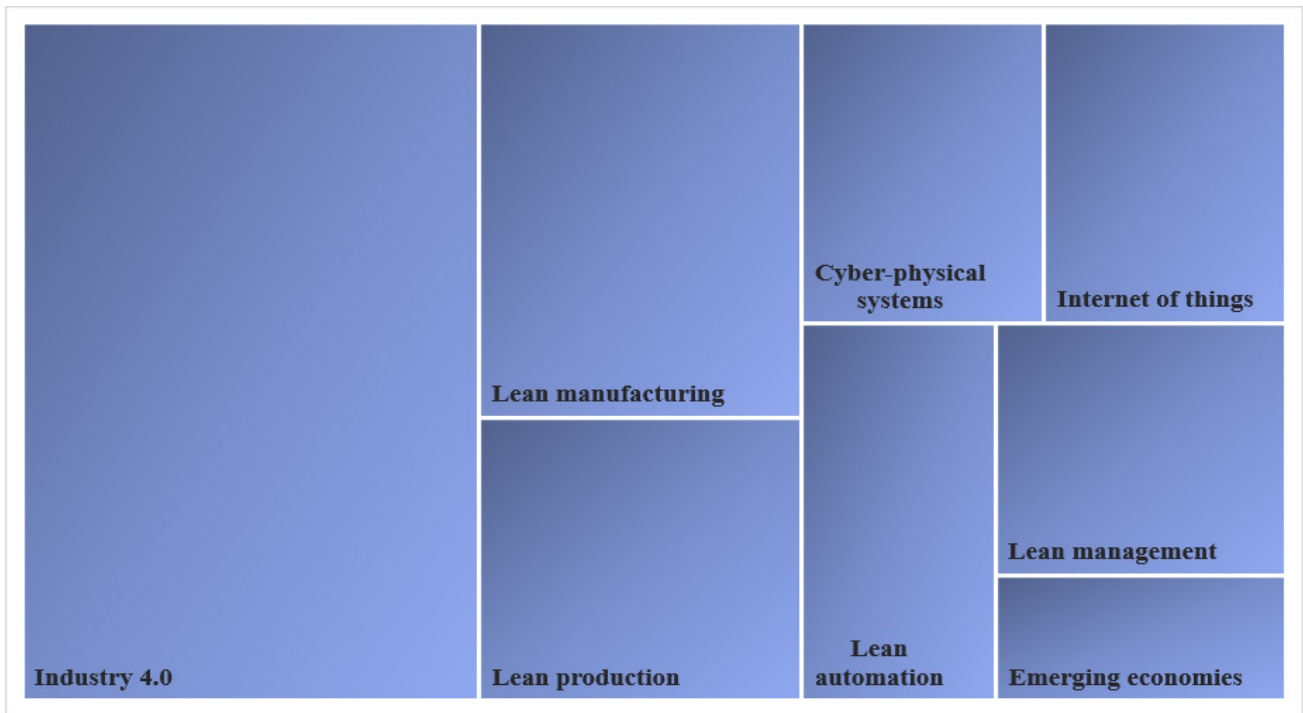


Figura 4 – Distribuição das palavras-chave mais frequentes
 Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

5. DISCUSSÃO

5.1. Integração *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0

De acordo com a literatura, o interesse na associação entre o *Lean Manufacturing* e a Indústria 4.0 não é recente. Esta associação foi denominada *Lean Automation* (LA) e surgiu na década de 1990, com aplicação prática limitada à tecnologia de automação disponível à época. Desde o princípio, a proposta do LA visava uma maior integração entre as tecnologias de automação para impulsionar o *Jidoka*, um dos pilares do LM. Todavia, o conceito de LA ganhou destaque na literatura recente, em razão da viabilidade e da relevância das tecnologias da I4.0 e, principalmente, do potencial do CPS para melhoria do *Jidoka* (MA; WANG; ZHAO, 2017; PEREIRA et al., 2019; TORTORELLA et al., 2019).

O notável da associação entre os conceitos I4.0 e LM é que ambos visam aumentar o valor agregado ao cliente, embora o façam por caminhos distintos. Enquanto o LM busca controlar a complexidade na produção, a I4.0 promete superar a complexidade através de soluções tecnológicas (EJSMONT et al., 2020; LUGERT; BATZ; WINKLER, 2018). Sendo assim, vale ressaltar duas óticas para o LA, como citado por Ejsmont et al. (2020), de acordo com Dombrowski et al. (2017): (i) o LM é considerado um pré-requisito para a introdução de soluções da I4.0; e (ii) a I4.0 funciona como um agente promotor do LM.

Sobre a ótica (i), Li (2019) e Saabye, Kristensen, Wæhrens (2020), do mesmo modo, sustentam o LM como uma premissa para o sucesso de tecnologias da I4.0 no ambiente organizacional. Isto porque os princípios da manufatura enxuta formam a base para culturas que favoreçam a melhoria de processos de forma sistêmica, sempre buscando agregar o maior valor para o cliente (TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019). Neste sen-

tido, antes da implementação de soluções tecnológicas emergentes, deve-se eliminar os problemas motivados por má gestão ou processos mal estruturados, permitindo que as tecnologias da quarta revolução industrial possam fomentar novos estágios de melhoria. Caso contrário, desperdícios serão igualmente automatizados e potencializados (SHAHIN et al., 2020; SONY, 2018; TORTORELLA et al., 2019).

Ainda de acordo com a ótica (i), a literatura revisada expressa que a associação adequada entre os princípios do LM e a I4.0 pode propiciar a superação de barreiras em direção a melhores desempenhos, que se concretizariam por meio de novos modelos de negócios e serviços, bem como pela oportunidade de combinar a integração em tempo real, de toda a fábrica e clientes, com a geração mínima de resíduos em todo o fluxo de valor (SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; TORTORELLA et al., 2019; TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019). Assim, o LM se torna mais sofisticado e inteligente, alcançando os objetivos de maior eficiência, redução de defeitos e melhoria contínua, o que, conseqüentemente, retorna ganhos financeiros (LI, 2019; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016).

Com relação à ótica (ii), interações positivas foram similarmente identificadas, de maneira a apoiar os princípios LM, mediante tecnologias da I4.0. A literatura sinaliza que as tecnologias da I4.0 são capazes de reduzir o esforço, superando obstáculos, para implementação e a manutenção das práticas LM (EJSMONT et al., 2020; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019). Entretanto, Pereira et al. (2019) e Tortorella, Giglio, Van Dun (2019) reforçam que é importante avaliar, caso a caso, o quão eficaz e adequado é a aplicação de tecnologias emergentes no fluxo de valor. A adoção puramente tecnológica não levará a resultados diferenciados, pelo contrário, sem um nível mínimo de maturidade na gestão enxuta, resultados abaixo das expectativas e desperdícios financeiros serão presumíveis, dado que é muito provável o não entendimento sobre os processos e indicadores de desempenho por parte da organização (TORTORELLA et al., 2019; TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019; VEZA; MLADINEO; GJELDUM, 2016).

5.2. Oportunidades de pesquisa

Apesar de muitas pesquisas no tema, relata-se que a maioria dos estudos são limitados à abordagem teórica, tratando apenas de conceitos e aspectos selecionados da associação *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0. A literatura atual ainda carece de evidências empíricas, aplicações práticas e estudos de longo prazo. A Tabela 3 sintetiza as direções para novos trabalhos, bem como traz as principais referências para o estudo.



Direções para estudos sobre integração <i>Lean Manufacturing</i> e Indústria 4.0		Referências
1	Conduzir pesquisas empíricas e práticas, em ambiente industrial e de longo prazo.	EJSMONT et al., 2020; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016; SHAHIN et al., 2020; TORTORELLA et al., 2019; TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019
2	Respalidar e compreender mais profundamente os modelos e arquiteturas de integração propostos na literatura LA.	EJSMONT et al., 2020; TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019
3	Explorar as barreiras e sinergias quanto a implementação de princípios LM e tecnologias I4.0, específicos ou não, principalmente em espaços amostrais maiores e generalizações.	EJSMONT et al., 2020; TORTORELLA; GIGLIO; VAN DUN, 2019
4	Explorar e desenvolver <i>frameworks</i> , tais como o emprego mais sistemático de recursos I4.0 e <i>Lean Six Sigma</i> .	TORTORELLA et al., 2019
5	Investigar como os aspectos ambientais influenciam na combinação do LM e I4.0, em função de determinados tipos e tamanhos de indústria ou região.	EJSMONT et al., 2020; PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019; SAABYE; KRISTENSEN; WÆHRENS, 2020; TORTORELLA et al., 2019
6	Apurar soluções LA de baixo custo, sustentáveis e que garantam a manutenção da competitividade para pequenas e médias empresas (PMÉs).	GRUBE HANSEN; MALIK; BILBERG, 2017; SANDERS; ELANGESWARAN; WULFSBERG, 2016
7	Averiguar a influência de aspectos organizacionais na sinergia entre LM e I4.0, em especial, quanto aos fatores humanos e o desempenho operacional.	EJSMONT et al., 2020; LI, 2019; PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019; PEREIRA et al., 2019
8	Examinar ambientes de aprendizagem, capacitação e apoio ao LA, desenvolvidos e sustentados por gestores.	SAABYE; KRISTENSEN; WÆHRENS, 2020
9	Categorizar artifícios LM e I4.0 em diferentes níveis de fluxo de valor.	PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019
10	Quantificar a intensidade de integração entre tecnologias I4.0 e princípios enxutos, bem como apurar os motivos para tais intensidades.	EJSMONT et al., 2020; PAGLIOSA; TORTORELLA; FERREIRA, 2019

Tabela 3 – Oportunidades de pesquisa
 Fonte: Elaborado pelos autores (2021)



6. CONCLUSÃO

O presente artigo se propôs a realizar uma revisão sistemática de literatura, de modo a contribuir teoricamente no campo da investigação quanto à integração *Lean Manufacturing* e Indústria 4.0. Diante disto, os autores consideram que a investigação foi bem-sucedida, atendendo aos objetivos geral e específicos do trabalho. Vale evidenciar algumas limitações da metodologia empregada, como as bases de dados selecionadas, que apesar de sólidas e abrangentes, restringem o alcance das buscas às suas fronteiras. Da mesma forma, a inclusão de palavras-chave no mecanismo de busca foi escassa, com potencial para expansão, de maneira a admitir a combinação das 8 palavras-chaves mais frequentemente associadas ao tema (Figura 4). Similarmente, os demais critérios de inclusão e exclusão declarados na seção 3 representam outras delimitações deste artigo. Apesar das limitações apresentadas, o protocolo PRISMA se mostrou eficaz para garantir a objetividade do trabalho, bem como este documento se mostra útil ao leitores na medida em que: (i) apresenta uma revisão de literatura mais recente sobre o assunto abordado, identificando o seu estado da arte; (ii) explora as vantagens e pontos de atenção pertinentes ao resultado da integração LM e I4.0, o *Lean Automation*; e (iii) apresenta oportunidades de pesquisas futuras para contribuir ao avanço desta temática.

Referências

- EJSMONT, K. et al. Towards 'Lean Industry 4.0' – Current trends and future perspectives. **Cogent Business & Management**, v. 7, n. 1, p. 1781995, 1 jan. 2020.
- GRUBE HANSEN, D.; MALIK, A. A.; BILBERG, A. Generic Challenges and Automation Solutions in Manufacturing SMEs. **Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium**. [s.l: s.n.]. p. 1161–1169, 2017.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. **Technische Universität Dortmund**, v. 1, n. 1, p. 4–16, 2015.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. **National Academy of Science and Engineering**, 2013.
- KOCH, V.; KUGE, S.; GEISSBAUER, R; SCHRAUF, S. Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet. Tech. Rep. TR 2014-2, **PWC Strategy GmbH**, United States, New York City, New York (NY), 2014.
- LI. Lean Smart Manufacturing in Taiwan—Focusing on the Bicycle Industry. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 5, n. 4, p. 79, 5 out. 2019.
- LUGERT, A.; BATZ, A.; WINKLER, H. Empirical assessment of the future adequacy of value stream mapping in manufacturing industries. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 29, n. 5, p. 886–906, 13 ago. 2018.
- MA, J.; WANG, Q.; ZHAO, Z. SLAE–CPS: Smart Lean Automation Engine Enabled by Cyber-Physical Systems Technologies. **Sensors**, v. 17, n. 7, p. 1500, 28 jun. 2017.
- MOHER, D. et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. **PLoS Medicine**, v. 6, n. 7, p. e1000097, 21 jul. 2009.
- PAGLIOSA, M.; TORTORELLA, G.; FERREIRA, J. C. E. Industry 4.0 and Lean Manufacturing. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. ahead-of-p, n. ahead-of-print, 21 out. 2019.
- PEREIRA, A. et al. How Industry 4.0 can enhance Lean practices. **FME Transactions**, v. 47, n. 4, p. 810–



822, 2019.

RÜSSMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, 9, 2015.

SAABYE, H.; KRISTENSEN, T. B.; WÆHRENS, B. V. Real-Time Data Utilization Barriers to Improving Production Performance: An In-depth Case Study Linking Lean Management and Industry 4.0 from a Learning Organization Perspective. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p. 8757, 22 out. 2020.

SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 9, n. 3, p. 811, 21 set. 2016.

SHAHIN, M. et al. Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 107, n. 5–6, p. 2927–2936, 28 mar. 2020.

SONY, M. Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions. **Production & Manufacturing Research**, v. 6, n. 1, p. 416–432, 30 jan. 2018.

TORTORELLA, G. L. et al. A comparison on Industry 4.0 and Lean Production between manufacturers from emerging and developed economies. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 0, n. 0, p. 1–22, 26 nov. 2019.

TORTORELLA, G. L.; GIGLIO, R.; VAN DUN, D. H. Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 39, n. 6/7/8, p. 860–886, 2 dez. 2019.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review* Introduction: the need for an evidence-informed approach. **British Journal of Management**, v. 14, p. 207–222, 2003.

VEZA, I.; MLADINEO, M.; GJELDUM, N. Selection of the basic Lean tools for development of Croatian model of Innovative Smart Enterprise. **Tehnicki vjesnik - Technical Gazette**, v. 23, n. 5, p. 1317–1324, out. 2016.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection. **Harvard Business Review**, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. From Lean Production to the Lean Enterprise. **Harvard Business Review**, 1994.

CAPÍTULO 13

IMPLANTAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO RCM NA LINHA DE ENVASE DE LATAS EM UMA CERVEJARIA NO MARANHÃO

IMPLEMENTATION OF THE RCM MAINTENANCE STRATEGY IN THE CAN
BOTTLING LINE IN A BREWERY IN MARANHÃO

Heitor Carvalho Cantanhede Marques

Jéssica Feitosa de Assunção

Wellinton de Assunção

Resumo

O cenário atual em que as indústrias estão inseridas, requer cada vez mais que elas possam adotar estratégias de manutenção que mantenham os seus ativos otimizados e com o tempo de vida útil maior. A manutenção deixou de ser um mal necessário por várias pessoas, e tornou-se um fator determinante nos assuntos relacionados à segurança, qualidade, produtividade, redução de custos e as preocupações ambientais. Diante dessas variáveis, a pesquisa objetiva a implantação da ferramenta RCM na enchedora da linha de envase de latas, por meio de um estudo de caso realizada em uma Cervejaria localizada no estado do Maranhão, com o intuito de demonstrar as fases e etapas que estiveram presentes durante o estabelecimento dessa estratégia. Após implantação e análise do cenário durante três meses, foi possível obter resultados satisfatórios na máquina, podendo citar o aumento do rendimento próprio do ativo e a sua confiabilidade, fazendo com que os custos que eram alocados em sua manutenção tivessem uma redução, devido a estratégia adotada, resultando em grandes aprendizados para o corpo técnico da cervejaria e na criação de melhores práticas fabris.

Palavras chave: Manutenção, Estratégia, RCM, Confiabilidade, Produtividade.

Abstract

The current scenario in which industries are inserted requires more and more that they can adopt maintenance strategies that keep their assets optimized and with a longer useful life. Maintenance is no longer a necessary evil for several people, it has become a determining factor in issues related to safety, quality, productivity, cost reduction, and environmental concerns. Given these variables, this research aims to implement the RCM tool in the can filling line, through a case study carried out in a brewery located in the state of Maranhão, in order to demonstrate the phases and stages that were present during the establishment of this strategy. After implementing and analyzing the scenario for three months, it was possible to obtain satisfactory results in the machine, and we can mention the increase in the asset's own yield and its reliability, causing the costs that were allocated in its maintenance to have a reduction, due to the adopted strategy, resulting in great learning for the brewery's technical staff and in the creation of better manufacturing practices.

Key-words: Maintenance, Strategy, RCM, Reliability, Productivity.



1. INTRODUÇÃO

Um bom planejamento na manutenção de ativos tem se tornando cada vez mais necessário para as fábricas que pretendem se manter competitivas e sustentáveis no mercado. Com o surgimento da indústria 4.0, processos produtivos se tornaram mais eficientes, evitando assim custos excessivos e uma maior depreciação dos bens das companhias. Empresas estão aumentando os seus investimentos em manutenção com o propósito de aumentar a sua produtividade. Ao longo das revoluções industriais, tivemos grandes avanços na área da manutenção. O que no começo era pautado na manufatura de produtos e troca corretiva somente nas quebras dos equipamentos, atualmente, existem técnicas avançadas capazes de realizar análises termográficas, sonoras e de viscosidade que apresentam o diagnóstico completo da condição das máquinas, fazendo com que a equipe multidisciplinar das indústrias tenham a capacidade de agir de maneira antecipada, visando a boa condição do equipamento.

Para auxiliar nesse processo, as políticas de manutenção surgiram com o propósito de oferecer soluções e otimizar resultados, na busca por equipamentos mais confiáveis. Dentre elas, uma que se destaca auxiliando na manutenção preventiva de máquinas, evitando paradas parciais ou totais delas, é a estratégia RCM (*Reliability Centred Maintenance* ou Manutenção Centrada em confiabilidade) (SOUZA, 2004).

Ela é um método largamente utilizando em várias indústrias, que visa uma maior durabilidade dos ativos, auxiliando no setor de PCM (Planejamento e Controle da Manutenção). Sua utilização está baseada na detecção, de maneira antecipada, de possíveis falhas ou anomalias que venham a prejudicar os componentes e subconjuntos das máquinas, fazendo com que o equipamento seja capaz de operar de acordo com os seus padrões de desempenho (XENOS, 2014).

2. CURVA PF

Com as revoluções industriais e advento da tecnologia, fábricas passaram a aumentar a vida útil de seus ativos por meio de técnicas de instrumentação avançadas, fazendo com que o Planejamento e Controle da Manutenção se tornasse um setor fundamental na sua sustentabilidade de seus resultados, dando importância as áreas da qualidade, meio ambiente e segurança (TELES, 2019).

Técnicas instrumentadas avançadas passaram a ser utilizadas no monitoramento das condições das máquinas, objetivando a intervenção no modo de falha de maneira assertiva e rápida (XENOS, 2014). Atualmente, com a era da Indústria 4.0, que apresenta uma revolução nos processos produtivos, é cada vez mais possível identificar o modo de falha em seu estágio inicial, a fim de atender as demandas dos clientes internos das grandes empresas, facilitando a integração no conjunto de tecnologias de automação e troca de dados, computação em nuvem e a internet das coisas, toda essa evolução é possível analisar na figura 1, onde Kardec e Nascif (2019) descrevem a linha do tempo da manutenção e seus avanços.



EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO				
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
Ano				
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Conserto após a falha 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade crescente • Maior vida útil do equipamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Melhor disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Melhor disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados da região • Gerenciar os ativos
Visto quanto à falha de equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva de batheira 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de 6 padrões de falhas (Bowden & Neap e Moubray) Ver Capítulo 5 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Bowden & Neap e Moubray) Ver Capítulo 5
Mudança nas técnicas de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades voltadas para o reparo 	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento manual da manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção Preventiva (per tempo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento da condição • Manutenção Preditiva • Análise de risco • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho multifuncionais • Projetos voltados para a confiabilidade • Contratação por mão de obra e serviços 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição • Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada • Análise de falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Engenharia de Manutenção • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida • Contratação por resultados

Figura 1 – Evolução da Manutenção
 Fonte: Kardec e Nascif (2019).

Segundo a Norma ABNT NBR 5462-1994, a falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. É diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período, quando o item deverá ser reparado ou substituído. Levando o item a um estado de indisponibilidade

A Curva PF é uma ferramenta analítica ideal para um plano de manutenção que segue os padrões do RCM, é tipicamente usada na análise de confiabilidade no monitoramento dos ativos, quando há o uso de técnicas preditivas (DYNAMOX, 2020). Teles (2019) afirma que a compreensão da curva é fundamental para engenheiros quando vão definir a estratégia de manutenção ideal que deverá ser adotada pela empresa.

A figura 2 retrata a curva PF de um equipamento caso ele seja forçado a um intenso regime de operação, sem que haja nenhum tipo de intervenção em sua estrutura, ou seja, o equipamento estará fadado a quebrar ou. Por meio dessa curva, a equipe de manutenção consegue classificar o estágio que se encontra a falha através da condição que o seu modo se encontra. Nela é possível observar a importância de técnicas preditivas e sensíveis no aumento da resistência a falha que pode ocasionar no equipamento ou conjunto.

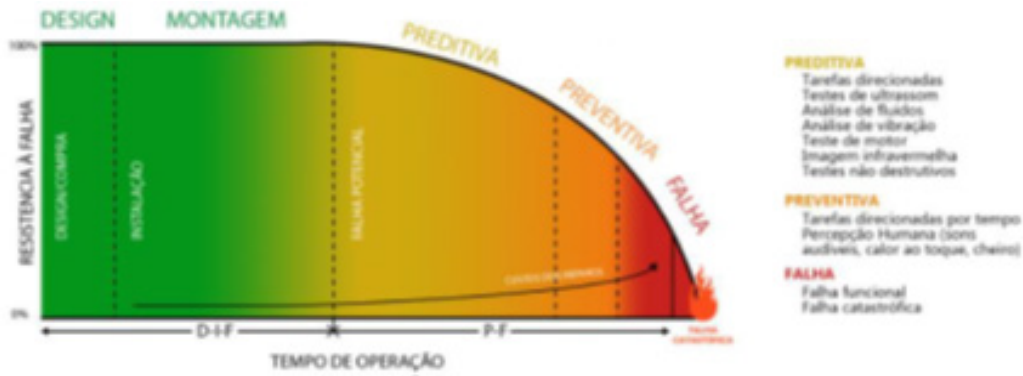


Figura 2 – Curva P-F com aplicação de ações da preditiva (à esquerda) e implicações de ações corretivas na extensão da vida útil do ativo (à direita)
 Fonte: Dynamox (2020)

A figura 3 demonstra a relação entre a Curva PF e a Curva de Custos, é possível identificar que elas são inversamente proporcionais, pois quanto maior o período para identificar e tratar a falha, maior será o custo para o reparo (TELES, 2019).

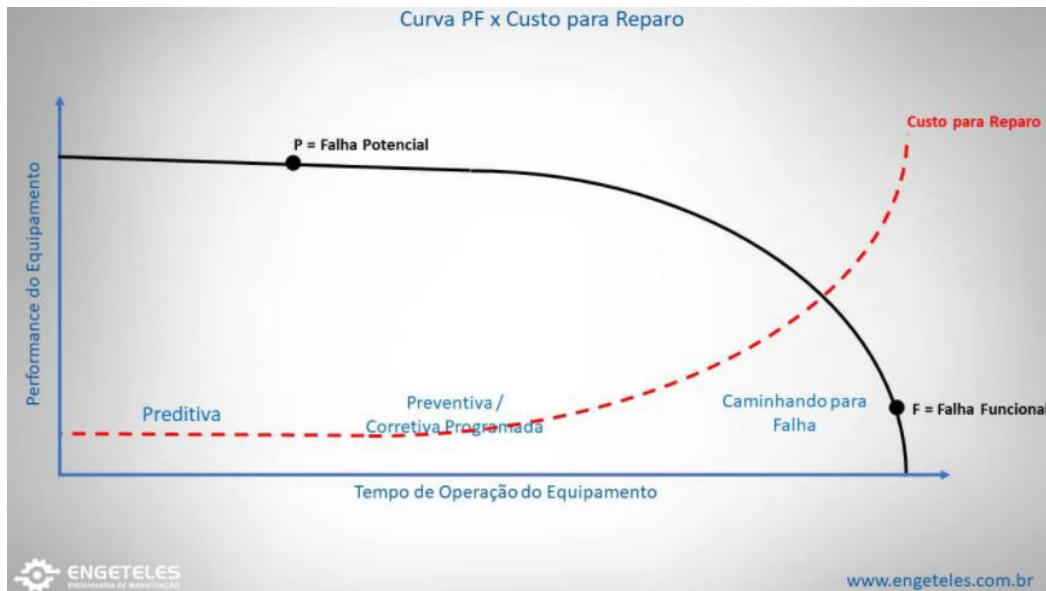


Figura 3 – Custo para reparo x Curva P-F
 Fonte: Teles (2019)

3. TIPOS DE FALHA

Na estrutura do RCM, as falhas são classificadas de acordo com o efeito que ela pode causar na função de desempenho do equipamento, sendo classificadas em potenciais ou funcionais. Xenos (2014, p. 67) faz uma análise de que as falhas quando ocorrem nos equipamentos, apresentam danos mensuráveis aos equipamentos, o que pode acarretar perdas de desempenho da função a qual foi projetado.

A falha potencial se apresenta no equipamento quando a deterioração da função de desempenho ainda está em seu estágio inicial. Não comprometendo por completo o seu funcionamento, porém a cada período que a máquina executa o seu ciclo, a falha tende a aumentar o seu dano, caso não haja nenhum tipo de intervenção técnica (TELES, 2019). Xenos (2014, p.77) destaca que as falhas potenciais são sintomas que os equipamentos

podem se manifestar, quando os equipamentos estão localizados em condições ambientais desfavoráveis a sua operação, proporcionando assim um ciclo vicioso de falhas que afetará o rendimento dele.

A falha funcional destaca-se por conduzir o equipamento até a parada total do seu padrão de desempenho para o qual foi projetado. Sendo uma evolução da falha potencial já em seu estágio final, ela revela um completo despreparo e irresponsabilidade da equipe do PCM ao não conseguir saná-la. De acordo com Teles (2019, p.14), suas principais causas estão relacionadas com erros de projeto; erros de fabricação; erros de instalação e comissionamento; erros de operação e manutenção (mais comum). Siqueira (2005) reitera que as falhas funcionais podem ser divididas em três: falhas evidentes: quando detectadas durante trabalho normal da equipe; falhas ocultas: uma falha não detectada pela equipe durante trabalho normal; falhas múltiplas: quando uma falha oculta combinada a uma segunda falha torna-se evidente.

A figura 4 retrata o comportamento de uma falha ao longo do tempo, onde é possível estabelecer um padrão de falha, a qual foi chamado de “curva da banheira”. Pela evolução do seu gráfico é possível perceber que a taxa de falhas se estabiliza à medida que o tempo passa e que aumenta drasticamente ao fim de sua vida útil (GUTIÉRREZ, 2005).

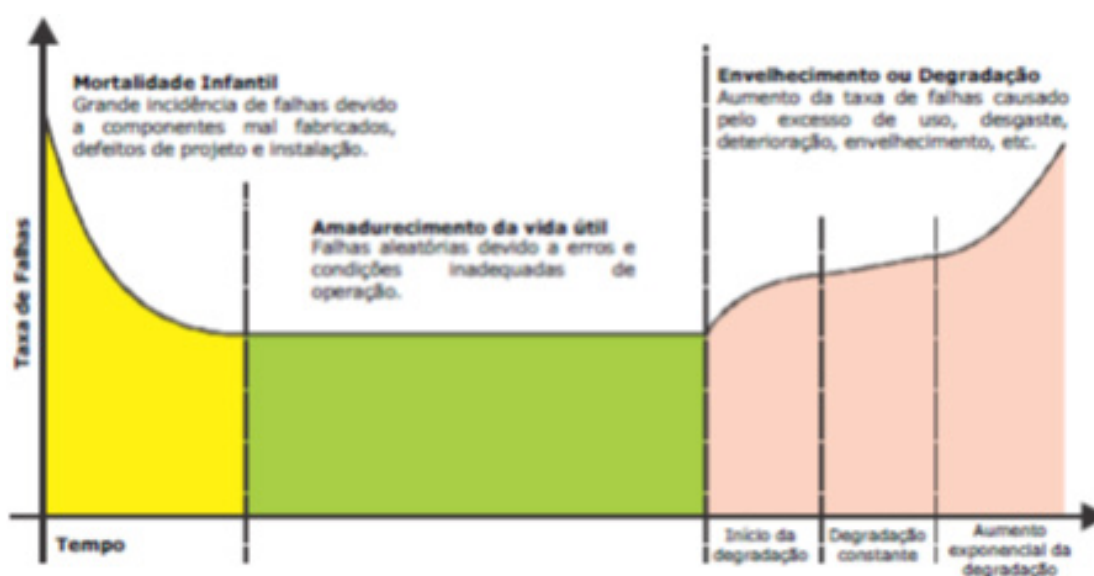


Figura 4 – Curva da banheira
Fonte: Gutiérrez (2005, p. 80)

4. RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE) OU MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

Teles (2019, p. 3) afirma que o RCM deu seus primeiros passos na década de 1970, onde a FAA – Federal Aviation Authority teve a necessidade de certificar a nova linha de aeronaves Boeing 747. Já Moubroy (2020) ressalta que ele surgiu antes, nos anos 50, ainda na indústria aérea americana como uma reação ao cenário custoso e a baixa confiabilidade que a manutenção preventiva, egressa da Segunda Guerra Mundial, proporcionava com a sua política de realizar substituição das peças em intervalos predefinidos.

Cada equipamento ou sistema possui uma função de desempenho definida de acordo como foi projetado e decorrente da sua instalação no processo produtivo. A Engenharia de Manutenção é o setor estratégico das companhias que se responsabiliza pela continuidade das funções, características e padrões de desempenho de um determinado ativo, tendo como premissa, a quantificação desses dados (KARDEC; NASCIF, 2019).

As funções e padrões de desempenho dos equipamentos fabris determinam a base de trabalho do RCM. Por meio dessas duas variáveis, é possível definir a capacidade que cada máquina possui para exercer sua atividade dentro do sistema que ela está inserida, durante a sua vida útil. É importante destacar que cada ativo da planta possui funções primárias e secundárias que precisam ser mantidas para garantir sua máxima confiabilidade. As funções primárias envolvem atividades que o equipamento precisa realizar de maneira prioritária como por exemplo: um motor que deve mover uma correia transportadora. Suas funções secundárias deveriam garantir a baixa vibração, baixo ruído, baixa temperatura e nenhum vazamento de lubrificante (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011).

Moubray (2000) em sua obra, destaca que é necessário quantificar os padrões de desempenho na correlação com as variáveis de produção, envolvendo características da qualidade do produto, fatores relacionados à segurança, ao meio ambiente e aos custos operacionais. Seu exemplo, ilustra de maneira educativa o que é cada função de um equipamento:

Utilizando como exemplo uma bomba centrífuga que alimenta uma caixa-d'água Figura 5. A sua capacidade nominal é de 400 litros/minuto, ela precisa abastecer um sistema que necessita de 300 litros/minuto. A estratégia de manutenção precisa achar uma forma que o seu desempenho não seja menor do que a capacidade total do sistema e garantir que ela não use sua nominal para evitar transbordo na caixa-d'água.

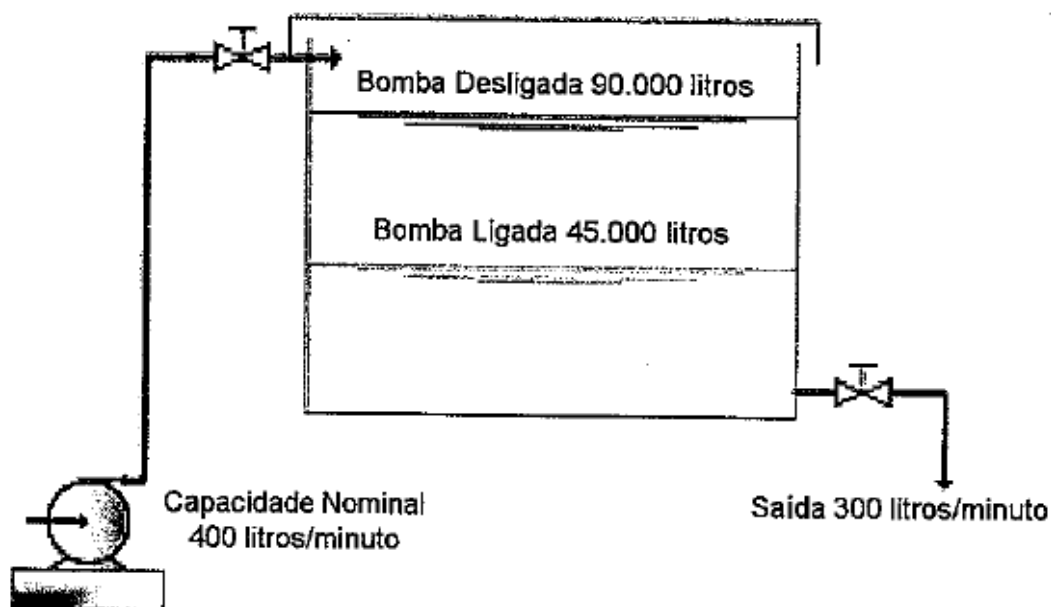


Figura 5 – Exemplo de uma função de desempenho explicada por Moubray (2020)
 Fonte: Kardec e Nascif (2019)

Para implantação do RCM, Kardec e Nascif (2019) reforçam que esse processo precisa ser apoiado pela alta gerência, de maneira que todos os envolvidos no trabalho possuam as ferramentas e recurso necessários para realizar suas contribuições a nível tático e operacional. Teles (2019) afirma que essas pessoas que estarão envolvidas na implantação

serão as responsáveis por garantir a disponibilidade, confiabilidade e segurança, visando a redução do custo de manutenção.

Logo após definir as funções e padrões de desempenho, o próximo passo da política do RCM é aplicar a técnica de confiabilidade conhecida por FMEA, que de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2011), ela possui como objetivo: identificar e avaliar as falhas potenciais que podem aparecer em equipamentos, propondo ações preventivas que venham a eliminar ou reduzir a probabilidade de ocorrência dessas falhas, onde no final documenta procedimentos que auxiliam na intervenção assertiva da manutenção.

De acordo com Prateek (2013), cada modo potencial de falha precisa ser ranqueado com base em três quesitos: severidade, ocorrência e detecção, numa escala de um a dez, onde por meio do produto desses fatores é possível estabelecer o Número de Prioridade de Risco (NPR), indicador responsável por acusar os modos de falha que levam a um maior risco ao cliente.

Em relação as variáveis da FMEA, Kardec e Nascif (2019), as classificam em três: frequência: pode ser definida como a probabilidade que uma causa encontrada, responsável pelo modo de falha venha a ocorrer. Está dentro da escala de 1 a 10; gravidade: é dependente da gravidade em que o modo de falha venha a ocorrer, podendo causar a perda da função, situação críticas de segurança, alteração no meio ambiente etc. Está dentro da escala de 1 a 10; detectabilidade: é a capacidade que os métodos possuem em detectar o potencial modo de falha antes que o projeto seja liberado para produção. Está dentro da escala de 1 a 10.

Após finalizar o FMEA, é preciso iniciar a elaboração dos planos de manutenção que serão executados em intervalos predeterminados. De acordo com Xenos (2014), esses planos consistem em um conjunto de ações preventivas e de datas para a sua execução. O Autor também afirma que o ciclo dessa ferramenta pode ser gerenciado pelo PDCA, com o objetivo de aperfeiçoá-lo constantemente, visando a diminuição de falhar e a plena execução do regime de operação dos equipamentos.

Para que a documentação das atividades de manutenção periódicas seja feita de maneira eficaz, Fogliatto e Ribeiro (2011) afirmam que é necessário documentá-las em procedimentos, incluindo: sistema, máquina, conjunto, equipamento, componente, descrição detalhada da atividade, periodicidade, tempo estimado e responsável. Todos esses itens são fatores cruciais para buscar uma manutenção de alta confiabilidade, uma vez que essas informações estão submetidas constantemente a mudanças, pois fazem parte do ciclo de melhoria contínua da tarefa.

A figura 6 mostra uma recomendação para cada tipo de manutenção que deve ser adotada baseada no RPN e criticidade de cada ativo. Por meio dessa matriz é possível determinar a frequência correta de cada atividade que compõem os planos de manutenção.



Figura 6 – Definição da Estratégia de Manutenção de acordo com a Criticidade do Ativo x RPN
 Fonte: Teles (2019)

5. METODOLOGIA

Do ponto de vista de sua natureza, o presente trabalho constitui-se de uma pesquisa aplicada, que de acordo com Prodanov e Freitas (2013) objetiva gerar novos conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo a sua utilidade econômica e social. Gil (2017) ainda reforça que a pesquisa aplicada é dependente das descobertas que o objeto de estudo proporciona ao longo da sua exploração, o que ressalta como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas do conhecimento.

Quanto a classificação dos objetivos, a pesquisa possui um caráter exploratório. Prodanov e Freitas (2013) caracterizam o fenômeno como uma análise que tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto em questão, facilitando a escolha do tema, criando hipóteses e descobrindo um novo tipo de destaque para o conteúdo. De acordo com esses autores, o planejamento dessa pesquisa é baseado em levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiência com o problema a ser investigado e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Quanto aos procedimentos técnicos, ou seja, a maneira pela qual obtemos os dados necessários para a elaboração da pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013), o trabalho em discussão está inserido na categoria de estudo de caso, pois envolve um estudo exaustivo da ferramenta RCM, permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2017).

Este trabalho está relacionado com a aplicação de uma ferramenta de manutenção chamada RCM na máquina Enchedora, responsável por envasar latas em uma cervejaria no Maranhão. Essa política de manutenção foi recém implantada na companhia, com o

objetivo de que aumentar a eficiência global dos seus ativos da linha na busca por impulsionar e sustentar as melhorias de performance e promover as melhores práticas. A companhia acredita que a manutenção efetiva dos equipamentos pode reduzir significativamente o custo operacional e melhorar a produtividade das plantas.

6. ESTUDO DE CASO

A companhia nasceu em 1999, resultada de união entre duas cervejarias centenárias. Na época, o mercado era liderado por esses dois grandes grupos que detinham as maiores fatias de consumidores. Ao iniciarem suas atividades em conjunto, tornaram-se a terceira maior indústria cervejeira e a quinta maior produtora de bebidas do mundo. Em 2004, houve um novo processo de fusão, dessa vez com uma empresa belga. No ano de 2008, a companhia deu um salto na busca pela liderança mundial do setor de bebidas, adquirindo uma empresa gigante norte-americana.

Nos últimos anos, a empresa vem investindo grande parte de seus recursos em tecnologia, pesquisas e inovações, qualificação e valorização de seus profissionais, ampliação e construção de novas fábricas, modernização e aquisição de equipamentos. Tudo isso para gerar vantagens competitivas no mercado assim como agregar maior valor a seus produtos, estando alinhada aos novos conceitos da indústria 4.0.

A indústria localizada em São Luís é apenas uma das várias unidades. No Brasil, são 30 fábricas no total. A cervejaria maranhense, foi inaugurada nos anos 80, e depois participou do processo de fusão mencionado anteriormente. Atualmente conta com 405 funcionários próprios e aproximadamente 600 contratados. No Maranhão, as marcas detêm maioria da preferência do mercado consumidor, chegando a lançar a sua própria cerveja regional no mercado, o que causou uma forte adesão da população maranhense.

A área de packaging é responsável por envasar o líquido da cerveja em suas embalagens, que na cervejaria em estudo, variam entre garrafas de vidro de 1 l e 600 ml, lata de 350 ml e 269 ml e barril de 30 e 50 l de chopp. Nessa etapa do processo, há uma atenção redobrada quanto aos padrões técnicos de qualidade e segurança alimentar, para que os consumidores não tenham mudanças em relação ao seu sensorial e nem que a sua saúde seja afetada. Vale destacar também que nessa fase há o processo de pasteurização responsável por garantir a vida útil da cerveja, tendo como validade 180 dias de duração.

A linha de envase de latas é constituída por sete máquinas, são elas:

- a) Despaletizadora: recebe os pallets de latas vazias, as quais podem ser embalagens de 269 ml ou 350 ml, que são enviadas por meio do transporte aéreo até a enchedora;
- b) Enchedora/Recravadora: duas principais máquinas da linha, possuem a grande responsabilidade de envasar o líquido da cerveja e recravar a tampa na lata, oriundo do processo, nas embalagens conforme programação da modulação fabril. Elas operam sincronizadas para que consigam atingir os parâmetros técnicos de controle, mantendo assim os índices de qualidade, garantido ao consumidor a

bebida perfeita dentro de uma embalagem;

- c) Pasteurizador: máquina dentro da linha que possui a função de estender a vida útil da cerveja. É o processo pelo qual se inativa os microrganismos que vivem na bebida, por meio da energia calórica conduzida pelos jatos de água ao longo do túnel da máquina. A temperatura é aumentada em etapas para não quebrar as latas com o choque térmico. Os microrganismos ficam inativos ao atingir-se os 60°C. Esse processo garante a qualidade da cerveja pelo período previsto de 6 meses, mantendo assim as características organolépticas.
- d) Empacotadora: embala as latas em filme Shrink numa série de 15 latas em cada pacote para o modelo 269 ml e 12 latas para o modelo 350 ml. As latas são dispostas em três fileiras horizontais. Nesse processo, há um importante índice de controle que é a integridade física do pacote, sua relevância está relacionada a qualidade das latas em não estarem amassadas ou projetadas para que não afetem a operação de paletização;
- e) Paletizadora: equipamento responsável por formar as camadas de fardos da lata, composto por treza andares, ela distribui os pacotes no pallet de uma maneira em que o lote fique resistente e fixo, sem oferecer o risco de queda;
- f) Envolvedora: utilizando o filme Stretch, a máquina envolve o pallet de fardos de lata com um plástico altamente resistente. É importante garantir um certo número de voltas do filme, pois é um importante item no índice de controle.

Todas essas máquinas operam em conjunto atendendo as condições do V-Graph (Gráfico V), que indica como ajustar a velocidade dos equipamentos para que a linha funcione o mais eficiente possível.

O presente trabalho tem como objetivo analisar o cenário do rendimento próprio da máquina durante os meses de setembro, outubro e novembro. Quando a pesquisa foi iniciada, o seu rendimento próprio estava com 94,8%, tendo o objetivo de alcançar 99,0% desse indicador.

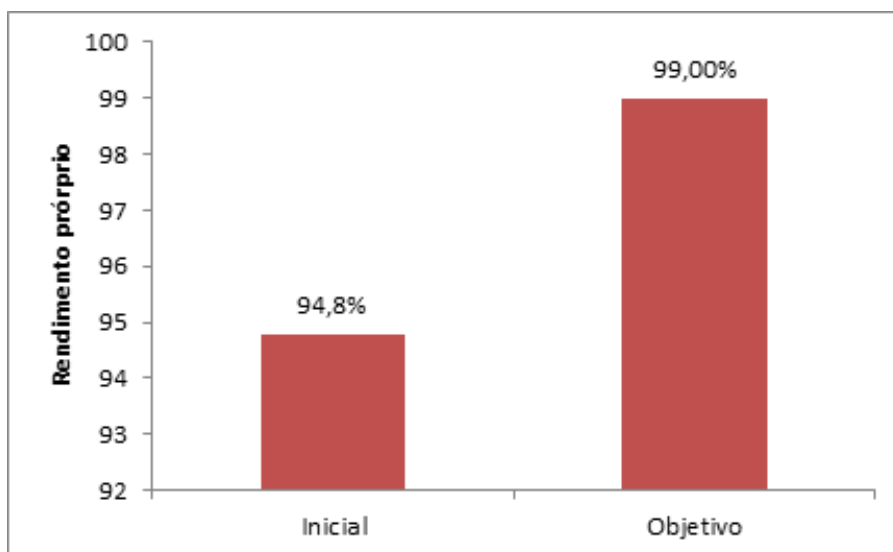


Gráfico 1 – Cenário inicial x Objetivo do rendimento próprio
 Fonte: o Autor (2021)

Após estabelecer o objetivo do indicador para ser alcançado, foi criada uma equipe multidisciplinar técnica com foco em implantar o RCM na máquina e padronizar as melhores práticas, no intuito de determinar os melhores planos de manutenção e reduzir ao máximo o desgaste forçado de seus equipamentos. Para isso, a equipe se baseou nos cinco passos que são detalhados por Teles (2019).

Para implantação da estratégia de manutenção, foi definido um cronograma que contemplasse o período de cada etapa das atividades do projeto conforme o quadro 1.

Atividades	Junho				Julho				Agosto				Setembro				Outubro				Novembro			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Planejamento do contexto operacional dos sistemas selecionados																								
FMEA																								
Atividades de Manutenção																								
Revisão e criação dos planos de manutenção																								
Coleta dos dados operacionais																								

Quadro 1 – Cronograma das etapas de implantação do RCM na máquina
 Fonte: o Autor (2021)

Iniciada a primeira etapa do projeto que busca escolher quais sistemas farão parte do RCM, de acordo com os critérios de seleção e informação contidos na figura 7.

Figura 7 – Função da máquina

FUNÇÃO / CONTEXTO OPERACIONAL

A enchedora SARCOMI NEWCANFILL SASIB matricula 2559/96 foi fabricada em 1996 pela empresa Sidel em Parma (ITA).

O equipamento está instalado em um ambiente sem grandes influências das condições externas de temperatura, porém com alto índice de resíduos de cerveja em suas estruturas devido ao processo de enchimento das latas.

O equipamento pode operar em cinco modos de velocidades, onde sua produção total é de 40.000 latas/hora, em regime de operação de 24h por dia, com pausa diária para assepsia externa por 1h, CIP (4h) a cada 7 dias e 8h para manutenção a cada 15 dias.

Entre essas paradas de assepsia, CIP e PCM ocorrem os SETUP's para troca de embalagens que podem ser 350 ml ou 269 ml.

O sistema de enchimento deve seguir os padrões de PTP, tendo um índice de CO2 de 1,5kg/hl e uma temperatura de envase de no máximo 3 °C

Fonte: Arquivo da Cervejaria (2021)

Após a definição da função do ativo e dos padrões de desempenho da máquina, e equipe preocupou-se em retratar o conjunto de sistemas que estão no ativo por meio do diagrama de blocos funcionais.

Dentro do diagrama de blocos funcionais da máquina, cada sistema possui sua deter-

minada função, são elas:

- a) Entrada de latas: Transportar latas vazias para dentro da máquina, através de duas entradas guiando as mesmas para o interior da cúpula;
- b) Sistema de enchimento: Envasar a cerveja nas latas, através de um conjunto de bomba e válvulas que controlam o volume, a pressão e temperatura do produto;
- c) Sistema de acionamento: Acionar a máquina por meio dos transportes e caracóis, através de engrenagens, correias, correntes e caixas de transmissão;
- d) Sistema pneumático: Fornecer ar comprimido para demais sistemas da enchedora, em uma pressão de 5 bar, regulando a pressão de trabalho fornecida pela rede de ar comprimido;
- e) Sistema de lubrificação graxa: Fornecer lubrificação (graxa) para demais sistemas da enchedora;
- f) Sistema de segurança: Proteger a segurança do operador e dos técnicos ao acesso interna da máquina com ela em funcionamento, garantindo a sua plena integridade física;
- g) Sistema de lubrificação sabão: Fornecer lubrificação (sabão) para o sistema de enchimento da enchedora, diminuindo o atrito da base da lata com a esteira do transporte.

A segunda fase de implantação do RCM na máquina, consistiu na elaboração do FMEA, onde por meio de uma planilha padronizada foi possível quantificar os dados qualitativos do campo baseados no conhecimento tácito dos técnicos e operação. Por meio desse método, a equipe multidisciplinar determinou os modos de falha, a análise de risco (envolvendo severidade, ocorrência e detecção) e o cálculo do RPN.

É importante salientar que nessa etapa, segundo Teles (2019), é possível desenvolver um sistema de tolerância às falhas, para que elas sejam identificadas e corrigidas antes de acontecerem, e afetarem o desempenho do ativo.

Para critério de elaboração do FMEA da máquina, e equipe se baseou nos padrões mencionados pela norma IEC 60812 (2018), foram eles:

- a) Subsistema: Conjunto que será analisado;
- b) Função do subsistema: Expressa a finalidade para qual o subsistema está programado para exercer dentro do ativo, satisfazendo as suas condições;
- c) Componente: Peça que será analisada;
- d) Quantidade do item: Quantidade física do componente em análise;



- e) Função do componente: Descrição simplificada do processo ou operação em análise, detalhando o seu propósito no sistema;
- f) Falha funcional do componente: É a negação da função para qual esse componente foi projetado, podendo assim comprometer parcialmente ou totalmente o desempenho do ativo;
- g) Tipo de deterioração: Se é forçada ou natural;
- h) Modo de falha de deterioração natural: Característica da anomalia oriunda da falha, exemplos: desgaste, alta temperatura, mau contato etc.
- i) Efeito e consequência da falha: Impacto drástico que essa ação poderá causar na cadeia de operação do ativo, podendo causar a sua parada total.

No quadro 2, é possível analisar um exemplo de como foi preenchido as informações do documento da máquina em estudo baseado nos critérios do FMEA

SUBSISTEMA (BLOCO)	FUNÇÃO DO SUBSISTEMA (BLOCO)	COMPONENTE / SUBCONJUNTO	QUANTIDADE DO ITEM	FUNÇÃO DO COMPONENTE (Verbo+Objeto+Parâmetro de desempenho)	FALHA FUNCIONAL DO COMPONENTE (NEGAÇÃO DA FUNÇÃO)	TIPO DE DETERIORAÇÃO (Natural ou Forçada)	MODO DE FALHA DE DETERIORAÇÃO NATURAL	EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA
Entrada de latas	Transportar latas vazias para dentro da máquina, através de duas entradas guiando as mesmas para o interior da cúpula.	Esteira	1	Transportar latas vazias até a estrela de entrada.	Não transportar latas vazias até a estrela de entrada.	Natural	Desgaste	Não fornecimento de latas para a enchedora, parada do equipamento

Quadro 2 – Documento do FMEA da enchedora
 Fonte: Arquivo da Cervejaria (2021)

Ao todo foram investigados 85 componentes da máquina de acordo com os critérios que a ferramenta adota, os quais tiveram o seu cálculo de RPN definido. O gráfico 2 representa a classificação de cada item baseado na sua pontuação atingida.

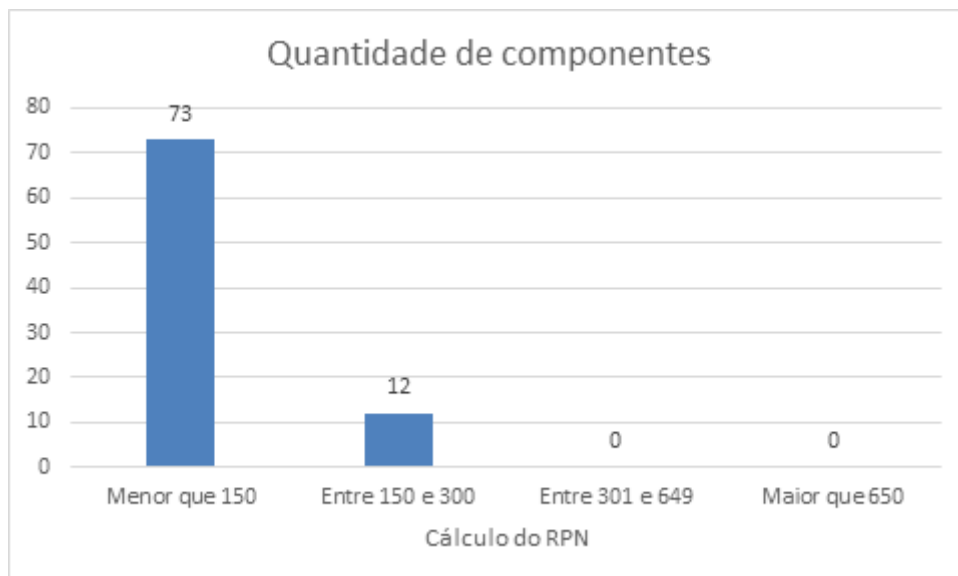


Gráfico 2 – Relação do RPN dos componentes
 Fonte: o Autor (2021)

Após a classificação do RPN dos componentes, a equipe decidiu reunir as ações que saíram do FMEA para serem executadas, contemplando todas as atividades que têm por finalidade prevenir as falhas potenciais. Dentro dessa tarefa, foi muito importante se atentar aos gatilhos que foram definidos de acordo com a possível ocorrência das falhas, pois eles compõem o plano de manutenção. Segundo Teles (2019), os gatilhos são baseados em atividades de manutenção que são definidas de acordo com o intervalo de tempo, os quais estão submetidos ao ciclo operacional da máquina, o que pode ser compreendido melhor na figura 8.



Figura 8 – Gatilhos para manutenção preventiva
Fonte: Teles (2019)

Portanto, para os 73 componentes analisados que tiveram o seu valor do RPN abaixo de 150, foi adotado estratégias que contemplam as intervenções em intervalos predefinidos, onde a operação se responsabiliza por inspecionar a condição da peça para saber se será necessário substituí-la ou não.

Por fim, os 9 componentes que tiveram seu valor do RPN entre 150 e 300, foi definido que as suas atividades de manutenção seriam acompanhadas por análises preditivas e que alguns deles seriam trocados baseado no gatilho de tempo, sem analisar sua condição ou estado físico, ação que denominamos dentro da companhia como “troca mandatória”.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante três meses de execução (setembro, outubro e novembro), foi coletado o rendimento próprio da máquina semana após semana, chegando ao seguinte resultado:

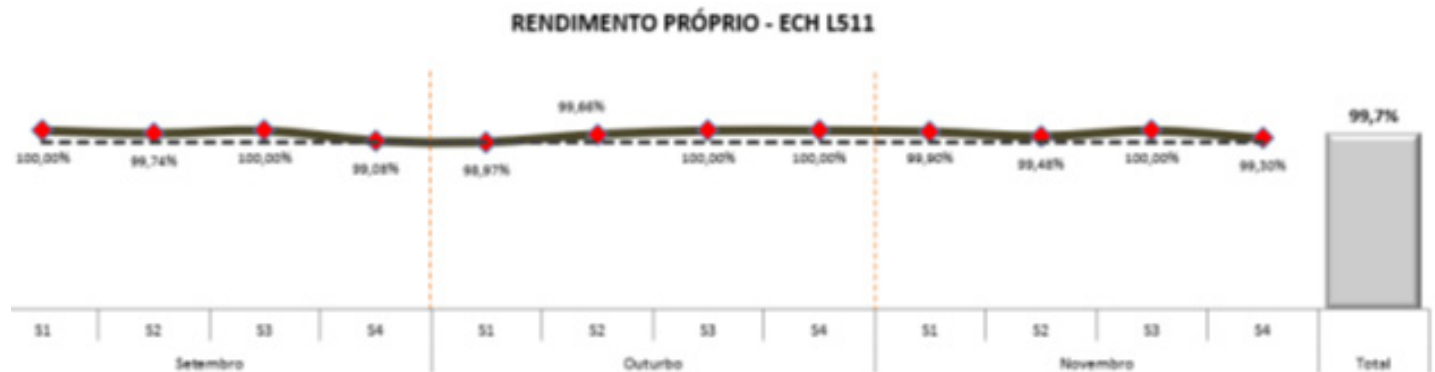


Gráfico 3 – Evolução do rendimento próprio da Enchedora
Fonte: Arquivo da Cervejaria (2021)

Após implantação do RCM, foi possível observar um aumento significativo do rendimento próprio da máquina durante os meses em que foi coletado os dados operacionais, muito dessa evolução esteve atrelada as ferramentas da estratégia de manutenção adotada, uma vez que os componentes tiveram aumento na sua confiabilidade, pois a operação aumentou a frequência de inspeção dos mesmos, evitando assim possíveis falha funcionais.

Outro ponto importante na aplicação dessa estratégia, está relacionado com a economia nos custos que foi proporcionada após a revisão dos todos os planos de manutenção da máquina, o que reduziu em 54,14% a valorização dos planos dentro do sistema. Conforme o comparativo retratado pelo gráfico 4, é possível observar os resultados obtidos que essa ferramenta gerou para a máquina.

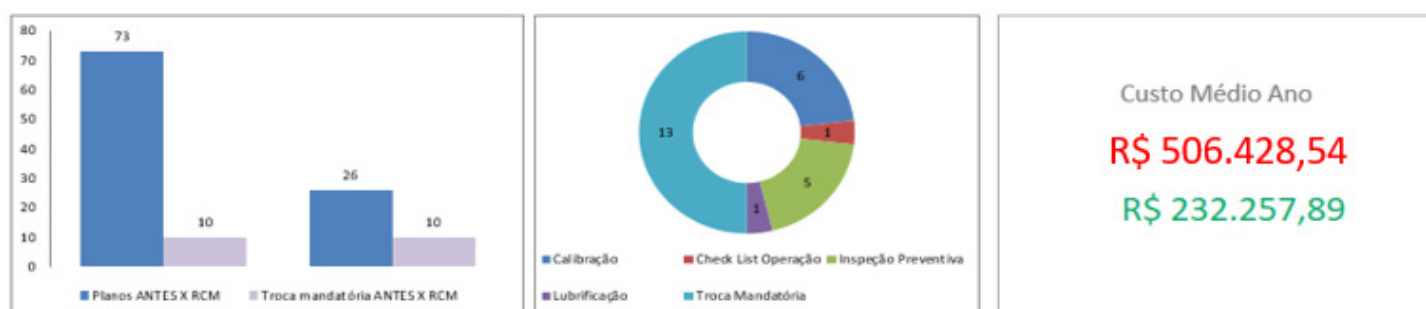


Gráfico 4 – Comparativo antes x depois da aplicação do RCM
 Fonte: Arquivo da Cervejaria (2021)

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como principal finalidade, apresentar as fases de implantação do RCM e os resultados obtidos por meio de sua aplicação na Enchedora de Latas no Packaging. Por meio das reuniões multidisciplinares, foi possível analisar os modos de falhas de cada componente do ativo, e traçar estratégias para que o efeito de falha não ocorresse de maneira inesperada.

Verificou-se que a implantação dessa ferramenta requer um alto conhecimento por parte dos participantes, pois os conceitos de manutenção que os técnicos e operação possuíam ainda estavam muito baseados na situação emergencial, o que caracteriza uma manutenção corretiva, fazendo com que a indústria gerasse lucros cessantes para consertar as falhas funcionais que não foram previstas pelo corpo técnico envolvido na gestão da manutenção do ativo.

Determinou-se que essa mesma estratégia seria aplicada para as outras máquinas da linha de produção, uma vez que ela proporcionou resultados significativos relacionados a melhorias de custos, conhecimento, segurança, saúde do ativo e sustentabilidade. Fatores que são requisitos mínimos para que indústrias se tornem cada vez mais competitivas no atual cenário da Indústria 4.0 que está andamento.

Por parte da liderança da linha de produção, foi observado que muitos dos seus técnicos e operação não detinham conhecimento dessa estratégia e careciam de informações aprofundadas sobre o tema da manutenção, o que foi sanado com treinamentos e ativi-

dades práticas para estabelecer os conceitos básicos do assunto em suas mentalidades.

Por fim, toda a Cervejaria percebeu que precisaria avançar mais quanto ao tema, tendo como saída a instalação do Comitê de Manutenção, onde uniu o time da engenharia e o time do Packaging em um só, fazendo com que os colaboradores pudessem compartilhar o seu conhecimento tácito, em busca de resultados mais sustentáveis.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- BOAVENTURA, Edivaldo M. **Metodologia da pesquisa**: monografia, dissertação e tese. São Paulo: Atlas, 2004.
- BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2006. 292p.
- DYNAMOX. **Curva P-F: Como o seu entendimento pode contribuir para a manutenção**. 2020. Disponível em: <https://dynamox.net/blog/curva-p-f-como-o-seu-entendimento-pode-contribuir-para-a-manutencao/>. Acesso em: 23 jan. 2021.
- FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2011.
- GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GUTIÉRREZ, Alberto Mora. **Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios: enfoque sistémico kantiano**. Colômbia: AMG, 2005.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60812: Analysis Techniques for System Reliability**. Genebra, 2018.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. rev. e. ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.
- MARTINS, Claudinei Portella. **Aplicação da ferramenta FMEA no desenvolvimento do processo e cadastro de um produto rodoviário**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2012.
- MOUBRAY, John. **Manutenção centrada em confiabilidade (Reliability Centered Maintenance – RCM)**. Trad. Kleber Siqueira. São Paulo: Aladon Ltda, 2000, 426p.
- PRATEEK, R. Gupta. Ordinal Logistic Regression Model of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) in Direct Compressible Buccal Tablet. **International Journal of Pharma Research & Review**, v. 2, n. 6, p. 9-17, jun. 2013.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. 2. ed. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability Centered Maintenance (RCM) Standard. **Society of Automotive Engineers**, 2002.
- SANTOS, Virgílio. **Manutenção corretiva: o que é e como aplicar?** 2018. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/manuteno-corretiva-o-que-e-como-aplicar/>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na confiabilidade**: manual de Implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.



SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SOUZA, Fábio J de. **Melhoria do pilar “Manutenção Planejada” da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de manutenção**. Orientador: Fogliatto, Flavio Sanson. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRG, 2004.

TELES, Jhonata. **A bíblia do RCM**. Brasília: ENGETELES Editora, 2019.

TELES, Jhonata. **Tipos de Manutenção de acordo com a NBR 5462**. 2019. Disponível em: <https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/>. Acesso em: 18 de jan. 2021.

TGN BRASIL. **O que é MES?** 2021. Disponível em: <https://tgnbrasil.com.br/o-que-e-mes-manufacturing-execution-system/>. Acesso em: 14 mar. 2021.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora Falconi, 2014.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CAPÍTULO 14

A RELAÇÃO ENTRE O LEAN, ECONOMIA CIRCULAR E INDÚSTRIA 4.0 COMO FERRAMENTA PARA OBTENÇÃO DE VANTAGEM COMPETITIVA

THE RELATIONSHIP BETWEEN LEAN, CIRCULAR ECONOMY AND
INDUSTRY 4.0 AS A TOOL TO OBTAIN COMPETITIVE ADVANTAGE

Catarina Sabbadim Santana

Clarice de Oliveira Carvalho

Ercília de Stefano

Gabrielle da Silva Azevedo

Jéssika Coelho de Oliveira

Resumo

A indústria 4.0 tem crescido e aumentado sua popularidade ao longo dos anos, após o início da quarta revolução industrial. Além disso, existe também o crescimento da preocupação com o consumo sustentável, onde processos produtivos buscam utilizar recursos de forma eficiente e com minimização de resíduos, procurando manter uma economia sustentável a longo prazo. Dentro do pensamento sustentável, a economia circular busca melhorar o ciclo de vida do processo produtivo/produto. E tanto a indústria 4.0 quanto o Lean Manufacturing (LM) auxiliam na produtividade e flexibilidade dentro do processo produtivo. Através das Ferramentas da indústria 4.0, o presente artigo tem como objetivo explorar qual é a relação e como essas ferramentas podem auxiliar a economia circular e o LM, respondendo como as ferramentas auxiliam e como a indústria 4.0 tem se tornado cada vez mais importante dentro do contexto industrial. Além disso, busca expor aplicações onde essas ferramentas funcionam em conjunto buscando uma melhor produtividade e menor impacto ambiental.

Palavras chave: Indústria 4.0, Economia Circular, Lean Manufacturing.

Abstract

The Industry 4.0 has grown and increased in popularity over the years after the start of the fourth industrial revolution. In addition, there is also a growing concern with sustainable consumption, where production processes seek to use resources efficiently and with minimization of waste, seeking to maintain a sustainable economy in the long term. Within sustainable thinking, the circular economy seeks to improve the life cycle of the production/product process. And both industry 4.0 and Lean Manufacturing (LM) help in productivity and flexibility within the production process. Through Industry 4.0 Tools, this article aims to explore what the relationship is and how these tools can help the circular economy and LM, answering how tools help and how industry 4.0 has become increasingly important within the industrial context. In addition, it seeks to expose applications where these tools work together, seeking better productivity and less environmental impact.

Key-words: Industry 4.0, Circular Economy, Lean Manufacturing.

1. INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade as indústrias buscam inovação e modernidade diante do mundo globalizado com mudanças constantes sociais e econômicas. Nesse sentido, transformações que concedem automações através da indústria 4.0, produção enxuta/LM são importantes para se diferenciar no mercado, além de tornar a produção mais eficiente. Aliado a isso, as práticas sustentáveis também são significativas para redução de impactos ambientais e podem gerar benefícios às organizações, em que a economia circular (EC) é uma ferramenta dinâmica que atinge esse objetivo (Silva et al., 2019).

A indústria 4.0 e LM podem parecer práticas contraditórias à sustentabilidade, visto que a tecnologia em alguns casos pode contribuir para impactos ambientais. Mas, os processos de inovação buscam alinhar essas ferramentas em meio ao cenário crescente de degradação ambiental. Portanto, é importante compreender se as empresas estão preparadas para processos inovadores que conciliam o desenvolvimento sustentável.

O presente artigo tem como objetivo apresentar os conceitos da indústria 4.0, LM e a EC, e correlacionar a utilização desses fatores juntos para a verificação da sua funcionalidade. Para isso, faz-se necessário analisar a adoção de práticas reais que relacionam esses elementos, através de aplicações em empresas.

2. INDÚSTRIA 4.0

A revolução industrial se iniciou no século XVIII, e é dividida em: a 1ª revolução industrial, com a invenção da máquina de vapor; a 2ª revolução industrial, com a produção em massa; a 3ª revolução industrial, com os controladores lógicos programáveis, e por último, a 4ª revolução industrial, também chamada de indústria 4.0, onde as máquinas são autônomas e não necessitam de auxílio humano (MORAIS, 2020).

A indústria 4.0 possui como princípios a capacidade de operação em tempo real, virtualização, descentralização, orientação de serviços, interoperabilidade (BAESSO; BRUNO, 2020). Para o Conselho Nacional de Indústria - CNI (2016), a divulgação e consolidação da indústria 4.0 resultará em: redução de vantagens competitivas, maior cooperação entre os agentes econômicos, aumento da competitividade entre os sistemas de produção, desenvolvimento de novos negócios e modelos de participação no mercado, escala expandida de negócios e surgimento de novas atividades e novas profissões.

De acordo com Ikerizi et al (2020), nove avanços tecnológicos sustentam a indústria 4.0. Ao serem utilizadas na indústria 4.0, elas se “transformam em um fluxo produtivo completamente integrado e automatizado”, o que beneficia na eficiência e auxilia na interação entre homem e máquina. Os avanços são, de acordo com Baesso e Bruno (2020) e Ikerizi et al (2020):

- a) Big Data: Utilização de grande quantidade de dados que podem ser analisados;



- b) Computação em nuvem: Auxilia no compartilhamento de informação;
- c) Cibersegurança: Proteção contra ataques cibernéticos;
- d) Internet das coisas: Possui o objetivo de ampliar conexões em redes de objetos e transmitir um alto volume de dados;
- e) Manufatura aditiva: possui o objetivo de produzir produtos customizados;
- f) Realidade aumentada: Suporta grande variedade de sistemas;
- g) Robôs autônomos: Tendência de maior autonomia, maior capacidade de processamento e tomada de decisão;
- h) Simulação: Auxilia na tomada de decisão, possui capacidade de otimizar processos e consegue obter informações em tempo real;
- i) Integração de sistemas: A integração pode ser vertical, horizontal e end-to-end, ampliando os sistemas de produção.

3. LEAN MANUFACTURING

Desenvolvido por Taiichi Ohno no período pós Segunda Guerra Mundial, o LM também conhecido por Sistema Toyota de Produção, foi criado com objetivo de trazer a realidade dos processos produtivos norte-americanos à realidade produtiva do Japão (OHNO,1997). Werkema (2011) complementa ainda que a mesma tem como principal foco a produção enxuta, ou seja, a eliminação sistemática dos desperdícios, dessa forma, a intenção é entregar o produto para o cliente final na qualidade certa e momento certo conforme a demanda do mercado.

Slack (2010) acredita também que o *Lean* está relacionado à melhoria da qualidade, velocidade e redução de custos, além da produtividade e satisfação do cliente. Segundo Werkema (2012), a base do LM está em reduzir os sete tipos de desperdícios, ou sete perdas, identificados por Taiichi Ohno. Estas perdas são: perdas por superprodução, perdas por espera, perdas por transporte, perdas por processo, perdas por fabricação de produtos defeituosos, perdas por estoque, perdas no movimento.

Segundo Ohno (1997), os principais pilares do LM são a automação e o Just in time. Sendo que a base da produção enxuta é a combinação de técnicas gerenciais com as máquinas a fim de produzir mais com menos recursos. A respeito dessas técnicas, as principais são *Kaizen*, *Kanban*, *Jidoka*, *Poka-yoke*, *Six sigma*.

Portanto, uma empresa *Lean* é aquela que considera desperdício de recursos qualquer objetivo que não a criação de valor para o cliente final, o que torna, assim, um alvo para eliminação. E para isso, a empresa não deve apenas utilizar os princípios *Lean* descritos acima, mas também integrar ferramentas que auxiliem na melhoria da qualidade e

na identificação e eliminação de resíduos (Bicheno e Holweg, 2008).

4. ECONOMIA CIRCULAR

A Economia Circular (EC) se tornou indispensável na redução, reutilização, restauração e regeneração de materiais e energia em circuitos fechados. Suas origens são diversas, e cada área atribui a origem a um pesquisador em específico, mas tem-se, segundo a Fundação Ellen MacArthur (EMF), que o tema surgiu em meados do século XIX com a chegada da Revolução Industrial. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2018), o conceito ganhou mais repercussão no mundo dos negócios no ano de 2014, quando o relatório *"Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains"* foi lançado no Fórum Econômico Mundial em colaboração com a EMF.

Entende-se que a EC, segundo a EMF (2019), é uma abordagem sistêmica com o intuito de beneficiar os negócios, a sociedade e o meio ambiente. Desassociar o crescimento econômico do consumo de recursos finitos e criar capital econômico, natural e social é um dos objetivos desse conceito. Além disso, segundo EMF (2019), a EC proporciona oportunidades de mais inovação e criação de valor, tendo 3 princípios como base:

1. Preservar e aumentar o capital natural controlando a utilização de recursos finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis;
2. Otimizar os rendimentos dos recursos naturais promovendo a circulação de produtos, componentes e materiais sempre em seu nível máximo de utilidade em seus ciclos técnicos e biológicos;
3. Melhorar a efetividade do sistema através da identificação e entendimento das externalidades negativas.

5. RELAÇÃO DE INDÚSTRIA 4.0 E ECONOMIA CIRCULAR

Para Chauhan, Sharma e Singh (2019), as tecnologias da indústria 4.0 podem integrar os modelos da EC, pois podem auxiliar na redução de resíduos durante os estágios do ciclo de vida do produto/consumo, e possibilitam implementar práticas mais sustentáveis, podendo reduzir emissão de poluentes, aumentar processos com produção mais limpa, reciclagem e reuso.

A metodologia Resolve aborda práticas que aceleram o desempenho do aproveitamento de ativos físicos. A metodologia é apresentada na Figura XX, baseada na Ellen MacArthur Foundation (2015):



Regenerate	Transição para materiais e energia renovável
	Recuperação, retenção e restauração da saúde de ecossistemas
	Recuperação de recursos biológicos para a biosfera
Share	Compartilhamento de ativos e serviços
	Reutilização / Materiais de “segunda-mão”
	Prolongamento do ciclo de vida de produtos através da manutenção, design para durabilidade, atualização, etc.
Optimize	Melhoria do desempenho / eficiência de produtos
	Remoção de resíduos na cadeia de produção e suprimentos
	Utilização de tecnologias como Big Data, automação, sensoriamento remoto
Loop	Remanufatura de produtos e componentes
	Reciclagem
	Digestão anaeróbica
	Extração produtos bioquímicos de resíduos orgânicos
Virtualise	Desmaterialização direta
	Desmaterialização indireta
Exchange	Substituição de materiais não renováveis antigos por materiais mais avançados
	Aplicação de novas tecnologias
	Escolha por produtos e serviços novos

Figura 1 – Metodologia RESOLVE
Fonte: Adaptado de Dantas et al. (2018)

A seguir, se encontram as tecnologias da indústria 4.0 e como se enquadram na metodologia RESOLVE, de acordo com Dantas et al (2018):

- a) Fábrica Inteligente: em *Optimize*, por auxiliar na maximização do desempenho através de processos automatizados, e em *Virtualise*, por desmaterializar o processo usando compartilhamento em nuvem;
- b) CPS: em *Optimize*, por auxiliar em uma melhora do desempenho, automação, direção remota e contribui para otimizar a produção, e em *Share*, por permitir compartilhar ativos e serviços;
- c) Internet das coisas: em *Virtualise*, por auxiliar no aumento da eficiência, diminui o consumo de energia e auxilia na automação. Dentro da Internet dos Serviços, ela auxilia na melhoria de desempenho do produto e serviço, se enquadrando em *Optimize*;
- d) *Big Data* e *Cloud Computing*: em *Optimize* e *Virtualise* por permitirem um melhor desempenho das linhas de produção, e ter também a digitalização do armazenamento de dados;
- e) *Cybersecurity*: auxilia em uma maior eficiência nos sistemas de segurança, se enquadrando em *Optimize*;
- f) Impressão 3D: em *Exchange*, por possibilitar minimizar resíduos, e possibilita a customização em massa;
- g) Robótico: em *Optimize*, por ser capaz de otimizar o sistema de produção/produto, e em *Exchange*, ao utilizar novas tecnologias;
- h) *Connected Lifecycle Innovation*: permite prolongar o ciclo de vida do produto, se

enquadrando em *Share*, e em *Loop* por permitir reutilizar e reciclar produtos.

Com essas ferramentas, pode-se notar que as áreas de indústria 4.0 e EC, uma auxiliando a outra, diminuindo impactos ambientais e criação de valor através da tecnologia, onde as técnicas da indústria 4.0 podem resgatar informações sobre materiais utilizados, e acompanhar o ciclo de vida e auxiliar no fechamento de ciclos produtivos (DANTAS et al, 2018).

6. RELAÇÃO DE *LEAN MANUFACTURING* E ECONOMIA CIRCULAR

O LM possui foco na maximização de valor entregue ao cliente, e nem sempre a sustentabilidade faz parte desses valores. A relação entre esses dois conceitos é feita de forma indireta e apesar de terem diferentes abordagens quando se fala dos seus principais pontos em comum, podemos citar a criação de valor ao cliente e a corrida pela eliminação dos desperdícios.

Dessa forma, no LM desperdícios são atividades que não geram valor agregado ao produto enquanto na EC, é um recurso que foi alocado erroneamente, ele pode ser reduzido com sua reutilização, tornando-se insumo para outra operação. O outro ponto em comum dos dois conceitos é a valor entregue ao cliente, no *lean* esse conceito de valor é percebido pelo cliente e com isso, as expectativas do mesmo a respeito do que foi entregue é atendida, já na EC esse valor entregue ao cliente é enfatizado no loop do fluxo de material durante a toda a cadeia, em que o cliente recebe o que deseja mais esse produto volta à empresa para ser reutilizado.

O *Lean* pode servir como base para a implantação de práticas da EC a fim de tornar a manufatura mais sustentável, sendo assim, é possível entregar valor ao cliente de uma forma sustentável, e prezando a eliminação dos desperdícios uma vez que empregando a EC em um sistema *lean* é possível atingir a otimização e eliminação dos desperdícios de uma forma plena.

Com o procedimento de logística reversa, é necessário o redesenho da cadeia produtiva, dessa forma, aí encontra-se uma diferença das duas práticas, a EC não tem um foco único em uma cadeia produtiva como acontece na LM, uma vez que o produto final após ser descartado, ele volta como insumo para a produção de outros materiais.

7. RELAÇÃO ENTRE INDÚSTRIA 4.0, *LEAN MANUFACTURING* E ECONOMIA CIRCULAR

Para Chen (2010, apud Franco e Oian, 2019) o sistema *Lean* de produção visa a melhoria contínua, utilizando o monitoramento e previsão de expectativas de mercado, avaliando as principais competências como forma de garantir competitividade por meio de inovações contínuas.

Dessa forma, as inovações tecnológicas e a melhoria contínua se relacionam de forma a buscar um bom desempenho. A prática crescente de novas tecnologias é adotada para estabelecer vantagens competitivas no mercado, essa tecnologia é efetuada pelas



diversas ferramentas da indústria 4.0.

Além disso, a indústria 4.0 aumenta a eficiência do *Lean* devido ao fato de todos os problemas relacionados à execução do sistema *Lean* de produção serem solucionados com tecnologias associadas à indústria 4.0. Com isso, Sanders (2016, apud Franco e Oian, 2019) apresenta um resumo dessa interação:

Pull production	Rastreio impróprio da quantidade do material fornecido	Monitoramento de reabastecimento de material
	Mudanças no agendamento da produção	Acompanhamento da agenda e atualizações do <i>kanban</i>
Continuous flow	Erros na contagem do estoque	Acompanhamento em tempo real do estoque
	Escassez na capacidade	Subcontratação
	Sistema de controle centralizado	Tomadas de decisões descentralizadas
Redução do Setup-time	Adaptação do processo baseado em experiência humana	<i>Self-optimisation</i> e <i>machine learning</i>
		Comunicação produto-máquina
Manutenção Total Produtiva/ Preventiva	Nenhum controle sobre quebra de máquina	Comunicação homem-máquina
	Tempo de resolução de problemas desconhecido	Avaliação <i>Self-maintenance</i> Sistema de controle de manutenção preditiva
Statistical process control	Desconhecimento técnico dos operadores	Comunicação produto-máquina
	Incapacidade de acompanhar variações do processo	Melhoria na interface homem-máquina Acompanhamento do processo, integração e gestão
Envolvimento do empregado	Mecanismos impróprios de <i>feedback</i>	Dispositivos de <i>feedback</i> inteligente
	Práticas de avaliação de performance	Sistemas de suporte ao trabalhador
	Monotonia no trabalho	Interface homem-máquina aperfeiçoada
Pull production	Rastreio impróprio da quantidade do material fornecido	Monitoramento de reabastecimento de material
	Mudanças no agendamento da produção	Acompanhamento da agenda e atualizações do <i>kanban</i>
Continuous flow	Erros na contagem do estoque	Acompanhamento em tempo real do estoque
	Escassez na capacidade	Subcontratação
	Sistema de controle centralizado	Tomadas de decisões descentralizadas
Redução do Setup-time	Adaptação do processo baseado em experiência humana	<i>Self-optimisation</i> e <i>machine learning</i>
		Comunicação produto-máquina
Manutenção Total Produtiva/ Preventiva	Nenhum controle sobre quebra de máquina	Comunicação homem-máquina
	Tempo de resolução de problemas desconhecido	Avaliação <i>Self-maintenance</i> Sistema de controle de manutenção preditiva
Statistical process control	Desconhecimento técnico dos operadores	Comunicação produto-máquina
	Incapacidade de acompanhar variações do processo	Melhoria na interface homem-máquina Acompanhamento do processo, integração e gestão
Envolvimento do empregado	Mecanismos impróprios de <i>feedback</i>	Dispositivos de <i>feedback</i> inteligente
	Práticas de avaliação de performance	Sistemas de suporte ao trabalhador
	Monotonia no trabalho	Interface homem-máquina aperfeiçoada

Figura 2 – Correlação entre os desafios de implementação do sistema Lean (LSP) de produção e as tecnologias da Indústria 4.0 (I.4.0)

Fonte: Sanders et al. (2016, apud FRANCO e OIAN, 2019)

A partir da visualização da interação do LM e indústria 4.0 é possível relacionar as práticas de produção sustentável através da EC. Através da produção enxuta e indústria 4.0, as organizações buscam a modernização por meio de processos de inovação e de sustentabilidade, na qual a conexão com os clientes e a EC estão sendo importantes (Silva et al., 2019).

Existem diversas tecnologias da indústria 4.0 que se aplicam a EC, como já citadas, aliado a isso, a filosofia *Lean* com seus princípios (especificação do valor, identificação da cadeia de valor, fluxo de valor, produção puxada e busca da perfeição) colaboram para que a interação dos três fatores funcione com fluidez e eficiência.

O LM colabora com a EC com o envolvimento dos funcionários (com mecanismo de mentalidade *Lean* de incentivo da eficiência ambiental) e círculo *Kaizen* (Proporcionando treinamentos objetivando mudanças de atitudes voltado à redução do consumo de insumos, reuso de recursos e à reciclagem de materiais). Além disso, esses fatores descritos em consonância com a Internet das coisas, da indústria 4.0, podem auxiliar ainda mais com a diminuição do consumo de energia. Além disso, a ferramenta *Poka-yoke* junto a Internet das coisas podem ser capazes de reduzir o número de itens defeituosos, gerando economia material e energética.

Os 5 S's, do LM, promovem a limpeza e organização do ambiente de forma a reduzir o consumo de insumos e a descartar os resíduos adequadamente, colaborando a EC.

8. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES EM EMPRESAS

Os consumidores cada vez mais exigentes, têm influenciado fortemente na adoção de novas metodologias, e algumas empresas já têm se adequado a estas metodologias e estão em fase de aperfeiçoamento das melhorias já implementadas. A demanda por produtos de empresas ambientalmente corretas e que tenham tecnologias mais avançadas está crescendo a cada dia.

Além disso, as necessidades das empresas de terem uma estrutura interna bem fundamentada, com minimização de desperdícios e aumento do lucro têm sido sanadas através da adoção dessas novas metodologias. Nos tópicos abaixo, tem-se alguns exemplos de como as grandes empresas têm utilizado essas metodologias.

8.1. Coca-Cola

Segundo o portal da Coca-Cola de Portugal, a Coca-Cola na Ibéria está na vanguarda das demais filiais, no quesito sustentabilidade, visto que conseguiram fazer com que 99,6% das embalagens produzidas por eles sejam recicláveis. A empresa conta com estratégias de conscientização sobre a importância da utilização da EC, através de palestras e workshops. Além disso, a Coca-Cola promove projetos internos para a utilização da EC como a utilização de embalagens retornáveis, reciclagem de latas e a utilização de resina



reciclada para fabricação de garrafas plásticas.

A filial da Coca-Cola no Rio de Janeiro é considerada a mais moderna fábrica da América Latina. Esta é formatada utilizando 100% dos processos e equipamentos automatizados, com base nos conceitos da indústria 4.0. Além disso, ela conta com monitoramento online dos dados operacionais, plataformas de Internet das Coisas (IoT), realidade aumentada, soluções de Inteligência Artificial e Big Data.

Após a implementação desse novo processo produtivo a empresa economizou 20% em energia e 30% em água na comparação com a média do sistema da Coca-Cola no Brasil.

A Coca-Cola é uma das empresas conhecidas como líderes em metodologias ágeis. A empresa conta com equipes internas de 6-sigma e utiliza indicadores da metodologia para melhorar seus produtos e observar se estes estão atingindo o padrão de qualidade estipulado pela organização, como o DMAIC (*Define Measure Analyze Improve Control*) ou DMADV (*Define Measure Analyze Design Verify*).

Além disso, a empresa conta com a utilização do A3, uma ferramenta do Lean para ajudar na estruturação do raciocínio e montar uma história do início ao fim, e foi assim que a Coca-Cola decidiu começar a usar OKR (*Objective and Key Result*), para facilitar a compreensão da jornada de trabalho e dos objetivos traçados.

8.2. Apple

A Apple é conhecida como uma das maiores empresas de tecnologia do mundo que já agia com base na EC, mesmo antes do tema ganhar vida. Em 2017 a empresa tornou público o interesse em usar apenas materiais renováveis e reciclados.

Com isso, a empresa criou o programa *Apple Renew* que oferece créditos aos que clientes que trazem seus aparelhos antigos, para que possam comprar aparelhos novos a um preço mais barato. E com avanços como a Daisy e Dave, os robôs da Apple que realizam a operação de desmontagem dos equipamentos que não são mais utilizados pelos clientes, a empresa tem conseguido melhorar a qualidade do processo de reciclagem tradicional.

Além disso, a Apple junto com a General Eletric criaram aplicativos para iPhone e iPad para gerenciamento da plataforma industrial da GE utilizando a Internet das Coisas (IoT), no ano de 2017. A Apple também fez parcerias com outras empresas para a implementação de tecnologias 4.0, como a Cisco, IBM, SAP, Accenture, Deloitte, Salesforce, entre outras.

A Apple é uma empresa que se preocupa com a otimização de processos complexos, ou com as organizações, desenvolvendo, melhorando e implementando sistemas integrados de pessoas, dinheiro, conhecimento, informações, equipamentos, energia e materiais. A empresa utiliza os 6 Princípios Orientadores do Desenvolvimento Enxuto de

Produtos e Processos, para desenvolver novos produtos e processos integrando-os ao seu conhecimento de design.

9. CONCLUSÃO

Este estudo, fundamentado por uma revisão bibliográfica, visou encontrar e prever pontos de sinergia entre os conceitos do LM, EC e indústria 4.0, além de demonstrar suas aplicações mútuas. Nota-se que o caminho para a transição entre o modelo econômico linear atual e uma realidade de mercado e sociedade baseada na máxima valorização do capital natural, como abordado pela EC, é baseado na inovação tecnológica, proporcionando assim tanto maior eficiência em processos produtivos, quanto benefícios ambientais.

Após essa análise, observa-se que o fenômeno chamado Indústria 4.0 é composto por uma engrenagem estabelecida pelos os três conceitos aplicados neste trabalho. Dessa forma, através da aplicação da EC é possível obter um reaproveitamento de grande parte dos resíduos gerados em ocorrência do processo de produção, fazendo com que gere maior lucratividade e automaticamente menor custo, tal fator está diretamente ligado com a sustentabilidade, pois ao evitar que novos insumos sejam necessários para uma nova produção e transformando resíduos em matéria prima, claramente observamos um processo produtivo sustentável circular.

A aplicação dos três conceitos concomitantemente com toda a cadeia de suprimentos, não reduz somente os custos e aumenta a lucratividade, como também diminui amplamente os impactos ambientais e possibilita maior otimização de tempo, tais características são fortemente observadas através do conceito *Lean* reduzindo os desperdícios de todo processo produtivo. Os três conceitos aplicados e geridos com conhecimento técnico fazem com que os gestores das organizações possam tomar decisões em tempo real e da melhor forma possível, se tornando dessa forma uma empresa com tecnologias 4.0.

Referências

APPLE. **Como a Apple está ajudando a acelerar a economia circular?**. Disponível em: <<https://www.apple.com/br/environment/answers/>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

BAESSO, Gabriel; BRUNO, Danver Messias. **Indústria 4.0 e seu papel na Engenharia de Produção**. 2020. Disponível em: <https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09262020_060906_5f6f1036e2cc6.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2020.

Chauhan, C., Sharma, A., & Singh, A. (2019). A SAP-LAP linkages framework for integrating Industry 4.0 and circular economy. **Benchmarking: An International Journal**, ahead-of-print(ahead-of-print). Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2018-031>>. Acesso em: 2 mar. 2021.

CI&T. **Lean e Digital**: o sucesso da transformação digital da Coca-Cola. Disponível em: <<https://ciandt.com/br/pt-br/article/lean-e-digital-o-sucesso-da-transformacao-digital-da-coca-cola>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

CNI – Portal da Indústria. **Economia circular**: oportunidades e desafios para a indústria brasileira. Brasília: CNI, 2018.



- CNI – Portal da Indústria (2019). **O que é economia circular?**. Disponível em: <<https://noticias.portal-daindustria.com.br/noticias/sustentabilidade/o-que-e-economia-circular/>>. Acesso em: 04 Mar. 2021.
- COCA-COLA. **A Aposta da Coca-Cola na Economia Circular**. Disponível em: <<https://www.cocacolaportugal.pt/sustentabilidade/medio-ambiente/coca-cola-aposta-economia-circular>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- COCA-COLA. **Embalagens**: como repensá-las sob a perspectiva da economia circular?. Disponível em: <<https://www.cocacolabrasil.com.br/historias/embalagens-como-repensa-las-sob-a-perspectiva-da-economia-circular>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- COCA-COLA. **Da lata à lata**: acompanhe todo o processo de reciclagem da embalagem de bebidas, um dos melhores exemplos da economia circular. Disponível em: <<https://www.cocacolabrasil.com.br/historias/da-lata-a-lata-acompanhe-todo-o-processo-de-reciclagem-da-embalagem-de-bebidas-um-dos-melhores-exemplos-da-economia-circular>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- COCA-COLA. **Crystal lança primeira garrafa de água mineral feita 100% com resina reciclada**. Disponível em: <<https://www.cocacolabrasil.com.br/imprensa/release/crystal-lanca-primeira-garrafa-de-agua-mineral-feita-totalmente-com-resina-reciclada>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- COMPUTERWORLD. **Como a Apple já faz parte da Indústria 4.0**. Disponível em: <<https://www.computerworld.com/article/3487817/how-apple-is-already-part-of-industry-4-0.html>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- CONSELHO NACIONAL DE INDÚSTRIA (CNI). **Special Survey – Industry 4.0**. 2016. Disponível em: <https://static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/13/e7/13e7e7bd-9b1d-4c16-8099-99b6d-844d04e/special_survey_industry_40.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2020.
- DANTAS, Thales Eduardo Tavares et al. **Convergências entre as práticas da Indústria 4.0 e os princípios da Economia Circular**. 2018. Disponível em: <<http://engemausp.submissao.com.br/20/anais/arquivos/106.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- Ellen MacArthur Foundation. **Delivering the Circular Economy: A toolkit for policymakers**. (2015).
- FIXE: You will do better. **Como é que a Coca-Cola Brasil usa OKR**. Disponível em: <<https://youwilldobetter.com/2019/09/como-e-que-a-coca-cola-brasil-usa-okr/>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- FRANCO, Zaida Micaela; OIAN, Carlos Alberto. **Sinergia entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0 no contexto do século XXI**. IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, PR, Brasil, 04 a 06 de dezembro de 2019.
- Fundação Ellen MacArthur (2019). **Completando a figura**: Como a Economia Circular ajuda a enfrentar as mudanças climáticas. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Completando-a-figura-Como-a-economia-circular-ajuda-a-enfrentar-as-mudancas-climaticas.pdf>>. Acesso em: 04 Mar. 2021.
- Fundação Ellen MacArthur. **Economia Circular**. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>>. Acesso em: 04 Mar. 2021.
- GHINATO, P. (1996). **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente just-in-time. Caxias do Sul: EDUCS.
- IKERIZI, Lucas Martins Ikeziri et al. A perspectiva da indústria 4.0 sobre a filosofia de gestão Lean Manufacturing. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, jan. 2020.
- iPLACE CORPORATIVO. **Indústria 4.0**: entenda por que a Apple lidera esta revolução. Disponível em: <<https://www.iplacecorp.com.br/industria-4-0-entenda-por-que-a-apple-lidera-esta-revolucao/>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- LEAN. **How Lean is Apple?**. Disponível em: <<https://www.lean.org/leanpost/Posting.cfm?LeanPostId=1320>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- LEAN. **The 6 Guiding Principles of Lean Product and Process Development**. Disponível em: <<https://www.lean.org/LeanPost/Posting.cfm?LeanPostId=1302>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- MORAIS, Marcos de Oliveira Morais et al. A evolução da qualidade na indústria 4.0. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 2020.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção** – Além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEREIRA, Marco Antonio; VIEIRA, Gabriel Ferreira M. **Interação entre Lean e Green Manufacturing: Estudo de caso em um laboratório de análises clínicas.** Congresso nacional excelência em gestão – ISSN 1984-9354. 08 e 09 de agosto de 2014.

SAVAREJO. **Coca-Cola investe em fábrica 4.0 no Estado do Rio.** Disponível em: <<https://www.savarejo.com.br/detalhe/reportagens/coca-cola-investe-em-fabrica-40-no-estado-do-rio>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

SILVA et al. **Práticas de gestão no setor de transporte:** Um estudo da adoção da produção enxuta, sustentabilidade, Economia Circular e Indústria 4.0. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Curso de Engenharia de Transportes e Logística – ET.

TUBINO, D. F. Manual de Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: Atlas, 2000.

WERKEMA, C. Lean Seis Sigma. Rio De Janeiro: Elsevier, 2011.



CAPÍTULO 15

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETO COM COMPOSIÇÃO HÍBRIDA DE AGREGADO GRAÚDO COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

EVALUATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH
HYBRID AGGREGATE COMPOSITION AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE
IN CIVIL CONSTRUCTION

Bruno Leite Cruz

Bernardo Borges Pompeu Neto

Marylin Fonseca Leal de Farias Wetters

Resumo

A busca por dos materiais e dosagens alternativos para produzir um concreto que atenda as especificações presente em norma é uma atividade constante diante do esgotamento e distância de jazidas nas cidades interioranas brasileiras. A extração de seixo rolado na região de Chapadinha, município maranhense, vem aumentando diante do crescimento da construção civil. Este estudo propõe-se a analisar, de forma comparativa, as propriedades mecânicas com base na produção de concreto com seixo rolado, concreto com brita e o concreto híbrido como alternativa sustentável a realidade local. Dos ensaios pode-se comprovar que para cada um dos tipos de concreto houve uma diferença no consumo de água, no concreto com seixo rolado obteve-se uma economia de 18%, seguido pelo híbrido com 15% e por fim o com brita apresentando 8% de economia. Quanto aos resultados do ensaio de resistência a compressão o concreto produzido com agregado graúdo híbrido mostrou-se mais eficiente. No módulo de elasticidade e tração por compressão diametral, o concreto híbrido proposto expressou resultados próximos aos produzido com brita e em conformidade com as normas. Conclui-se que a produção do concreto com agregado graúdo híbrido é viável no que tange as propriedades mecânicas e a sustentabilidade da região.

Palavras-chave: Concreto híbrido, Seixo rolado, Sustentabilidade, Construção sustentável, Consumo de água.

Abstract

The search for alternative materials and dosages to produce concrete that meets the specifications present in the norm is a constant activity in view of the exhaustion and distance of deposits in Brazilian cities. The extraction of pebbles in the Chapadinha region, a municipality in Maranhão, has been increasing in the face of the growth of civil construction. This study proposes to analyze, comparatively, the mechanical properties based on the production of concrete with pebble, concrete with gravel and hybrid concrete as a sustainable alternative to the local reality. From the tests it can be verified that for each type of concrete there was a difference in water consumption, in concrete with rolled pebble an economy of 18% was obtained, followed by the hybrid with 15% and finally the gravel showing 8% savings. As for the results of the compressive strength test, the concrete produced with coarse hybrid aggregate proved to be more efficient. In the modulus of elasticity and traction by diametrical compression, the proposed hybrid concrete expressed results close to those produced with gravel and in accordance with the standards. It is concluded that the production of concrete with coarse hybrid aggregate is viable with regard to the mechanical properties and sustainability of the region.

Key-words: Hybrid concrete, Rolled stone, Sustainability, Sustainable construction, Water consumption.



1. INTRODUÇÃO

As discussões a respeito de sustentabilidade afetam grupos de diferentes setores da sociedade desde indivíduos até as organizações regionais e globais e as grandes crises ecológicas ou sociais que ocorrem, são sempre devido ao consumo excessivo de recursos naturais e a crescente desigualdade em escalas locais e globais (MILANIVIC, 2011). A construção sustentável promove intervenções ao meio ambiente com base nos princípios do desenvolvimento sustentável onde a alteração ocorre sem que haja o esgotamento dos recursos naturais, pensando nas gerações futuras (LIMA; SILVA; SILVA JUNIOR, 2020). As empresas que pertencem a indústria da construção civil possuem desafios que variam entre a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados, a diminuição e o melhoramento do consumo de materiais e de energia e a prática de regulamentações (SILVA; SILVA JUNIOR; SANTOS, 2018).

De acordo com da Silva (2012) o os resíduos da construção civil ou Resíduos da Construção e Demolição (RCD), precisam passar por processos de aproveitamento e tratamento com um alto nível de conhecimento técnico. Fato este corroborado, pois, esses materiais são muitas vezes úteis como matéria-prima para agregados de ótima qualidade, gerando a possibilidade de serem utilizados em outras etapas do processo construtivo.

A busca por materiais alternativos e dosagens apropriadas para produzir um concreto que atenda as especificações presente em norma é uma atividade constante diante do esgotamento e distância de jazidas nas cidades interioranas brasileiras. Nas cidades mais interioranas do Estado do Maranhão é possível encontrar com abundância dois tipos de agregados graúdos para produção de concreto: o seixo rolado e a brita. Dependendo da localidade somente é possível encontrar no mercado ou um ou outro. No concreto os agregados graúdos desempenham um importante papel na mistura com as argamassas, seja do ponto de vista econômico como técnico, pois ocupam cerca de 60 a 80% do volume, influenciando sobremaneira na resistência, estabilidade dimensional e durabilidade. Os agregados, também têm um papel fundamental na determinação do custo e trabalhabilidade. A qualidade é caracterizada tradicionalmente pela resistência à compressão e é a propriedade mais valorizada que governa os projetos, fabricação e o controle de lotes de concretos (POMPEU NETO, 2004). Segundo Mais (2015), mesmo o Brasil sendo um país de extensa área territorial, apresentando uma grande variedade de materiais, ainda assim possui poucos trabalhos que tratam as propriedades do concreto considerando as características de materiais em cada região. Para Oliveira (2011), a utilização de materiais existentes próximos ao local de execução da obra gera uma economia em relação aos gastos com transporte. Em complemento a redução dos gastos com transporte, destaca-se a redução na emissão de gases do efeito estufa e consumo de combustíveis fósseis, que contribuem com a degradação ambiental.

Este estudo propõe-se a analisar, de forma comparativa, as propriedades mecânicas com base na produção de concreto com seixo rolado, concreto com brita e o concreto híbrido como alternativa sustentável a realidade local.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área do estudo

A localização do município de extração do seixo rolado está a 246 km da capital do estado do Maranhão, a cidade de Chapadinha. Situada do lado leste do estado, tem aproximadamente 78.348 habitantes e uma área territorial de 3.247,59 km².

A cidade possui um clima segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com temperatura média anual superior a 27 °C e precipitação pluvial média anual de 1835 mm (PASSOS, 2016). A vegetação predominante é do tipo cerrado e tem como grande atividade agrícola a plantação de soja e de eucaliptos. Na região são encontrados com abundância minerais como: areia monazítica, argila e pedras de diversas origens, dentre elas o seixo rolado.

O seixo rolado, que é um agregado graúdo comumente utilizado nesta localidade na produção de concreto e ornamentação, sendo extraído de uma jazida particular situada próxima ao rio Munim. Sua exploração é artesanal e é retirado por trator tipo pá carregadeira e transportado por caçambas até as lojas de materiais de construção da cidade, onde é comercializado.

2.2 Avaliação dos insumos para produção do concreto

O estudo seguiu as seguintes etapas para o estudo das propriedades mecânicas dos concretos produzidos, conforme Tabela 1.

Etapas	Atividades
	ABNT NBR NM ISO 2395:1997 - Peneira de ensaio e ensaio de peneiramento – Vocabulário;
Análise dos agregados graúdos de acordo com as normas.	ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica; ABNT NBR NM 45: 2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.
Estudo da dosagem para os três tipos concreto.	Através do método Instituto Nacional de Tecnologia (INT).
Verificação da trabalhabilidade.	Através do abatimento do tronco de cone, conforme a ABNT NBR NM 67: 1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.
Produção dos corpos de prova (100 x 200 mm).	De acordo com a ABNT NBR 5738:2015 Versão Corrigida 2016 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.
Ensaio de compressão aos 3, 7, 14 e 28 dias.	ABNT NBR 5739:2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.



Ensaio de resistência a tração por compressão diametral.	ABNT NBR 7222:2011 - Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.
Ensaio de módulo de elasticidade em corpos de prova.	ABNT NBR 8522:2017 - Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão.
Estudo de comparação quanto ao custo dos insumos.	Comparação de preços.

Tabela 1 - Etapas de estudo das propriedades mecânicas dos concretos produzidos
Fonte: Autor (2018)

Como definido nos objetivos desta pesquisa, os concretos produzidos nesta foram elaborados com três tipos de agregados graúdos, sendo: 100% brita, 100% seixo rolado e híbrido (50% brita e 50% seixo rolado). Assim, para a análise dos concretos foram estabelecidos os ensaios de resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e módulo de elasticidade.

O controle estatístico dos ensaios de compressão diametral foram baseados no Anexo B da norma ABNT NBR 5739: 2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, a qual determina a avaliação estatística de desempenho do ensaio. Ainda neste anexo, é definido o uso do coeficiente $d_2 = 1,128$ (correspondente ao número de corpos de prova que o compõe), para o cálculo do desvio padrão quando, no ensaio, são utilizados 2 (dois) corpos de prova.

Para tal foi estabelecida a produção de 33 (trinta e três) corpos de prova cilíndricos (100mm x 200mm), os quais foram 11 para cada modalidade de concreto, distribuídos assim para cada ensaio:

- a) 2 (dois) corpos de prova (CP) para rompimento a cada idade (3, 7, 14, e 28 dias) para resistência à compressão axial, por tipo de concreto;
- b) 2 (dois) CP no rompimento para a tração por compressão diametral, por tipo de concreto;
- c) 1 (um) CP para o ensaio de módulo de elasticidade, por tipo de concreto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos materiais

Cimento - O cimento utilizado foi o CP II Z – 40 (Cimento Portland composto com pozolana), escolhido por ser específico para obras de alta resistência e pela disponibilidade na região, cujas características químicas, físicas e mecânicas preenchem os requisitos exigidos pela norma ABNT NBR 11578:1991 Versão Corrigida: 1997 - Cimento Portland composto – Especificação. O cimento usado foi escolhido devido a data de fabricação, de modo que suas propriedades originais estivessem conservadas.

Agregado Miúdo (Areia) - O agregado miúdo natural utilizado foi uma areia natural de rio, extraída no município de São José de Ribamar, Maranhão, com massa específica igual a $2,68 \text{ kg/dm}^3$ determinado de acordo com a NBR 9776 com módulo de finura na ordem de 2,82.

Todos os agregados foram lavados e secos em estufa conforme apresenta a Figura 1.



Figura 1 - Estufa para secagem de agregados graúdos
Fonte: Autor (2018)

Posterior a secagem dos agregados foi utilizado o agitador de peneiras, da Figura 2, para a realização do ensaio de granulometria dos agregados graúdos conforme a NBR NM 248: 2003- Agregados - Determinação da composição granulométrica.



Figura 2 - Agitador de peneiras
Fonte: Autor (2018)

A brita utilizada no estudo é oriunda do município de Bacabeira-MA, sendo esta facilmente encontrada. Este é o agregado graúdo mais empregado nos concretos no estado do Maranhão. O seixo rolado apresentado neste estudo é oriundo da região de Chapadinha - MA, sendo de fácil acesso nessa localidade, assim é alvo deste estudo como agregado graúdo. Na figura 4, é apresentada amostra do seixo rolado. O seixo rolado obteve o valor da massa unitária igual a $1,663 \text{ g/cm}^3$ e massa específica de $2,65 \text{ g/cm}^3$.



Figura 3 - Amostra do seixo rolado
Fonte: Autor (2018)

O consolidado da caracterização da composição granulométrica Figura 4 mostra o gráfico que reúne a distribuição granulométrica dos 3 (três) agregados. É importante observar que a curva do agregado híbrido se posicionou entre as outras duas, formando um agregado que, na matriz do concreto, preencherá os vazios deixados na sua pasta quando comparado com um concreto produzido apenas com o seixo, e com a resistência aproximada a do concreto com brita, fato este que será apresentado no item que trata dos ensaios de resistência à compressão.

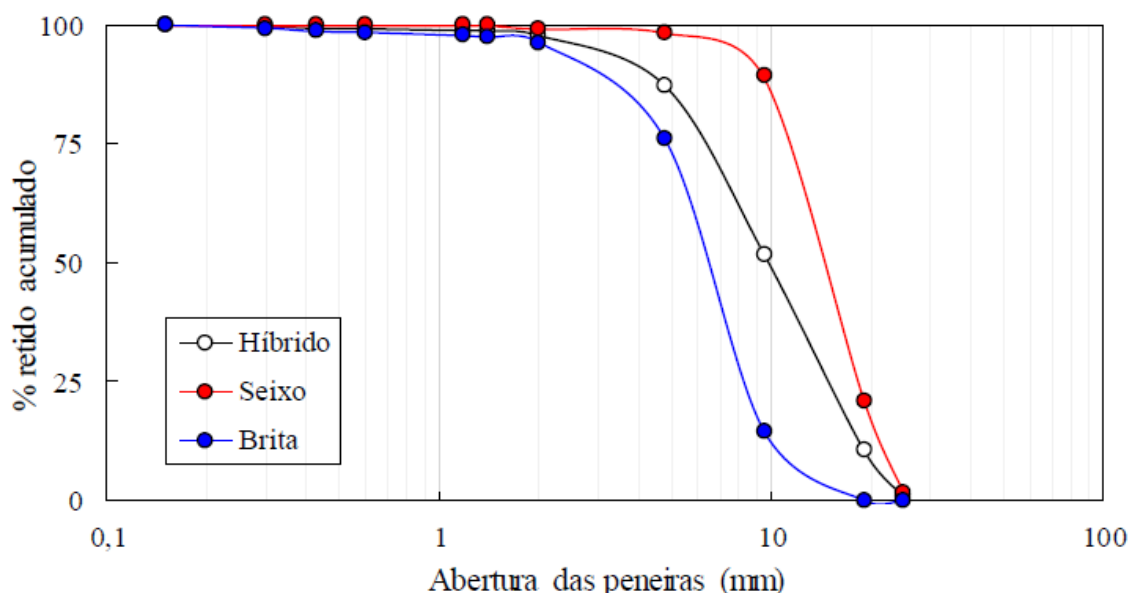


Figura 4 - Gráfico consolidado de distribuição granulométrica dos agregados graúdos.
Fonte: Autor (2018)

Para a determinação da massa específica adotou-se os valores referentes à massa específica (ABNT MN 53: 2009) e massa unitária (ABNT MN 45: 2006) dos três tipos de agregados, conforme tabela 2 abaixo:

Insumo	Massa (Kg)
Cimento	11,403
Areia	18,84
Agregado graúdo	26,382
Água	6,271

Tabela 2 - Massa unitária dos agregados graúdos
Fonte: Autor (2018)

3.2 Dosagem do concreto

O método aplicado neste estudo foi o INT, para tanto o abatimento do tronco de cone ficou definido com o valor de 100 ± 20 mm para todos os três concretos. Inicialmente, foi definida a resistência do concreto em função igual a 30MPa. O valor de 30MPa foi determinado como de referência em acordo ao descrito na norma ABNT NBR 8953:2015. A quantidade de cada um dos outros componentes foi calculada tendo-se como objetivo a obtenção de 15 corpos de prova para cada um dos três concretos analisados neste estudo. O próximo passo foi determinar a quantidade de água para que se obtivesse a resistência esperada, obtendo-se assim a relação de 1 : 1,65 : 2,350, e o relação água/cimento foi $x = 0,55$.

Para a produção de 15 (quinze) corpos de prova por tipo de concreto, os valores teóricos, em massa, de cada componente são, Tabela 3:

Insumo	Massa (Kg)
Cimento	11,403
Areia	18,84
Agregado graúdo	26,382
Água	6,271

Tabela 3 - Valores em massa – componentes do concreto
Fonte: Autor (2018)

Conforme preconizado a ABNT NBR NM 67: 1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, para verificar a trabalhabilidade dos concretos, como mostra a Figura 5. Os valores foram estimados entre 100 ± 20 mm, para os concretos que não atingiram este resultado foi acrescentado mais água até que o valor esperado fosse atingido.



Figura 5 - Abatimento do tronco de cone
Fonte: Autor (2018)

Após as 24 horas de secagem os 33 (trinta e três) corpos foram capeados com uma proporção de 1:1 de água e cimento e, novamente, após mais 24 horas os CP foram armazenados em caixa d'água para cura, podendo ser observado na Figura 6.



Figura 6 - Cura dos corpos de prova
Fonte: Autor (2018)

Os ensaios de compressão axial foram realizados aos 3, 7, 14, e 28 dias de idade, de acordo com a ABNT NBR 5739: 2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Os rompimentos foram realizados em máquina de compressão hidráulica (Figura 7) e devidamente calibrada para garantia e confiabilidade dos resultados.



Figura 7 - Prensa hidráulica – compressão axial
Fonte: Autor (2018)

Os dados de módulo de elasticidade foram obtidos com a realização dos ensaios no laboratório de construção civil da Universidade Federal do Pará (UFPA), como pode ser observado na Figura 8.



Figura 8 - Prensa hidráulica - compressão axial
Fonte: Autor (2018)

Os ensaios de compressão diametral ABNT NBR 7222: 2011 - Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos foram realizados no laboratório de construção civil da Universidade Federal do Pará (UFPA), em prensa hidráulica similar a dos ensaios de resistência à compressão axial.

Os três tipos de concretos foram produzidos com o mesmo traço, para manter este como referência, porém, durante os ensaios de trabalhabilidade cada um apresentou um consumo diferente de água, para que as premissas no abatimento (*slumptest*) de 100 ± 20 mm fossem alcançadas. Dessa forma os valores de consumo de água ficaram da seguinte forma:

	Consumo de água		
	Teórico (kg)	Real (kg)	Economia
Brita	6,271	5,771	8,00%
Seixo rolado	6,271	5,136	18,10%
Híbrido	6,271	5,291	15,60%

Tabela 4 - Consumo real de água
Fonte: Autor (2018)

Os concretos preparados com agregados de britagem exigem 20% mais de água de amasamento do que os preparados com agregados naturais. De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, o consumo de água no concreto com brita apresentou um valor de 18,1% maior que o do concreto produzido com seixo, como demonstrado na economia em função do valor inicial definido na dosagem do concreto. Acerca da absorção d'água entre seixo rolado e brita (MENDES, 2012), concluiu que os resultados apontam uma maior absorção da brita quando comparada com o seixo rolado devido a diferença de porosidade, culminando em maior consumo de água na produção de concreto para atingir os valores de resistência e trabalhabilidade especificados no estudo.

3.3 Resistência à compressão axial

Os rompimentos dos corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão axial apresentaram os resultados do gráfico a seguir:

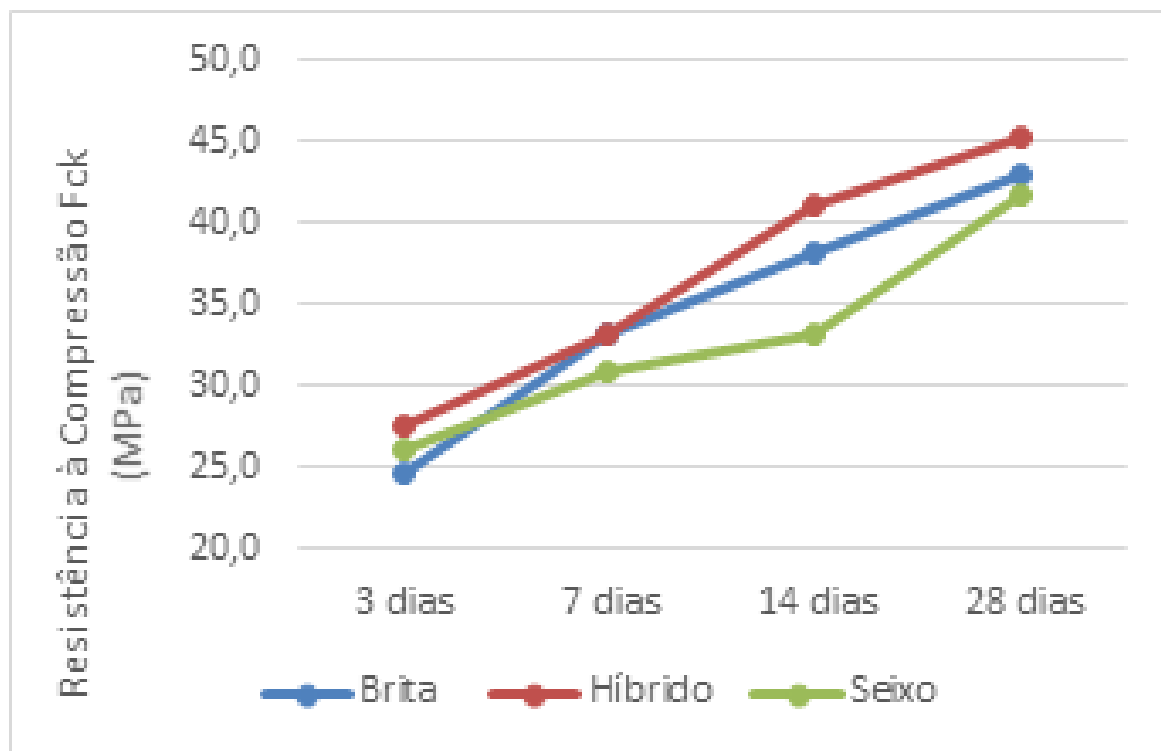


Figura 9 - Gráfico da resistência à compressão diametral
Fonte: Autor (2018)

Como apresentado no gráfico o concreto híbrido apresentou os maiores resultados nos ensaios de resistência à compressão axial quando comparado aos demais concretos. Para isso a justificativa destes resultados está baseada na relação água/cimento associado à granulometria dos agregados graúdos. Este concreto consumiu 15,6 % a menos de água que o concreto padrão produzido com brita, o que é explicado por (MEHTA e MONTEIRO, 2014) quando diz que a relação água/cimento/resistência no concreto pode ser facilmente explicada como uma consequência natural do progressivo enfraquecimento da matriz devido ao aumento da porosidade com o aumento da relação água/cimento. Quanto à granulometria dos agregados graúdos o concreto híbrido apresenta um melhor preenchimento visto que reúne as características do seixo rolado e da brita, quanto ao tamanho dos grãos, que preenchem e se encaixam de forma a reduzir vazios existentes na pasta quando comparado aos outros dois concretos apenas produzidos com 100% de brita e 100% de seixo rolado.

Ressalta-se que o fator água/cimento é preponderante à granulometria quando analisados os resultados de compressão diametral. A granulometria dos agregados (seixo rolado, brita e híbrido) foi um fator secundário e apresentou uma contribuição positiva para aumento dos valores das resistências nos ensaios.

Os resultados com menores valores são relativos ao seixo rolado, que são aceitáveis por conta a sua rugosidade, que está ligada diretamente à aderência do agregado à argamassa. Outro ponto que justifica os valores do concreto produzido com seixo rolado é que a porosidade característica reduz diretamente os valores da resistência à compressão.

Os resultados dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral nos corpos de prova apontaram que o concreto produzido com brita apresentou maior resistência, seguido pelo concreto com o agregado graúdo híbrido e por último o feito apenas com seixo rolado.

A razão entre a resistência à tração e à compressão estão em torno de 10%. Esta faixa de valores está de acordo com o que é encontrado na literatura internacional. Os dados estão apresentados no gráfico da Figura 10.

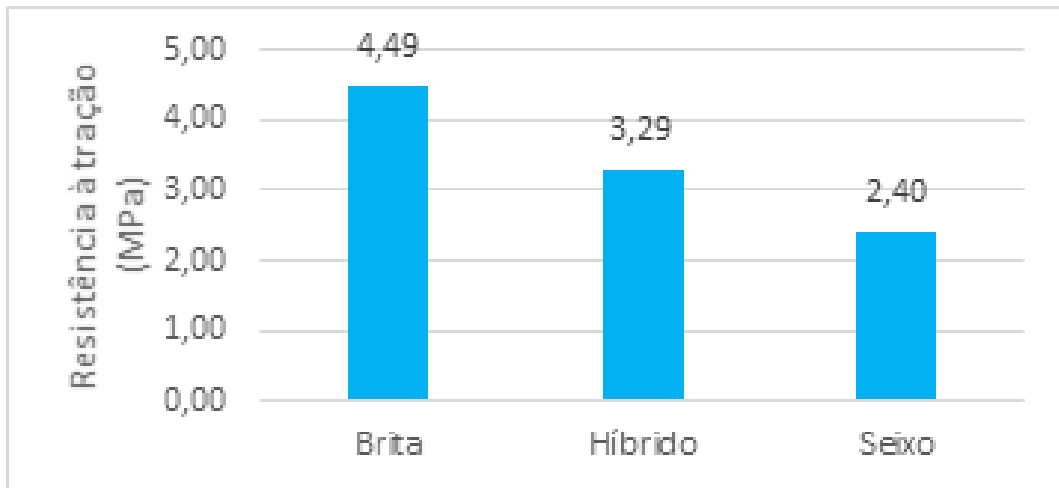


Figura 10 - Resultados do ensaio de tração por compressão diametral
Fonte: Autor (2018)

3.4 Módulo de Elasticidade

O módulo de elasticidade do concreto define o valor da sua rigidez, que por sua vez, avalia a sua resistência e maior será o esforço para deformá-lo.

Da mesma forma como a resistência à compressão, o módulo de elasticidade do concreto depende da porosidade de suas fases (agregado, pasta e zona de transição). Assim, muitos comportamentos observados na resistência repetem-se no módulo de elasticidade. No caso do agregado sua forma, dimensão máxima, textura superficial e granulometria também podem influenciar no módulo de elasticidade por influir a microfissuração da zona de transição. Todavia, a porosidade é mais importante em virtude de estar ligada à sua rigidez, resistência.

A Figura 11 mostra o gráfico com os resultados dos ensaios de módulo de elasticidade.

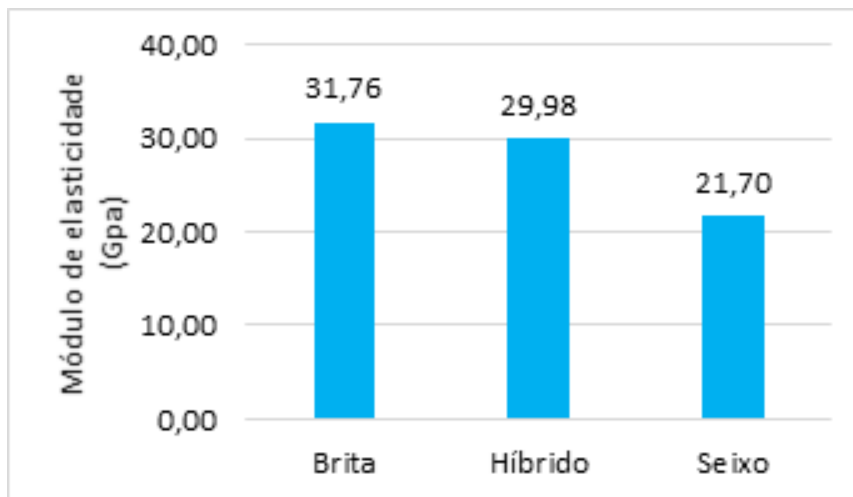


Figura 11 - Gráfico com resultados dos ensaios de modulo de elasticidade
Fonte: Autor (2018)

Os resultados demonstrados no gráfico da Figura 12 apontam que o concreto produzido com brita possui o maior módulo de elasticidade, seguido pelo concreto com agregado graúdo híbrido e por fim, o com seixo rolado. Tais resultados são ratificados por conta das características dos agregados graúdos, no caso do seixo rolado, tendo o menor valor, por possuir menor rigidez.

4. CONCLUSÃO

Os dados apresentados neste estudo são capazes de fundamentar análises mais criteriosas acerca da produção de concreto utilizando o seixo extraído da região de Chapadinha, tanto na sua forma pura como na forma de concreto híbrido. No estado fresco o concreto com seixo rolado consumiu menos água que o previsto nos cálculos de dosagem, seguido pelo híbrido e por último o produzido com pedra brita apresentando o maior consumo de água. Esse consumo é justificado pelas características dos agregados graúdos, no caso do híbrido por ser menos poroso e absorver menos água que a brita.

O concreto com agregado graúdo híbrido somou características positivas do seixo rolado e de brita quanto aos resultados de resistência, visto que a matriz apresentou excelente interação com a superfície rugosa da brita e, além disso, esta matriz teve os espaços vazios, ocasionados pela granulometria do seixo rolado, preenchidos pela brita, resultando nos maiores valores de resistência em todas as idades analisadas neste estudo.

Os ensaios de abatimento de tronco de cone mostraram que o consumo de água é determinante para a obtenção da resistência à compressão desejada, assim como, mostrou que o agregado graúdo híbrido consome menos água que o tradicional produzido apenas com brita, tornando-o mais barato e com características físicas e mecânicas equivalentes. O seixo rolado por sofrer ações de intempéries apresentou resistência mecânica menor que a da brita, que é formada por processo de britagem e sem ações de intempéries.

Os ensaios de tração por compressão diametral e módulo de elasticidade apresentaram informações que o agregado graúdo híbrido possui valores próximos aos da brita, podendo substituir este último por estar dentro dos parâmetros previstos nas normas

específicas. O módulo de elasticidade do concreto híbrido foi equivalente ao do concreto convencional produzido com brita; os mesmos tiveram módulos bem semelhantes. Assim, menores módulos de elasticidade implicam em concretos mais deformáveis e más consequências para a formabilidade das estruturas, para a fluência e retração do material o que pode acontecer com o concreto produzido apenas com o seixo.

O concreto com agregado graúdo híbrido, analisado do ponto de vista técnico, é capaz de substituir o produzido com brita, sobretudo em questões estruturais por ter apresentado valores superiores nos ensaios de resistência mecânica e acerca da aplicabilidade econômica a variação de custos foi ínfima dependendo apenas da disponibilidade de tais insumos na localidade da execução da obra. O agregado graúdo híbrido apresentou resultados satisfatórios quando comparado aos concretos produzidos com brita e seixo, tanto no que tange a aspectos físicos quanto aos mecânicos.

Tendo em vista os resultados apresentados para as propriedades dos concretos produzidos com agregado graúdo híbrido, pode-se afirmar que é possível o uso desta composição em aplicações diretas na construção civil local.

Desta forma, um dos grandes desafios da construção civil é minimizar o desperdício de materiais, bem como aumentar as buscas por formas alternativas para o fabrico e métodos construtivos, a fim da diminuição da extração dos recursos naturais. Conciliar a atividade da construção civil com as condições e realidades locais refere-se a execução de práticas ambientalmente adequadas que conduzam a um desenvolvimento sustentável consciente e menos agressivo ao meio ambiente, bem como em atendimento as necessidades da população da região.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 2395: 1997 - **Peneira de ensaio e ensaio de peneiramento – Vocabulário.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: 2003 - **Agregados - Determinação da composição granulométrica.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: 2006 - **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: 2007 - **Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: 2011 - **Concreto e argamassa. Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522: 2017 - **Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: 1991 Versão Corrigida: 1997 - **Cimento Portland composto – Especificação.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9776:1987 Versão Corrigida:1988 - **Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco *chapman* - Método de ensaio.**



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7211:2005 Emenda 1:2009 **Agregados para concreto – Especificação.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR NM 53:2009 **Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: 1998 - **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 8953: 2015 - **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistências e consistência.**

DA SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. T. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, ano 24 n. 2, 333-344, mai/ago. 2012

LIMA, M. C. A.; SILVA, A. K. B.; SILVA JUNIOR, M. A. B. Certificação ambiental de habitações: um instrumento para ações sustentáveis na construção civil. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 2, 2020.

MAIA, C. T. A., **Concretos fabricados com agregados graúdos disponíveis em Santarém e região do Pará.** Belém, 2015.

MENDES, V. A. **Estudo comparativo das propriedades mecânicas e estruturais de blocos de concreto produzidos com brita ou seixo rolado.** 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Escola de Engenharia de Lorena. Lorena, SP, 2012.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais.** 2 ed. São Paulo: Pini, 2014.

OLIVEIRA, R. F. V. de. **Análise de dois solos modificados com cimento para dimensionamento de pavimentos.** 2011. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

PASSOS, Mádilo Lages Vieira et al. BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA UMA DETERMINADA REGIÃO DE CHAPADINHA-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza - Ce, v. 10, n. 4, p. 758-766, 15 ago. 2016. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br>. Acesso em: 10 nov. 2018.

POMPEU NETO, B. B., **Efeitos do tipo, tamanho e teor de agregado graúdo na Resistência e Energia de Fratura do Concreto.** Tese de D. Sc., UNICAMP/CAMPINAS, São Paulo, SP, Brasil, 2004.

SILVA, A. K. B.; SILVA JUNIOR, M. A. B.; SANTOS, C. P. **Sustentabilidade na construção civil: Um panorama dos dispositivos legais vigentes e das práticas adotadas na cidade do Recife-PE.** In: XIV Fórum Ambiental Alta Paulista, São Paulo, 11 p, 2018.

CAPÍTULO 16

OTIMIZAÇÃO DE PORTFOLIOS DE INVESTIMENTOS ATRAVÉS DE MODELOS ESTATÍSTICOS EM PYTHON

OPTIMIZATION OF INVESTMENT PORTFOLIO THROUGH STATISTICAL
MODELS IN PYTHON

João Victor Neves Loose
Wellinton de Assunção

Resumo

A proposta desta obra é explorar os principais conceitos teóricos sobre finanças e investimentos, como por exemplo taxas de retorno, cálculos de risco, alocação de portfólios, CAPM e simulações Monte Carlo, aplicar as fórmulas de Sharpe Ratio e Markowitz para análise de carteira de ações, implementar algoritmos inteligentes de otimização para escolher as melhores ações em um portfólio, como por exemplo: subida da encosta (hill climb), têmpera simulada (simulated annealing) e algoritmos genéticos, aplicações de algoritmos de machine learning para classificar as melhores empresas para investir a longo prazo, a partir disso verificar se a aplicação de modelos estatísticos e matemáticos com o propósito de identificar proporções e alocações ideais de um portfólio de ações para maximizar o retorno em relação ao risco corrido pelo investidor é mais assertivo do que investir diretamente em uma cesta de ativos composta pelas principais empresas listadas na bolsa, e dentro dessa alocação qual seria o melhor percentual. Implementou-se os modelos na linguagem de programação Python e realizou-se análises e demonstrações gráficas dos conceitos abordados.

Palavras chave: Alocação, Risco e Retorno, Ações, Finanças, Investimentos, Markowitz, Simulação Monte Carlo, Sharpe Ratio.

Abstract

The purpose of this academic work is to explore the main theoretical concepts on finance and investments, such as rates of return, risk calculations, portfolio allocation, CAPM and Monte Carlo simulations, apply the formulas of Sharpe Ratio and Markowitz for stock portfolio analysis, implement intelligent optimization algorithms to choose the best stocks in a portfolio, such as: hill climb, simulated annealing and genetic algorithms, machine learning algorithm applications to rank the best companies to invest in the long term, from this to verify if the application of statistical and mathematical models with the purpose of identifying ideal proportions and allocations of a stock portfolio to maximize the return in relation to the risk incurred by the investor is more assertive than investing directly in an asset basket made up of the main listed companies. those on the stock exchange, and within that allocation what would be the best percentage. The models were implemented in the Python programming language and analyzes and graphical demonstrations of the concepts covered were carried out.

Key-words: Allocation, Risk and Return, Equities, Finance, Investments, Markowitz, Monte Carlo Simulation, Sharpe Ratio.



1. INTRODUÇÃO

No ano de 1952, um artigo intitulado “Seleção de Portfólio” foi publicado no Journal of Finance. Harry Markowitz, o autor deste artigo, apresentou sua Teoria Moderna do Portfólio (MPT) naquele artigo. Esta é uma teoria sobre como investidores avessos ao risco podem construir carteiras para otimizar ou maximizar o retorno esperado com base em um determinado nível de risco de mercado, enfatizando que o risco é uma parte inerente de uma recompensa mais alta.

Segundo a teoria, é possível construir uma fronteira eficiente de carteiras ótimas que ofereçam o máximo retorno esperado possível para um determinado nível de risco. Essa fronteira eficiente, popularmente conhecida como Fronteira Eficiente de Markowitz, é o conjunto de carteiras ótimas que oferece o maior retorno esperado para um determinado nível de risco ou o menor risco para um determinado nível de retorno esperado. As carteiras que estão abaixo da fronteira eficiente são abaixo do ideal porque não fornecem retorno suficiente para o nível de risco. As carteiras que se agrupam à direita da fronteira eficiente também são sub ótimas porque têm um nível de risco mais alto para a taxa de retorno definida.

Para simplificar o modelo de Markowitz, que exigia um grande esforço computacional para a época e grande equipe de analistas financeiros, foi desenvolvido o modelo de índice único por Sharpe, em 1963. Este utiliza, ao invés da correlação entre as diferentes ações, uma correlação (beta) entre cada ação e um índice que represente o retorno médio das ações no mercado (SANTOS, COROA E BANDEIRA, 2008).

O Modelo de Precificação de Ativos Financeiros, ou Capital Asset Pricing Model (CAPM), foi desenvolvido por Sharpe, Lintner e Mossin, na década de 1960, com base na igualdade entre os excessos de retorno. O modelo quantifica o retorno esperado das ações de forma linear, considerando que o retorno é função da rentabilidade dos investimentos sem risco e também do retorno exigido para assumir o risco do ativo (chamado de prêmio de risco) (SAMANEZ, 2007).

O CAPM diz que o retorno esperado de um título ou carteira é igual à taxa de um título sem risco mais um prêmio de risco. Se esse retorno esperado não atingir ou superar o retorno exigido, o investimento não deve ser realizado. A linha de mercado de títulos representa os resultados do CAPM para todos os diferentes riscos (betas).

Risco é a probabilidade de que o valor de mercado de um ativo flutue ao longo do tempo. Volatilidade dos preços. Por razões óbvias, um investidor está mais preocupado com o risco negativo do que com o risco positivo. O investidor avesso ao risco buscará um investimento de baixo risco - normalmente um título do governo ou colocando o dinheiro em uma conta bancária segura. Ele receberá uma renda (retorno) de juros baixos, mas o risco de perder seu investimento também será muito baixo. Os investidores que desejam assumir mais riscos exigirão um prêmio de risco além desse retorno livre de risco correspondente à probabilidade do risco negativo envolvido.

Conforme Casarotto Filho e Kopittke (2010) é importante ressaltar que não é possível



eliminar o risco intrínseco ao mercado, também chamado de risco sistemático. Os riscos que são diversificáveis, ou seja, podem ser amenizados através da diversificação, são chamados de riscos não-sistemáticos

O risco não-sistemático, é a parte do risco de um ativo que pode ser atribuída a causas aleatórias, específicas a uma firma, o qual pode ser eliminado através da diversificação. Este risco também é conhecido como risco diversificável, risco residual ou risco específico da companhia.

De acordo com Prado (2004), a simulação de Monte Carlo consiste em “uma maneira de se transformar um conjunto de números aleatórios em outro conjunto de números (variáveis aleatórias), com a mesma distribuição da variável considerada”. Lustosa et al. (2004, p. 251) retratam que “uma técnica que utiliza a geração de números aleatórios para atribuir valores às variáveis do sistema que se deseja investigar.”

É um fato bem conhecido que ‘Mercados são aleatórios’, então a simulação de Monte Carlo é um método para absorver essa aleatoriedade em seu sistema de negociação. Se o sistema funcionar bem em condições de mercado aleatórias, ele terá uma grande probabilidade de sucesso. No final, tudo se resume a probabilidade e essa é realmente a base de todos os sistemas de negociação lucrativos.

2. PROBLEMÁTICA

Ao administrar uma determinada carteira de ativos, o gestor tem normalmente como meta buscar o máximo retorno possível de seu investimento, dentro de níveis de risco aceitáveis. Uma vez definidos a meta de rentabilidade e o nível aceitável de risco, a grande questão passa a ser encontrar uma estratégia adequada para que isto ocorra.

As diferentes composições dos ativos de uma carteira de investimentos podem mudar substancialmente o seu binômio risco-retorno. Muitas vezes é possível obter uma melhor relação risco-retorno de uma carteira redistribuindo os percentuais de participação de seus ativos. Por esse motivo, é imprescindível que uma carteira de investimentos seja submetida periodicamente a avaliações acerca de sua composição e dos percentuais de participação de seus ativos.

A aplicação de modelos matemáticos é de grande utilidade para suportar o gestor na escolha dos ativos e na definição de seus respectivos percentuais de participação ou pesos, possibilitando melhor atender às estratégias do gestor com relação ao binômio risco-retorno de sua carteira de investimentos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O mercado de capitais possui como objetivo direcionar o capital e a poupança da sociedade para as empresas, gerando uma espécie de círculo virtuoso, uma vez que estes investimentos contribuem para o crescimento econômico, ocasionando aumento da renda. Por este motivo, os países mais desenvolvidos possuem mercados de capitais mais dinâmicos, diversificados e fortalecidos (QUIRINO, 2012).

3.1 Ações e Investimentos

As ações são títulos de renda variável, pois dependem necessariamente do desempenho e capacidade de gerar lucros para a firma. São lançadas por uma empresa S.A (sociedade anônima), capaz de emití-las no mercado de capitais, e representam a menor fração do capital de uma companhia. Sua negociação se dá em mercados de bolsas e confere ao proprietário a participação nos resultados da empresa (PEREIRA, 2013).

O investimento envolve um processo de tomada de decisões no presente sobre o futuro. Ao optarem por realizar um investimento hoje, os investidores abrem mão do consumo presente, na esperança de melhorias futuras. (BERNSTEIN; DAMODARAN, 2000, p. 16).

3.2 Carteiras de Investimentos

A seleção de carteiras, por se tratar de processo decisório de um investidor ou um grupo, em sua composição é atrelada a características particulares daquele(s) investidor(es). Pois através do gerenciamento de recursos, critérios de decisão e administração destes, a disposição ao risco poderão variar por diversos fatores (BODIE, 1999).

Para Gitman, (1997, p.212), “uma carteira é uma coleção, ou grupo de ativos”. Gitman, (1997, p.212), defende ainda que “uma carteira que maximiza retornos para um determinado nível de risco ou minimiza o risco para um dado retorno é uma carteira eficiente”.

3.3 Retorno das Carteiras

Ross, Westerfield e Jaffe, (2008, p.210), relatam que o retorno esperado de uma carteira é simplesmente uma média ponderada dos retornos esperados dos títulos que a compõem. De acordo com os autores, podemos calcular o retorno de uma carteira a partir da seguinte fórmula matemática:

$$\text{Retorno esperado da carteira} = X_A \bar{R}_A + X_B \bar{R}_B$$



Onde encontramos:

X_A = proporção do ativo A;

X_B = proporção do ativo B;

R_A = retorno esperado do ativo A;

R_B = retorno esperado do ativo B.

Logo, o retorno de uma carteira de ações é facilmente calculado a partir da soma dos produtos da participação (exposição) de cada ação pelo retorno médio dela mesma.

3.4 Risco

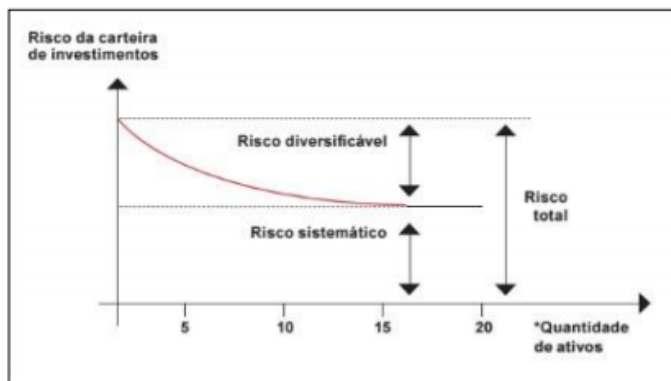
O risco é o grau de dispersão dos retornos em relação à média, ou seja, a variabilidade dos retornos projetados em torno do retorno esperado, e é mensurado estatisticamente através do desvio-padrão. Através da diversificação, os ativos com risco podem ser combinados no contexto de uma carteira, reduzindo-se o grau de risco se comparados individualmente, desde que os ativos não estejam perfeita e positivamente, correlacionados entre si. (Assaf Neto, 2003).

O que se consegue, segundo Assaf Neto (2003) é a minimização do risco, e não sua eliminação completa. O risco é dividido em duas classes; o risco sistemático ou não diversificável e o risco diversificável ou não sistemático.

O risco diversificável pode ser total ou parcialmente diluído pela diversificação da carteira e tem relação mais direta com as características básicas do título e do mercado de negociação. Já o risco sistemático é o que não pode ser eliminado ou reduzido pela diversificação da carteira e tem sua origem nas flutuações desencadeadas pelo sistema econômico, (Paula Leite, apud Assaf Neto, p. 301).

O risco econômico está ligado à uma combinação de acontecimentos que possam subitamente impactar o mercado, como a política monetária do país afetando sua economia. O risco financeiro é atrelado a decisões que a diretoria de uma empresa assume no que é tangível à suas obrigações, conforme figura 1.

Figura 1: Gráfico de risco da carteira de investimentos.



Fonte: ASSAF NETO (2015, p. 272).

3.5 Variância e Desvio Padrão

A medida estatística para calcular o risco de um ativo é feita a partir do grau de dispersão da distribuição das frequências, ou seja, o afastamento de uma observação em torno da média. Para identificarmos a variação que por ventura esses retorno estão sujeitos, as medidas mais comumente utilizadas são a variância e o desvio padrão. A variância e desvio padrão são medidas que possuem a finalidade de auferir a dispersão de como um conjunto de valores se distribui em relação a sua média (ASSAF NETO, 2012).

Matematicamente, a variância é apresentada por:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

Sendo:

σ^2 = Variância;

Σ = Somatório; e

$(X_i - \bar{X})$ = Desvio, valor observado menos o valor da média das observações.

O cálculo mostra o afastamento dos valores observados em relação a sua média, pois é calculada a partir da média dos quadrados dos desvios dos valores. Então, quanto maior a variância, conseqüentemente maior é a dispersão dos valores obtidos.

Para os cálculos base de risco também temos o Desvio Padrão, obtivo a partir da raiz quadrada da variância. O Desvio Padrão é uma medida de dispersão que aponta as chances dos valores ficarem distribuídos em torno da média de uma variável.

Podemos obter o Desvio Padrão a partir de:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Sendo:

σ = Desvio-padrão;

$\sum(X_i - \bar{X})^2$ = Quadrado dos desvios; e

n = Número total de observações.

3.6 Covariância

A covariância possui a finalidade de identificar como os valores de duas variáveis se inter-relacionam dentro de um mesmo espaço temporal e como se movimentam em relação as suas respectivas médias (ASSAF NETO, 2012).

Podemos obter a covariância a partir de:

$$cov(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

Onde:

$cov(x, y)$ = Covariância entre ativos X e Y;

$\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$ = Somatório dos produtos dos desvios; e

n = Número total de observações.

3.7 Correlação

Lira (2004) diz que com a análise de correlação é possível medir a intensidade e a direção da relação linear ou não linear existente entre as duas variáveis. A correlação é um indicador importante para suprimir a necessidade de se determinar existência ou não de uma relação entre as próprias variáveis, mesmo que para isso seja necessário realizar o ajuste um cálculo matemático. Portanto, não existe a diferenciação entre a variável explicativa e a variável resposta, isto é, o grau de variação conjunta entre X e Y é igual ao grau de variação entre Y e X.

O cálculo do coeficiente de correlação é dado por:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{cov_{x,y}}{\sqrt{var(x) \cdot var(y)}}$$

Sendo:

ρ = Correlação entre ativos X e Y;

$cov_{x,y}$ = covariância entre os ativos X e Y; e

var = variância do ativo.

3.8 Alocação e Otimização de Portfólios

No ano de 1952 foi publicado no periódico Journal of Finance por Harry Markowitz seu artigo 'Portfolio Selection', onde cria a Teoria da Carteira. Na publicação Markowitz buscou demonstrar através de fórmulas matemáticas como um portfolio de investimentos diversificado através da compra de diversas ações ou outros ativos em geral pode ser usado de forma a reduzir riscos de ações completamente isoladas. Tal estudo também retrata que o procedimento abordado pelo autor também fornece projeções do retorno esperado para um portfolio hipotético.

De acordo com Samanez (2007), o retorno esperado de um portfolio de investimentos em ações pode ser dado a partir de:

$$R_c = \sum_{i=1}^N X_i R_i$$

Onde:

N = número de ativos na carteira;

R_i = retorno esperado do ativo i ;

X_i = porcentagem do valor da carteira aplicado no ativo i .

Enquanto, de acordo com o mesmo autor, o risco de carteira é avaliado em termos de variância e é definido a partir de:

$$\sigma_c^2 = \sum_{i=1}^N X_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N X_i X_j \sigma_{ij}$$



Sendo:

σ_i^2 = variância do ativo i;

$\sigma_{i,j}$ = covariância entre os ativos i e j.

Samanez (2007) apresenta uma abordagem alternativa, com a presença de um ativo sem riscos na carteira.

$$\text{Minimizar } \sigma_c^2 = \sum_{i=1}^N X_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N X_i X_j \sigma_{i,j}$$

Sendo restrito a:

$$\bar{R}_c = \sum_{i=1}^N X_i \bar{R}_i + \left(1 - \sum_{i=1}^N X_i\right) R_f$$

Nos estudos da melhor alocação para um portfólio de investimentos, é de suma importância encontrar a forma na qual a diversificação dos ativos contidos provém redução da variabilidade dos retornos possíveis do portfólio, a partir disso temos a fórmula, que de acordo com Samanez (2007):

$$\sigma_c^2 = \left(\frac{1}{N}\right) \bar{\sigma}_i^2 + \left(\frac{N-1}{N}\right) \bar{\sigma}_{i,j}$$

Nessa fórmula iremos encontrar:

$\bar{\sigma}_i^2$ = variância média da carteira

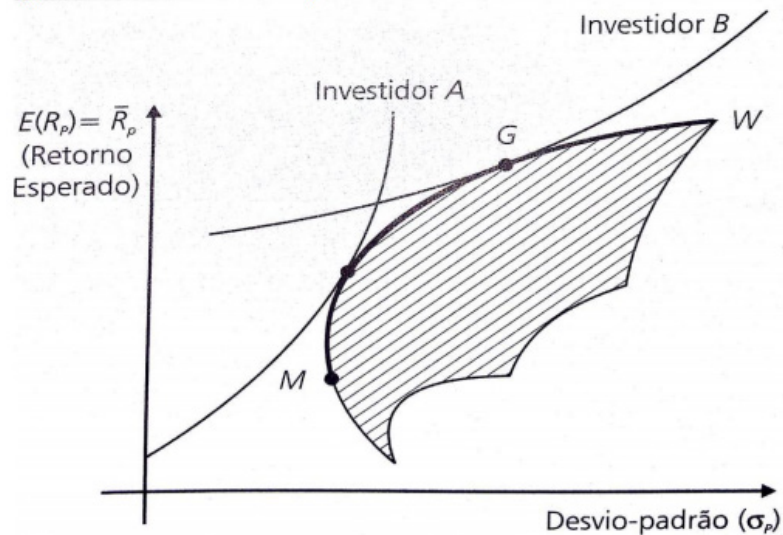
$\bar{\sigma}_{i,j}$ = covariância média da carteira

A partir disso é notável que o fator da variância média do portfólio de ações é reduzido a partir do aumento do número de ações e a covariância média é estável nessas situações. Por causa dessas formulações, é considerado que $\bar{\sigma}_i^2$ representa para os investidores o risco diversificável de um portfólio e $\bar{\sigma}_{i,j}$ é o risco de mercado, pois como é comumente discorrido no mercado financeiro, não diminui com o tamanho da carteira.

Assaf Neto (2015) afirma que o investidor racional que seleciona suas carteiras através da avaliação da relação de risco e retorno fica restrito ao trecho MW da linha da figura.

Conforme figura 2, a fronteira eficiente apresenta as carteiras mais eficientes, que são as carteiras que resultam em retornos melhores de acordo com o risco que o investidor optar baseada no risco e retorno do portfólio de investimentos.

Figura 2 – Fronteira Eficiente



Fonte: Gonçalves Junior, Montevechi e Pamplona (2002)

De acordo com os autores Gonçalves Junior, Montevechi e Pamplona, (2002) a imagem acima ilustra as opções de dois investidores. E as curvas de indiferença traçadas demonstram diferentes opções adotadas pelos investidores em relação ao risco. Em frente ao mesmo conjunto de carteiras, o investidor A é mais conservador, logo avesso ao risco. O investidor B é menos conservador e mais tolerante ao risco. Logo o investidor A está mais a esquerda da curva e o investidor B mais a direita da mesma. Contudo o investidor B possui um maior retorno esperado em relação ao investidor A. Como já esclarecido, quanto maior o risco, maior o retorno esperado.

3.9 Capital Asset Pricing Model

É utilizado o modelo do CAPM para definir a taxa de risco (SHARPE, 1964), porém o valor encontrado referente aos dados do investimento a ser analisado será relacionado com o nível de alavancagem de mercado. Logo, se torna essencial encontrar o custo do capital sem o índice beta não alavancado (HAMADA, 1972)

Podemos efetuar o cálculo do CAPM a partir da equação:

$$\bar{R} = R_f + \beta(\bar{R}_m - R_f)$$

Onde encontramos:

R é o retorno;

R_f é o retorno de um ativo livre de risco

R_m é o retorno esperado do mercado;

β é o beta do investimento, que é a volatilidade em relação ao mercado.



3.10 Beta

O beta é parâmetro fundamental para a utilização do apereçamento de ativos pelo CAPM e para a seleção de carteiras utilizando índice único. Ele representa a volatilidade de determinada ação em resposta a alterações do mercado (representado geralmente por seu índice) (SAMANEZ, 2007).

A fórmula do Beta é:

$$\beta_i = \text{Cov}(R_i, R_M) / \sigma^2(R_M)$$

Sendo:

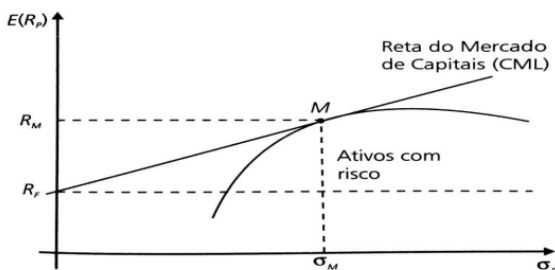
$\text{Cov}(R_i, R_M)$ a covariância entre os retornos dos ativos (i) e o retorno do mercado;

$\sigma^2(R_M)$ a variância presente no mercado acionário;

3.11 Sharpe Ratio

Segundo Assaf Neto (2015 apud Silveira 2015) o investidor deve decidir em função do grau de risco qual ativo deve aplicar seus recursos, conforme figura 3.

Figura 3 – Gráfico grau de risco



Fonte: Assaf Neto (2015)

Sendo o ponto M uma carteira de ativos com risco, investidores conservadores tendem a escolher portfólios que se encontrem à esquerda do ponto M, enquanto investidores agressivos escolherão carteiras à direita do ponto M, uma vez que σ está representando o desvio padrão do ativo e conseqüentemente, conforme supracitado nesta obra, quanto maior o risco, maior o retorno esperado para o investidor.

O índice de Sharpe pode ser obtido a partir de:

$$IS = \frac{R_{\text{Ativo}} - R_F}{\sigma_{\text{Ativo}}}$$

Sendo as variáveis:



Rativo: O retorno do ativo;

RF: risk free ou taxa livre de risco;

σ ativo: desvio padrão do ativo.

3.12 Simulação Monte Carlo

A simulação de Monte Carlo (SMC) envolve o uso de números aleatórios e probabilidades para analisar e resolver problemas. A SMC surgiu no Projeto Manhattan do laboratório de armas nucleares Los Alamos, Estados Unidos, durante a Segunda Guerra Mundial, sendo desenvolvido pelos cientistas John Von Neumann e Stanislaw Ulam. A denominação “Monte Carlo” foi cunhada em referência aos jogos de azar que fazem uso constante de sorteios e de dados, uma atração popular na cidade de Monte Carlo, Mônaco (METROPO-LIS; ULAM, 1949, METROPOLIS, 1987).

4. METODOLOGIA

O trabalho apresenta uma pesquisa de natureza aplicada e objetivos descritivos, utilizando-se de conhecimentos anteriores para aplicação prática. Não se pretende desenvolver ou detalhar nenhuma relação causal para a seleção de carteiras, apenas descrever o comportamento destas ao longo do período estudado. É utilizada uma abordagem quantitativa, com o uso do método de modelagem e simulação, com foco principal no processo de simulação.

Para o desenvolvimento de um estudo de simulação, é necessária a utilização de programas computacionais (softwares), visando recriar computacionalmente o sistema real, utilizando-se de modelos para isso. Serão utilizadas planilhas eletrônicas do aplicativo Microsoft Office Excel® versão 2007 e Google Collab para a programação em Python.

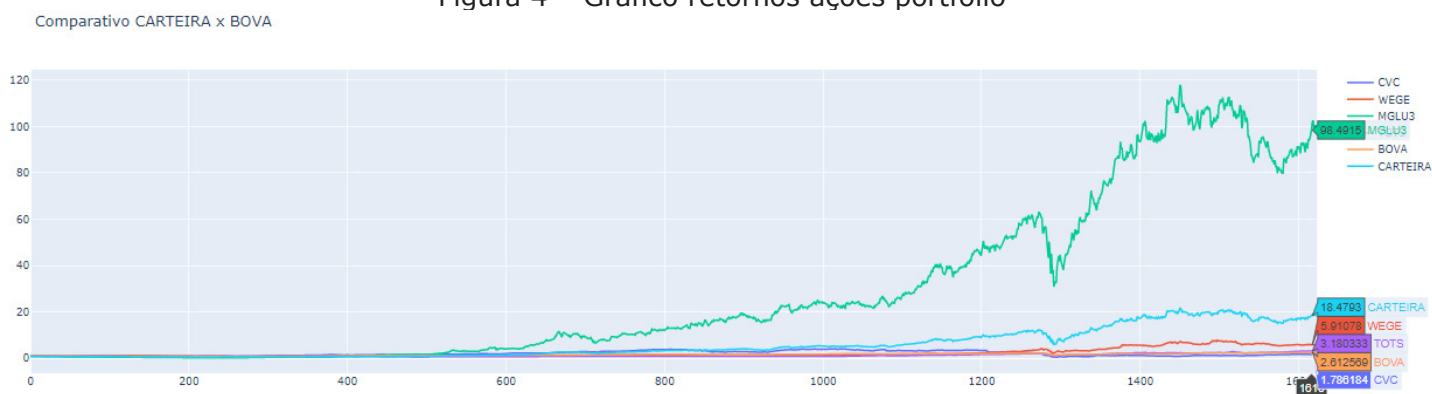
Para a realização da proposta do trabalho foi necessário primeiramente a instalação do pacote “yfinance” para o Google Collab, nele se encontram informações, cotações e diversos outros dados relacionados a mercados de capitais disponíveis na internet. Na fonte dos dados foram selecionadas as ações GOLL4, CVCB3, WEGE3, MGLU3, TOTS3, e BOVA11, que são Gol Linhas Aéreas, CVC Viagens, WEG, Magazine Luiza, TOTVS e o ETF (Exchange trade fund) que replica o índice Ibovespa BOVA11, respectivamente. A escolha das ações foram aleatórias e seus fundamentos não interferem na pesquisa uma vez que o seu propósito não é buscar apontar formas de ganho de capital através de técnicas de value investing ou análise fundamentalista, e sim demonstrar a aplicação da metodologia de Markowitz para buscar melhor proporção dos ativos em uma carteira hipotética, e também encontrar uma melhor assimetria utilizando algoritmos e métodos quantitativos. A base de dados é constituída das ações do primeiro pregão do ano de 2015 até o dia 23/07/2021, contando assim com 1624 observações de cada ativo.



Para melhor visualização da evolução patrimonial das ações no período abordado, foi-se normalizado as taxas de rentabilidade diária a uma base 100, esta solução nos permite comparar a variação dos preços das ações de forma mais precisa. Sendo o maior objetivo dos investidores a maximização de sua rentabilidade, devemos observar a carteira de ações de forma integralizada, ou seja, seus retornos na base 100 convergidos em um único número. No calculo, foi realizado a soma dos retornos normalizados de cada uma das ações e dividido por 6, que é a quantidade de ações que compõem a carteira hipotética.

Tendo em vista que o intuito deste trabalho é otimizar o portfólio, e o processo de otimização requer a priori melhor balanceamento de exposições de uma carteira de ações, é de suma importância analisarmos a rentabilidade da carteira como um todo em relação às ações que a compõem. Conforme retratado, a ação da MGLU3 (Magazine Luíza) ficou expressivamente acima do retorno do portfólio até o dia 23/07/2021. Mas iremos ver a seguir que não se trata exclusivamente de rentabilidade, e sim de volatilidades e riscos, conforme figura 4.

Figura 4 – Gráfico retornos ações portfólio



Fonte: autor

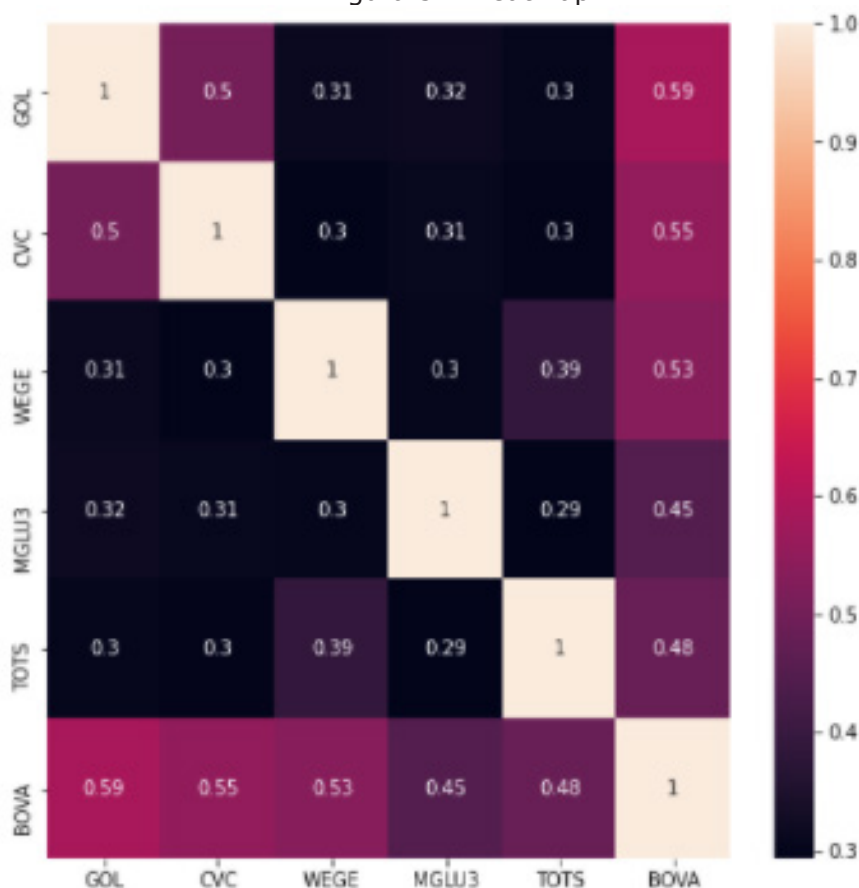
Para o cálculo do risco de um portfólio devemos utilizar as taxas de retorno e não os preços das ações. O objetivo é encontrar uma dependência entre os preços em diferentes momentos, e se concentra no retorno do portfólio, que é o que o investidor pessoa física foca ao alocar seu capital. Por exemplo as ações de Magazine Luíza possuem preços menores que TOTVS no cabeçalho do dataset, mas seu retorno é muito superior, mesmo após as ações da TOTVS encerrarem com o “preço de tela” maior.

O primeiro passo para a descoberta dos riscos intrínsecos de um portfólio de ações é o cálculo da covariância, conforme supracitado na obra. Quanto mais próximo de zero for o produto do cálculo da covariância, menor é a possibilidade de se identificar um comportamento interdependente entre as variáveis estudadas, uma vez que a mesma mede a relação linear entre duas variáveis.

O coeficiente de correlação em um portfólio de investimentos em ações possui o propósito de identificar a relação da movimentação entre duas variáveis dentro do mercado acionário. A interpretação da correlação se dá como: 0,00 a 0,19 ou 0,00 a -0,19 significa correlação bem fraca, 0,20 a 0,39 ou -0,20 a 0,39 significa correlação fraca, 0,40 a 0,69 ou -0,40 a -0,69 significa correlação moderada, 0,70 a 0,89 ou -0,70 a -0,89 significa correlação forte, e 0,90 a 1,00 ou -0,90 a -1,00 significa correlação muito forte. Para melhor ilustrar as relações, no heatmap abaixo as correlações mais fortes estão em cores claras

e as correlações mais fracas em cores escuras vide figura 5:

Figura 5 – Heatmap



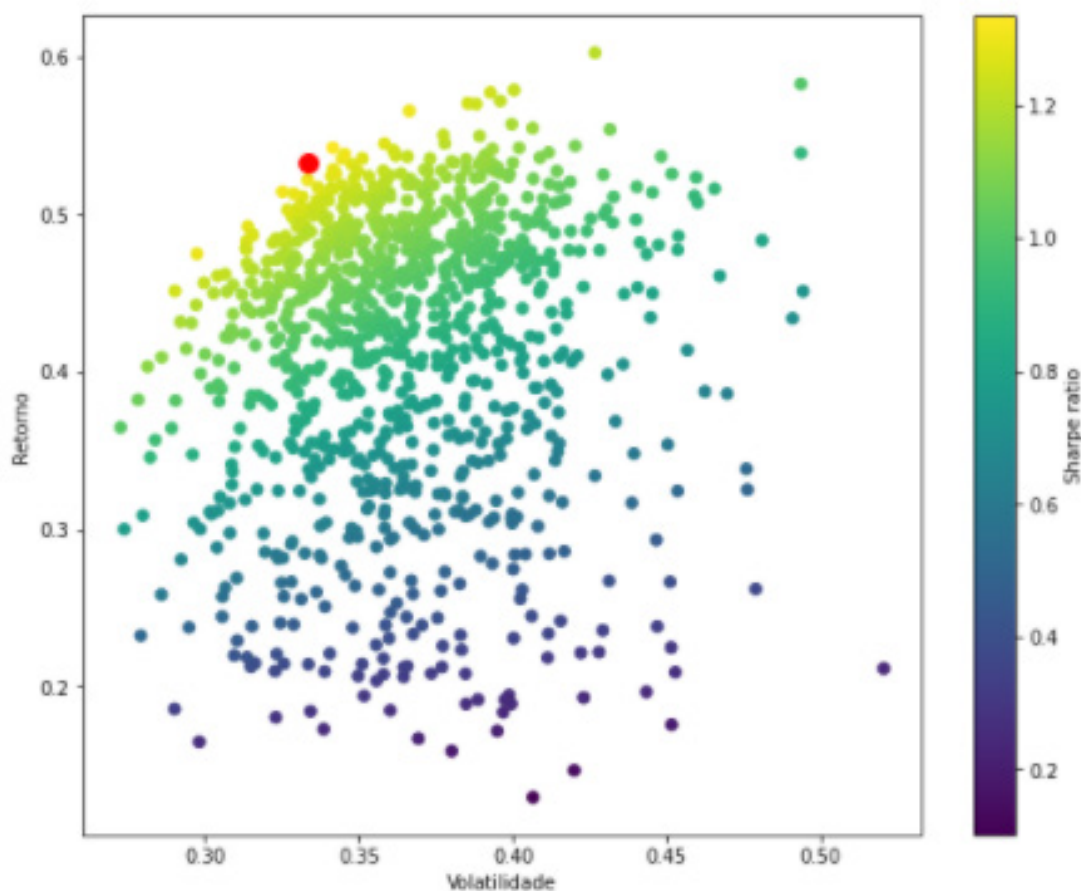
Fonte: autor

No estudo, primeiro foi-se desenvolvido os cálculos que norteiam os pesos das ações dentro do portfólio, ou seja, a proporção em que elas se encontram para depois encontrar o risco do portfólio, sharpe e retorno total. Para gerar maior tangibilidade entre as soluções desta obra e os investidores pessoa física em geral, foi-se determinado que o capital inicial investido nos portfólios como base para todos os cálculos é de R\$5.000,00.

Um portfolio composto por essas ações a partir do primeiro pregão do ano de 2015 com o capital inicial investido de R\$5.000,0 em uma alocação não fundamentada nas teorias do mercado financeiro geraria de retorno ao investidor no dia 23/07/2021 um ganho de capital de R\$165.550,81 sem considerar proventos recebidos das empresas tais como dividendos, bonificações em ações, juros sob capital próprio e subscrições.

Após a determinação dos parâmetros norteadores da simulação do investidor leigo, deu-se início aos cálculos matemáticos propostos por Markowitz.

Figura 6 – Fronteira Eficiente



Fonte: autor

Os pontos amarelados no gráfico são os de maiores Sharpe Ratio, e o ponto vermelho retrata a alocação em Markowitz supracitada onde encontra-se o melhor risco-retorno da fronteira eficiente em questão.

Para a determinação dos outros três parâmetros de identificação de pesos ideais de portfólio, foram utilizados algoritmos quantitativos. Para fins de otimização também do trabalho, todos os cálculos foram desenvolvidos através da biblioteca MLRose em Python.

O algoritmo Hill Climbing é um famoso método de otimização na programação e matemática, é uma técnica de busca local que se inicia a partir de uma solução arbitrária da problemática abordada e segue consequentemente buscando um valor máximo ou mínimo de uma variável na função. O nome se dá por causa dos exemplos que são comumente dados a explicá-lo, a escalada da montanha retrata inúmeros possíveis resultados para funções ou valores que uma equação pode admitir. Os picos das montanhas são os valores mais otimizados para este algoritmo.

O algoritmo começa com uma solução randômica e procura pelos melhores vizinhos. O ponto no Hill Climb onde o Sharpe Ratio é maior, é chamado de 'Máximo Global', mas para chegarmos a esse ponto os pesos precisariam ser inicializados na parte dele da 'encosta'. É necessário executar o algoritmo várias vezes para cair em um ponto maior.

Segundo o algoritmo, não iremos investir em GOL e TOTS. Vamos ter maior alocação em MGLU3, faz sentido pois essa maior exposição vai aumentar os lucros, pois conforme vimos, essa foi a ação que mais se valorizou do portfolio que estamos trabalhando.

Da mesma forma que o Hill Climbing pode gerar o melhor valor possível, ele também pode gerar o pior valor, que calculado gerou um Sharpe Ratio de -0,11 na alocação abaixo:

Figura 7 – Alocação Hill Climbing

```
[234] visualiza_alocacao(pior_solucao) # Para olharmos a pior alocação possível por papel
GOL 14.116661726193536
CVC 20.83619365112064
WEGE 0.0
MGLU3 0.0
TOTS 0.0
BOVA 65.04714462268582
```

Fonte: autor

Dados o bom momento do mercado financeiro do ano de 2015 para o ano de 2021, mesmo levando em consideração momentos de estresse de mercado por questões macro-ambientais às organizações, o pior portfólio possível para o algoritmo gerou um retorno de R\$10.932,56 sob valor inicialmente aportado na estratégia.

Percebemos que temos uma diferença bem interessante entre o retorno do portfólio alocado com Hill Climb e o retorno do portfólio randômico efetuado anteriormente. Por isso é importante aprendermos a fazer os cálculos pois podemos buscar um conjunto de ações e tentamos fazer uma simulação de quanto ganharíamos no futuro caso investíssemos, pois algumas carteiras tendem a repetir o comportamento no futuro, apesar de depender logicamente do mercado e macroeconomia em geral. Aqui constatamos que os investidores que sabem onde e como alocar seu capital ganham muito mais dinheiro do que os investidores que simplesmente fazem alocações randômicas sem utilizar a matemática correta, na pior alocação o investidor perderia para a renda fixa do período, por exemplo.

O segundo algoritmo utilizado nesta obra foi o Simulated Annealing, também chamado de têmpera simulada. É um algoritmo inspirado na física, uma vez que annealing é o processo utilizado para a fundição de um metal, onde o mesmo é aquecido diretamente a uma temperatura elevada e em seguida é resfriado lentamente. O conceito foi desenvolvido por Kirkpatrick, Gelatt e Vecchi em 1983, e independentemente por Cerny em 1985. O algoritmo começa com uma solução aleatória utilizando uma variável que representa a temperatura (começa alta e abaixa no decorrer do algoritmo), é como definir uma estrutura de repetição que irá executar até a temperatura abaixar. Se a solução é pior que a anterior, ainda existe uma probabilidade de selecioná-la, e vai para uma solução ruim para depois encontrar uma solução favorável.

O último algoritmo explorado nessa obra é o algoritmo genético. Nele primeiramente criamos uma população inicial, ao invés de criarmos uma única solução como nos algoritmos anteriores, criaremos uma população de soluções de possíveis pesos onde cada solução é um 'indivíduo', o conjunto das soluções é chamado de 'cromossomo', cada um dos valores é chamado de 'gene'. Após criar a população inicial, o próximo passo é avaliar a população e determinar o critério de parada, uma vez que executaremos o algoritmo genético por um número finito de operações. Se não chegarmos em um critério de parada, selecionaremos os pais, os portfólios de maior Sharpe Ratio, e uma vez os pais selecionados, criaremos os operadores genéticos (crossover/reprodução). O segundo operador genético é a mutação, onde podemos fazer trocas nos genes e logo na sequência, iremos para a avaliação da população novamente. Os indivíduos que apresentam soluções não favoráveis são descartados e a população sobrevivente é definida, sendo o fluxo do cri-

tério de parada seguido até que seja atingido o objetivo, que é o número de gerações, e consequentemente a listagem do melhor indivíduo.

No tratamento dos dados, para se chegar a uma solução final de qual a melhor alocação e método nesse cenário, foi-se utilizado o cálculo do CAPM (Capital Asset Pricing Model). O CAPM descreve as relações entre o retorno esperado e o risco, comparando o portfólio com o mercado (IBOVESPA). Com o cálculo do CAPM, podemos comparar a subida ou descida do IBOV com as empresas, uma empresa pode ser menos ou mais volátil que o mercado, sendo o primeiro passo para encontrar o CAPM é encontrar o Beta. Beta igual a 1 indica fortemente correlacionado com o mercado; Beta menor que 1 (Defensivo) indica que é menos volátil que o mercado; Beta maior que 1 (agressivo) indica que é mais volátil: 1.15 é 15% mais volátil que o mercado. Logo, adicionar ativos “defensivos” (< 1) indica que o risco da carteira será menor. O CAPM é interpretado a partir da seguinte premissa: “se alguém investir na carteira, ganha X% de retorno para ser compensado pelo risco que está correndo, se o valor do CAPM for igual a X”.

Então, com os pesos otimizados tanto via fórmulas tradicionais quanto algoritmos e cálculos avançados, foi-se calculado o risco de cada uma a partir da variância das taxas de retorno e volatilidade, pois um dos objetivos é saber se o risco de investir em uma carteira de ações separadas é maior ou menor do que investir diretamente no índice Ibovespa. Também efetuaram-se cálculos de riscos não sistemáticos, pois são riscos específicos das empresas, intrínsecos ao seu mercado ou padrões de consumos de seus consumidores, uma vez que riscos sistemáticos são mudanças diárias nos preços das ações devidos a eventos como recessões econômicas, política, desastres, etc. Tal risco não pode ser eliminado e afeta todas as empresas como um todo.

Com os resultados, conseguimos reunir dados suficientes para refletir acerca do contraste entre a matemática e o empirismo no meio dos investimentos, abaixo segue comparativo entre variância, volatilidade, riscos não sistemáticos, Sharpe Ratio, CAPM e valor final (ganho de capital) de cada sugestão de alocação de portfólio.

Figura 8 – Resultados dos portfólios

RETORNO PESOS RANDÔMICOS						
VARIÂNCIA	VOLATILIDADE	RISCOS NÃO SISTEMÁTICOS	SHARPE RATIO	CAPM	VALOR FINAL	
0,115	33,93	0,263	0,97	13,65%	R\$ 165.550,81	
RETORNO PESOS MARKOWITZ						
VARIÂNCIA	VOLATILIDADE	RISCOS NÃO SISTEMÁTICOS	SHARPE RATIO	CAPM	VALOR FINAL	
0,111	33,36	0,323	1,32	12,16%	R\$ 179.279,65	
RETORNO PESOS HILL CLIMB						
VARIÂNCIA	VOLATILIDADE	RISCOS NÃO SISTEMÁTICOS	SHARPE RATIO	CAPM	VALOR FINAL	
0,282	53,12	0,647	1,12	17,19%	R\$ 371.962,95	
RETORNO PESOS SIMULATED ANNEALING						
VARIÂNCIA	VOLATILIDADE	RISCOS NÃO SISTEMÁTICOS	SHARPE RATIO	CAPM	VALOR FINAL	
0,268	51,78	0,566	1,11	18,62%	R\$ 350.435,98	
RETORNO PESOS ALGORITMO GENETICO						
VARIÂNCIA	VOLATILIDADE	RISCOS NÃO SISTEMÁTICOS	SHARPE RATIO	CAPM	VALOR FINAL	
0,189	43,48	0,442	1,08	16,76%	R\$ 264.707,79	
BOVA11 (IBOV) NO PERÍODO						
VARIÂNCIA	VOLATILIDADE	RISCOS NÃO SISTEMÁTICOS				
0,0708	26,6	0,141				

Fonte: autor



Sendo o Sharpe Ratio a diferença entre o retorno do investimento e o retorno do investimento livre de risco disponível no mercado, que em questão foi-se utilizado a taxa básica de juros determinada pelo Comitê de Política Monetária do Brasil, onde utilizaram-se os dados de 2015 até a última determinação do ano de 2021 até o momento, e de forma geral, quanto maior o valor do Sharpe Ratio, mais atraente se torna o produto de investimento, pois em sua relação contrária, em casos de Sharpe Ratio negativo concluiu-se que a taxa livre de risco (ou risk-free rate) é maior do que o retorno do portfólio, ou o mesmo pode ser negativo, foi-se determinado a adoção dos pesos determinados pelo cálculo proposto por Markowitz.

Conforme ilustrado acima, a variância e a volatilidade fornecidas através dos pesos proporcionados pela aplicação dos estudos de Markowitz nas ações foram muito inferiores do que seus pares, retornando valores de 0,111 e 33,36, ou seja, a carteira apresenta resultados poucos voláteis que se afastam da sua média com baixa frequência. A probabilidade de ocorrência de riscos não sistemáticos ficou ligeiramente acima do valor proposto através dos cálculos a partir de pesos randômicos para as ações do portfólio, mas como o presente trabalho possui como objetivo a maximização do retorno em relação ao risco corrido pelo investidor, foi escolhido como melhor alocação os pesos de Markowitz, mesmo com o valor final sendo inferior ao portfólio sob os pesos determinados por algoritmos de otimização e maximização de valores, pois o risco corrido neste é inferior ao risco corrido nos demais, conforme visualizado nos valores de volatilidade de cada um, logo, o investidor estará mais seguro e consciente da alocação de seu capital.

Com a determinação do melhor peso possível de cada ação do conjunto de ações do portfólio em questão, foi-se calculado através da simulação de Monte-Carlo a previsão dos preços futuros para os próximos 50 dias. O primeiro passo para a preparação dos valores para o cálculo se dá a partir da normalização dos retornos do portfólio, como nossa finalidade nesta etapa é calcular como se dá o retorno do portfólio mais otimizado em uma previsão para 50 dias, multiplicaram-se os pesos pelos valores já normalizados e somaram-se para formar o "VALOR PORTFOLIO", que é o valor do portfólio balanceado normalizado.

Figura 9 – Valor Portfólio

```
dataset_normalizadomc['VALOR PORTFOLIO'] = dataset.sum(axis = 1)
dataset_normalizadomc = pd.DataFrame(dataset_normalizado['VALOR PORTFOLIO'])
dataset_normalizadomc
```

VALOR PORTFOLIO	
0	1.000000
1	0.980591
2	0.985072
3	1.016160
4	1.021585
...	...
1620	2.852034
1621	2.862552
1622	2.867076
1623	2.830532
1624	2.841646

1625 rows x 1 columns

Fonte: autor



O terceiro passo se deu a partir do cálculo do Drift, pois faz parte do movimento browniano para modelar o R (taxas de retorno previstas), o Drift retrata a direção que as taxas de retorno tiveram no passado. A preparação da base de dados para o cálculo do Drift começa com o cálculo das taxas de retorno diárias e logo após a subtração da média pela variância das taxas de retorno multiplicadas pelo fator de risco 0,5.

Figura 10 – Cálculo do Drift

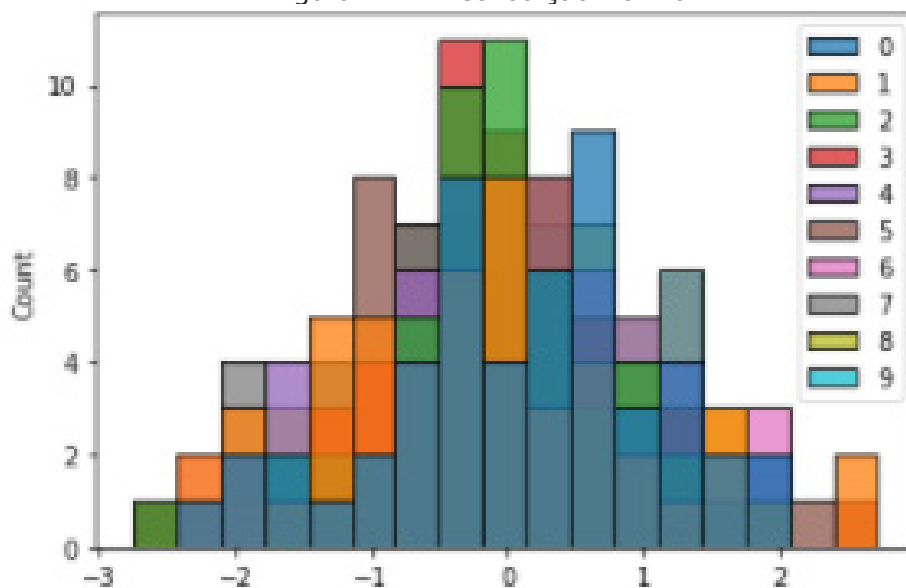
```
# Calculo do Drift
media = dataset_taxa_retorno.mean()
variância = dataset_taxa_retorno.var()
variância
drift = media - (0.5 * variância) # 0.5 é o fator aleatório
drift
```

VALOR PORTFOLIO 0.000493

Fonte: autor

Com o Drift em mãos, realizou-se o cálculo do desvio padrão a partir dos retornos diários, uma vez que o desvio padrão indica o quanto as taxas de retorno estão afastadas da média. Na etapa seguinte efetuou-se a criação de uma matriz do conjunto de números aleatórios que seguem a distribuição normal para a quantidade de dias para serem previstos e simulações requeridas. Para fins práticos foi selecionado 10 simulações, podendo ser definidas inúmeras simulações, quanto mais simulações, melhor a estimativa, conforme figura abaixo:

Figura 11 – Distribuição Normal



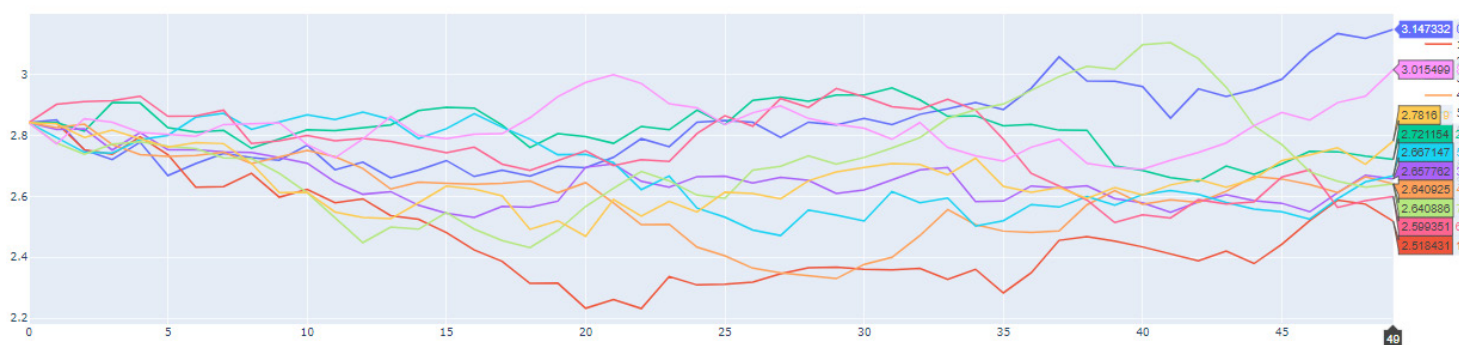
Fonte: autor

Nota-se que na distribuição normal temos as separações por cores pois nós temos 10 linhas na matriz que está gerando um histograma para cada valor. A cor azul indica o histograma somente para o primeiro vetor, e a cor laranja indica o histograma para o segundo vetor, por exemplo. Com isso podemos efetuar a previsão dos retornos diários para 50 dias e partir do último preço da base de dados para “VALOR PORTFOLIO”, calculou-se as previsões de preços a partir dos retornos diários estimados.

Para melhor visualização e conseqüente interpretação, criou-se um gráfico com as 10 previsões para cenários distintos.

Figura 12 – Gráfico de Previsões

Previsões do preço das ações - simulações



Fonte: autor

Conforme a previsão dada pela simulação Monte-Carlo, no pior cenário possível para os próximos 50 dias baseado nos cálculos e dados fornecidos pela base de dados anteriormente, o portfólio teria um retorno de 2,51 em base normalizada, e no melhor cenário possível temos 3,14.

9. CONCLUSÃO

A aplicabilidade dos estudos abordados neste estudo apresentou resultados satisfatórios, dentro do esperado, porque com a aplicação dos devidos cálculos e algoritmos de otimização das bibliotecas do Python, conseguimos chegar a cinco diferentes proporções (pesos) das ações dentro do portfólio de investimentos. A partir dos pesos, calculou-se variância, volatilidade, riscos não sistemáticos, sharpe ratio, CAPM e o valor final, com as mesmas equações, utilizando pesos diferentes em cada cenário. Ao realizarmos uma análise vertical das variáveis adquiridas, concluiu-se que a melhor opção para o investidor é a alocação com pesos proporcionadas através dos cálculos de Markowitz, uma vez que possui melhor relação risco-retorno dada pelo Sharpe Ratio elevado e menor variância e volatilidade em relação aos demais.

A partir da seleção do melhor portfólio, calculou-se a previsão dos preços futuros para os próximos 50 dias, uma vez que detínhamos ao momento os preços e retornos passados e gostaríamos de saber se haveria perspectivas de se manter os ganhos de capital em um horizonte de curto prazo, o que apresentou-se de forma moderadamente satisfatória, sendo 8 das 10 projeções finalizadas com ganho de capital abaixo do inicial, ao fim dos 50 dias.

Referências

- ANDREZO, Andrea Fernandes; LIMA, Iran Siqueira. **Mercado Financeiro: Aspectos Históricos e Conceituais**. Porto Alegre: Guazzelli, 1999.
- ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2014
- ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2013.



- ASSAF NETO, Alexandre. **Mercado Financeiro**. São Paulo: Atlas, 2006.
- BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B. **Discrete-event system simulation**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. J. **Fundamentos de investimento**. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- BODIE, Zvi; MERTON, R. C. **Finanças**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BRESSAN, R. F. **Processos Estocásticos para Finanças: uma introdução**. Disponível em: <<http://clubedefinancas.com.br/materias/processos-estocasticos-para-financas-uma-introducao/>>. Acesso em: 16 de junho de 2020.
- BRITO, Osias Santana de. **Mercado Financeiro: Estruturas**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- BUSSAB, W. O. ; MORETTIN , P. A.; **Estatística Básica**, 5ª ed. São Paulo, S.P. ,Saraiva 2004
- CADINI, D., ZIO, E. A Monte Carlo-based technique for estimating the operation modes of hybrid dynamics systems. **RT&A**. v. 1, n. 2, p. 106-114, 2010
- CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. Atlas, 2011.
- CORREIA NETO, J, F; DE MOURA, H, J; FORTE, S, H, A, C. Modelo prático de previsão de fluxo de caixa operacional para empresas comerciais considerando os efeitos do risco, através do método de Monte Carlo. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 8, n. 3, 2002.
- GITMAN, Laurence J. **Princípios da Administração Financeira**. 10. ed. São Paulo: Pearson Education 2008.
- GONÇALVES JR, Cleber, PAMPLONA, Edson de Oliveira, MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. Seleção De Carteiras Através Do Modelo De Markowitz Para Pequenos Investidores (Com O Uso De Planilhas Eletrônicas). Bauru, SP. **IX SIMPEP** outubro de 2002;
- HAMADA, R. The Effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stocks. **Journal of Finance**, p. 435-452, 1972.
- HILLBRECHT, Ronald. **Economia Monetária**. São Paulo: Atlas, 1999.
- HILLIER, F. S. & LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research**. New York: McGraw Hill, 1995.
- JORION, Philippe. **Risk Management Lessons from Long-Term Capital Management**. (junho 1999). Disponível em: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=169449. Acesso em 03 de fevereiro de 2021.
- JORION, Philippe. **Value-at-Risk: A nova fonte de referência para a gestão do risco financeiro**. 2ª ed. São Paulo: Bolsa de Mercadorias e Futuros, 2003.
- KRUKOSKI, Franklin Angelo. **Programação Linear Aplicada ao Mercado de Opções na Criação de um Portfólio Seguro**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010
- LIRA, SachikoAraki. **Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações**. Curitiba-Universidade Federal do Paraná, 2004.
- LUSTOSA, P. R. B.; PONTE, V. M. R.; DOMINAS, W. R. Simulação. In: CORRAR, L. J; THEÓPHILO, C. R. (Co-ord.). **Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração: contabilometria**. São Paulo: Atlas, 2004. P. 242-284.
- MANKIW, N. Gregory et al. **Introdução à economia**. São Paulo. Pioneira Thomson.2005.
- MARKOWITZ, H. Foundations of portfolio theory. **Journal of Finance**, junho, pp. 469 – 477, 1991.
- MARKOWITZ, H. M **Portfolio Selection: Efficient diversification of investments**. Nova York: Wiley, 1959
- MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection**. 6ª reimpressão da 2ª edição. Massachusetts : Blackwell, 1997.
- MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **Journal of Finance**, Junho, pp. 77 – 91, 1952

- MAYO, Herbert B. **Finanças Básicas**. São Paulo: Cengage Learning, 2009;
- MISHKIN, Frederic S. **Moeda, Bancos, E Mercados Financeiros**. 5.ed Rio de Janeiro: LTC, 2000;
- MONTEVECHI, J. A. B.; PAMPLONA, E. O. ; GONCALVES JUNIOR, C. Seleção de Carteiras Utilizando o Modelo de Markowitz para Pequenos Investidores. In: IX **Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP**, 2002, Bauru. Anais do IX SIMPEP, Bauru: UNESP, 2002.
- MONTEVECHI, J. A. B.; PAMPLONA, E. O. ; GONCALVES JUNIOR, C. Seleção de Carteiras Utilizando o Modelo de Markowitz para Pequenos Investidores. In: **IX Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP**, 2002, Bauru. Anais do IX SIMPEP, Bauru: UNESP, 2002.
- MOORE, J. H., WEATHERFORD, L. R. **Decision modeling with Microsoft Excel**. 6th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.
- MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. In: MIGUEL, P. A. C. (Ed.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 8.
- MOTTA JUNIOR, N.; OLIVEIRA, U. R.; GUTIERREZ, R. H. Minimização de riscos de investimentos em carteira de ações através da pesquisa operacional. In: IV **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - IV SEGET**, 2007, Resende. Anais do IV SEGET, Resende: EADB, 2007
- NAIBERT, P. F. CALDEIRA, J. F. Seleção de Carteiras Ótimas Sob Restrições nas Normas dos Vetores de Alocação: Uma Avaliação Empírica Com Dados da BM&FBOVESPA. **Rev. Bras. Finanças (Online)**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, jul. 2015, p. 504-543.
- NETO, A. A. **Mercado Financeiro**. 3ª edição. São Paulo: Atlas, 2005
- OLIVEIRA, F. A. S. **Desempenho da Otimização Robusta de Carteiras no Mercado Acionário Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013, 115 p.
- OLIVEIRA, Gilson Alves de, PACHECO, Marcelo Marques. **Mercado financeiro, Objetivo e Profissional**. 1.ed São Paulo: Ed. Fundamento Educacional, 2006;
- OLIVEIRA, M. R. G. ROMA, C. M. S. MELO, F.V.S. Otimizando Uma Carteira de Investimentos: Um Estudo Com Ativos do Ibovespa no Período De 2009 a 2011. **Revista Razão Contábil & Finanças**, v. 2, n. 2. Fortaleza, CE, jul./dez. 2011, p. 1-14.
- PEREIRA, Cleverson Luiz. **Mercado de capitais**. 14.Ed.- São Paulo: Intersaberes, Cap. 03, 2013.
- PINHEIRO, Armando Castelar; SADDI, Jairo. **Direito, economia e mercados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- PINHEIRO, Juliano Lima. **Mercado de Capitais: fundamentos e técnicas**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- RIBEIRO, C. O. ; FERREIRA, L. A. S. Uma contribuição ao problema de composição de carteiras de mínimo Valor em Risco. **Gestão e Produção (UFSCar)**, São Carlos, v. 12, n. 2, p. 295-304, 2005.
- ROSS , Sheldon. **A Course in a Simulation** , Macmillan Publishing Company , New York, USA, 1990.
- ROSS, Sethpen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JAFFE, Jeffrey E. **Administração Financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- S. KIRKPATRICK, C.D. GELATT, M.P. VECCHI. Optimization by simulated annealing, **Science**, 220 (1983), 671-680.
- SAMANEZ, C. P. **Gestão de investimentos e geração de valor**. São Paulo: Editora Pearson – Prentice Hall, 2007.
- SAMANEZ, C. P. **Gestão de investimentos e geração de valor**. São Paulo: Editora Pearson – Prentice Hall, 2007.
- SANTOS, T. G.; COROA, U. S. R.; BANDEIRA, A. A. A aplicação do modelo de formação de carteira eficiente de Elton-Gruber em empresas socialmente responsáveis no mercado de ações brasileiro. In: **V Congresso Virtual Brasileiro de Administração**, 2008, São Paulo. Anais do Convibra 08. São Paulo: Convibra 08, 2008. v. 1. p. 42-60.



CAPÍTULO 16

SHARPE, W. F. (1964). Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. **The Journal of Finance**, vol. 19, p. 425-442.

SILVEIRA, Fernando Alves. **Bitcoin Como Ativo Em Carteiras De Investimentos: Uma Análise Com Base No Modelo De Portfólio De Markowitz**. Universidade do Extremo Sul Catarinense UNESC. 2015.



CAPÍTULO 17

APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA COMO MELHORIA NO ATENDIMENTO E FATURAMENTO DE UMA ASSISTÊNCIA TÉCNICA AUTORIZADA EM TERESINA – PI

APPLICATION OF THE PDCA METHOD AS NA IMPROVEMENT IN THE
SERVICE AND BILLING OF A TECHNICAL ASSISTANCE AUTHORIZED IN
TERESINA – PI

Francisco Jairo Ferreira da Costa
Rhubens Ewald Moura Ribeiro

Resumo

A busca por praticidade e facilidade quando se trata de eletrodomésticos está cada vez mais crescente atualmente. Com isso, cresceu também a busca por qualidade de serviços prestados para o conserto desses eletrodomésticos. O presente artigo mostra a aplicação da ferramenta de qualidade PDCA dentro do processo de atendimento de uma assistência técnica para buscar melhorias na satisfação do consumidor e, consequentemente, no faturamento da mesma. O principal objetivo da pesquisa é analisar a eficácia do método PDCA na melhoria do atendimento da assistência técnica. O principal resultado dessa pesquisa foi a padronização dos processos de atendimento que influenciaram diretamente na melhor distribuição dos atendimentos técnicos.

Palavras chave: Qualidade, PDCA, padronização dos processos.

Abstract

The search for practicality and ease when it comes to household appliances is increasing nowadays. With that, the search for quality of services provided for the repair of these appliances also grew. This article shows the application of the PDCA quality tool within the service process of a technical assistance to seek improvements in consumer satisfaction and, consequently, in its invoicing. The main objective of the research is to analyze the effectiveness of the PDCA method in improving the service provided by technical assistance. The main result of this research was the standardization of service processes that directly influenced the better distribution of technical assistance.

Keywords: Quality, PDCA, process standardization

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa tem como foco a aplicação do método PDCA para melhoria contínua do

atendimento ao consumidor e faturamento de uma assistência técnica autorizada de produtos da linha branca, em Teresina-PI.

Atualmente, a qualidade passou a ser o item mais exigido pelos consumidores, visto que, os mesmos estão cada vez mais exigentes quanto a aquisição de produtos e serviços das empresas, e isso faz com que as empresas tendam a investir e priorizar cada vez mais a qualidade de seus produtos e serviços prestados aos consumidores visando fidelizar e barganhar novos clientes e satisfaze-los.

As organizações vêm buscando usar a gestão de qualidade com o propósito de reduzir custos, identificar e eliminar gargalos que tendem a frear ou diminuir a produção, além de buscar capacitar cada vez mais seus colaboradores no intuito de aumentar e melhorar sua produção.

Dessa forma, o PDCA se torna uma ferramenta essencial na busca desses quesitos, tendo em vista que essa ferramenta identifica e age encima das falhas dos processos, facilita na tomada de decisões, padroniza processos e atividades e mantém a integridade dos mesmos. Diante disso, o PDCA, se bem aplicado, pode trazer melhorias pontuais e assertivas para empresas.

Nos dias de hoje, é cada vez mais comum a aquisição pelos consumidores de diferentes eletrodomésticos para facilitar o seu dia a dia em casa e também diversificar e decorar sua moradia. Pois bem, é bem comum e praticamente rotineiro ver nas residências dos consumidores máquinas lavadoras de roupa, de louças, micro-ondas, adegas, cervejeiras, além de, e claro, refrigeradores, fogões e ar condicionados. No entanto, com o aumento das aquisições desses produtos torna-se imprescindível uma assistência técnica autorizada que atenda ao seu produto em caso de falha no mesmo, e é isso que faz muitas vezes um consumidor optar por marcas A ou B, que é a disponibilidade de uma assistência para atendê-lo se necessário.

Com esse crescimento pela aquisição desses produtos pelos consumidores também cresceu a alta demanda de solicitação por assistência técnica, e isso trouxe vários problemas para a empresa, como a alta demanda de atendimentos, a alta quantidade de atendimentos não atendidos, o alto índice de retrabalho com o retorno a casa do consumidor para finalizar o atendimento técnico.

Para solucionar esses problemas a empresa passou a utilizar o método PDCA com o objetivo geral de melhorar o atendimento ao consumidor e conseqüentemente o faturamento da empresa. Para isso foi realizado a descrição do processo de atendimento ao consumidor desde a abertura da ordem de serviço até a conclusão do atendimento ao consumidor; identificação da quantidade de ordens de serviço para cada técnico, bem como quantidade e zonas de atendimento; implantação do PDCA para melhoria no processo de atendimento; e propor o método de padronização e sistematização de todo o processo da empresa para facilitar o processo de atendimento ao consumidor.

Esse trabalho está estruturado da seguinte forma: a primeira parte apresenta-se o resumo e introdução. Logo após, o embasamento teórico no referencial, com o tópico gestão da qualidade, PDCA e padronização de processos, seguido da metodologia que mostra os procedimentos adotados na pesquisa e culminando com a análise e discussão dentro



da empresa analisada, seguida da conclusão e referências utilizadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão da qualidade

Uma empresa que deseja satisfazer os seus clientes precisa desenvolver um trabalho em equipe de qualidade. Dessa forma, é de total importância que todos os seus colaboradores conheçam os objetivos e foco da sua organização da qual faz parte. (MANDELLI, 2014; ABREU; RIBEIRO; MOURA, 2019).

Para alcançar o sucesso, uma empresa precisa conhecer bem seus consumidores, treinar seus colaboradores com envolvimento em atividades de melhoria contínua para que adequem seus funcionários ao cotidiano exigido pelos consumidores (CAROLINO, 2013; SILVA; RIBEIRO; MOURA; ABREU, 2021).

A qualidade no atendimento tende a ser o diferencial de uma empresa, na qual sempre se deve prestar um bom atendimento para que essa primeira impressão seja aprovada pelo consumidor. O cliente sempre será a base da filosofia da empresa (BARBOSA, 2015; LEAL; RIBEIRO, 2021).

A identificação e o diagnóstico dos pontos fortes e fracos da organização servirão como guias para propriedades estratégicas que podem auxiliar no desenvolvimento tanto de novas técnicas de melhorias quanto na adaptação das já existentes para determinado processo que já se situa na organização (AAKER, 2012).

2.2 PDCA

A aplicação do PDCA é a mais utilizada das ferramentas para traçar esse planejamento estratégico dentro da empresa, devido a sua eficácia, visto que ele planeja as atividades, executa as tarefas de acordo com o que foi estipulado no plano, avalia o plano depois de executado e, por fim, age com soluções para os gargalos encontrados. (PEREIRA, 2014; SILVA; RIBEIRO; MOURA; ABREU, 2021).

O PDCA pode ser utilizado para trazer maiores inovações a organização e adaptá-la para novos e grandes desafios produzidos pelo ambiente em que se integra, o que pode ajudar a se sobressair sobre os demais concorrentes (LIKER; FRANZ, 2013).

É preciso fazer um diagnóstico de rotina nas organizações para identificar onde ela está fraca, e em seguida aplicar um método de solução de problemas, para alcançar e manter os resultados esperados pela empresa (FALCONI, 2009).

Ainda segundo o mesmo autor, o PDCA é um método usado para a solução de problemas que impedem o alcance dos objetivos almejados por uma organização. Dessa forma,



esse ciclo se mostra como uma excelente ferramenta para esse tipo de problema.

Segundo Souza (2016), o ciclo PDCA é dividido em 4 etapas, que pode ser explicada da seguinte maneira:

- **P (PLAN – Planejar)** – A primeira etapa consiste em identificar o problema, planejar metas e definir os objetivos que pretende alcançar.
- **D (DO – Executar)** – A segunda etapa consiste em executar as ações planejadas, determinar treinamentos e realizar o mapeamento de dados de investigação do processo.
- **C (CHECK – Checar)** – A terceira etapa se baseia na verificação das ações que foram planejadas e executadas, se estão dentro ou não do planejado e com isso decidir se há ou não necessidade de melhorias.
- **A (ACTION – Agir)** – A quarta etapa consiste na execução, e também identificar se as metas foram alcançadas como proposto no planejamento.

2.3 Padronização de processos

Padronizar significa sistematizar, normalizar e esquematizar todas as formas de economia e redução de desperdício e falhas no processo. Padronização de processos torna a rotina de trabalho e atividades menos propícias a erros e falhas nos processos de uma organização, visto que, é estabelecido uma uniformidade nas atividades ao longo do processo, o que possibilita uma melhoria contínua, pois baseia-se em atividades sistematizadas. No entanto, é importante frisar a importância de cada etapa dentro desse padrão, sendo que, cada processo é dependente do anterior, sendo necessário foco total em cada processo em cada processo para que não sofram discrepância no resultado final do processo executado. (CAVANHA FILHO, 2006; BARBOSA; RIBEIRO, 2019).

A padronização e sistematização de processos podem trazer aumento na produtividade da empresa, além do aumento do retorno financeiro por meio de minimização de desperdícios de tempo e de trabalho incorreto. Seus colaboradores também tendem a ganhar com a padronização, pois facilita na execução do processo, além de utilização correta dos recursos disponíveis, pode aumentar a qualidade do produto ou serviço prestado (BARBOSA; RIBEIRO, 2019; RIBEIRO; MOURA; ABREU; FORTES; ARAUJO, 2020).



3. METODOLOGIA

3.1 Tipos de pesquisa

Quanto aos procedimentos técnicos será usado a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental. Pesquisa bibliográfica, pois partirá de premissas já estudadas e desenvolvidas em livros, artigos, revistas. Pesquisa documental, onde todas as informações necessárias como, quantidade de dias entre a solicitação do atendimento até o dia que o atendimento foi realizado, tempo de conclusão do atendimento, o motivo da não conclusão na primeira visita técnica, todos são coletados por meio de sistema na empresa utilizado.

A classificação da pesquisa quanto aos objetivos será descritiva, pois trata-se da descrição das características de um determinado fenômeno que é o processo de atendimento de atendimento da empresa.

Quanto a abordagem do problema, foi utilizado o método de observação direta e pesquisa documental, visto que, a pesquisa tem como foco total o processo de atendimento da empresa, como, a demora no atendimento, quantidade de atendimentos diários, o fluxo de atendimentos, a distribuição de atendimentos por zona para cada técnico, todas essas informações coletadas por meio de dados do sistema no qual o pesquisador tem acesso direto por ser um funcionário da empresa.

Em relação ao método de pesquisa, será utilizado o indutivo, no qual a pesquisa partirá de algo que está acontecendo na organização, ou seja, parte de algo real, princípios verdadeiros, que faz o pesquisador chegar a relações lógicas até chegar a uma verdadeira conclusão final.

3.2 Técnicas e instrumentos de pesquisa

A produção da pesquisa foi realizada por meio de leitura de livros, artigos, revistas e periódicos, além do estudo do processo de atendimento ao consumidor por meio do método de coleta de dados desde o processo de solicitação do atendimento até a conclusão do mesmo.

Durante o processo de observação direta foram analisados todos os fatores que fazem parte do processo de atendimento ao consumidor por meio de coleta de dados disponíveis no sistema, desde a quantidade de peças solicitadas para buscar solucionar o problema em primeira visita até a quantidade e a complexidade dos tipos de atendimento distribuídos para cada técnico, buscando dessa forma minimizar o mínimo possível a possibilidade de erro no atendimento, como o não cumprimento da visita técnica solicitada pelo consumidor, causando assim a insatisfação do consumidor.

A pesquisa em si não se objetiva em observar pessoas (colaboradores e clientes), mas tão somente a ao processo de atendimento ao consumidor desde a sua solicitação de atendimento até o encerramento, sem a necessidade de interagir, falar, fotografar ou entrevistar as pessoas no processo envolvido, visto que, o pesquisador tem acesso a todas

as informações desejadas por meio de coleta que dispõe o sistema utilizado pela empresa.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Atualmente, a assistência trabalha como autorizada de quatro marcas de produto que predominam nas cidades de Teresina-PI e Timon-MA onde a empresa atua. Para atender a demanda dessas duas cidades, hoje, a autorizada com nove técnicos em refrigeração em atuação, onde sete são externos (atendem exclusivamente a domicílio) e dois internos (que atendem somente na oficina da própria assistência). Até o primeiro semestre do ano de 2019 a empresa trabalhava como autorizada de apenas duas marcas, o que mudou na segunda metade do ano com a chegada das demais.

Até o início da pandemia a empresa estava conseguindo suprir a demanda de seus consumidores onde o consumidor conseguia agendar seu atendimento para até dois dias da data em que se fez o pedido do agendamento. No entanto, com a grave pandemia, que nos cerca até os dias de hoje, a demanda começou a aumentar significativamente devido as pessoas terem que ficar cada vez mais em suas casas, passando a usar cada vez mais seus eletrodomésticos e conseqüentemente necessitando de manutenção para eles. Devido a isso, o agendamento solicitado pelo consumidor passou a se tornar cada vez mais distante, com até sete dias após sua solicitação. Com esse alto grau de necessidade de ser atendido com urgência, alguns consumidores passaram a optar por serviços terceirizados que lhes atendiam diante da sua necessidade solicitada ou num prazo antes do estabelecido pela autorizada. Porém, os consumidores que possuem produtos em garantia se veem na obrigação de aguardar, pois possuem o direito de não pagar pelo serviço prestado.

Com o PDCA pôde-se avaliar todas as questões que levaram a empresa a chegar a esse ponto, como perda de clientes, perdas de receitas, além da insatisfação do consumidor, e com isso buscar a solução para tais problemas que a empresa vem passando.

Na primeira fase do ciclo (planejar), identificou-se que os técnicos retornam muito a casa do cliente, ou seja, não conseguem finalizar o atendimento em primeira visita, que causa perda de tempo e conseqüente mente dinheiro. Notou-se também a má distribuição de atendimentos para os técnicos em campo, técnicos tendo que atuar em até três zonas da cidade por dia, o que se fazia perder muito tempo com locomoção, fazendo com que alguns clientes fossem deixados de ser atendidos pela falta de tempo, além de, claro, um maior custo com combustível e, conseqüentemente, dinheiro. Além disso, pôde-se notar também a grande demanda de atendimentos para poucos técnicos envolvidos. Para o problema de retorno a residência do consumidor foi aderido pela empresa os serviços do Bee Delivery, que é uma plataforma que presta os serviços de entrega de objetos e produtos em toda Teresina. Com isso, o técnico pode solicitar a entrega da peça no endereço do consumidor e com isso ele pode finalizar o atendimento no mesmo dia sem que haja a necessidade de retornar ao endereço. Para o problema de atendimentos a zonas foi submetido que cada técnico poderia atender somente duas zonas da cidade por dia, no máximo, além disso ficou estabelecido que cada técnico sairá com no máximo dez ordens de serviço por dia, dependendo da complexidade e demora em cada atendimento. Em relação a alta demanda de atendimento foi sugerido a direção da empresa a contratação de novos técnicos.



Na segunda fase (fazer), foi padronizado o processo de entrega de peças via Bee Delivery e distribuição de duas zonas por técnicos.

Na terceira fase (analisar), pôde-se analisar que o índice de retorno teve uma queda, porém, em relação a sugestão sobre contratação de novos técnicos não foi acatada, segundo o próprio diretor, por falta de profissionais qualificados no mercado.

Na quarta fase (agir), foi implantada o novo processo, tornando assim padronizado. No entanto, o longo prazo para atendimento ao consumidor não foi solucionado. Diante da não contratação de novos técnicos, a melhor solução para que a empresa não perca mais receitas e cause uma má impressão diante dos consumidores seria abrir mão de duas das marcas e trabalhar apenas com metade, assim seria capaz de atender a necessidade de seus clientes com a mão de obra que tem disponível.

Fases	Atividades
P (Plan)	Identificar e analisar o problema, analisar o processo e criar um plano de ação.
D (DO)	Executar o plano de ação.
C (Check)	Checar os resultados obtidos.
A (Action)	Analisar os resultados.

Quadro 1 – Ciclo PDCA
Fonte: Autoria própria (2021)

O quadro 1 mostra o Ciclo PDCA e suas respectivas atividades.

Fases	Atividade realizadas na empresa
P (Plan)	Problemas: retrabalho; má distribuição de técnicos por zonas da cidade; grande demanda de atendimento para poucos técnicos envolvidos. Plano de ação: evitar o retrabalho de retorno a residência do cliente; padronizar uma quantidade limite de atendimento diário por técnico; distribuir de forma padrão as zonas da cidade para cada técnico.
D (Do)	Implantação do sistema de Bee Delivery para entrega de peças; quantidade máxima de 10 ordens de serviço diariamente por técnico (essa quantidade pode diminuir dependendo da complexidade do serviço); distribuição de 2 zonas da cidade para cada técnico.
C (Check)	Baixa no índice de retorno dos técnicos a residência do cliente causado pela pronta entrega da peça pelo sistema de Bee Delivery; queda no índice de atendimentos não cumpridos diariamente.
A (Action)	Longo prazo para atendimento não foi solucionado pela baixa quantidade de técnicos.

Quadro 2 – Ciclo PDCA aplicado na empresa.
Fonte: Autoria própria (2021).

O quadro 2 mostra a aplicação do ciclo PDCA dentro da empresa, junto com as suas respectivas fases e ações realizadas para buscar melhorar no atendimento ao consumidor. É observado então que a empresa não possui um processo padronizado no processo de atendimento, por isso o ideal seria padronizar o processo desde o início do atendimento para amenizar a insatisfação por parte do consumidor, e para a solução do longo prazo até que o consumidor seja atendido a melhor solução seria a contratação de novos técnicos, que serão melhores destacados nas considerações finais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral foi alcançado, pois foi feito a análise do PDCA aplicado no processo de atendimento ao consumidor desde a solicitação até a conclusão do atendimento. Porém, a pesquisa não alcançou o resultado esperado, visto que, não se obteve êxito no problema causado pela alta demanda de atendimentos, pois a empresa não acatou ao pedido de contratação de mais técnicos pela falta de profissionais capacitados que se encaixam no perfil da empresa, e com isso a tendência torna-se ser cada vez maior de insatisfação por partes dos consumidores com a empresa e, conseqüentemente, com as marcas atendidas pela assistência técnica, o que causa a migração de clientes para outras empresas e marcas, perdendo o prestígio e o respeito do consumidor, pois é cada vez mais clara a procura de qualidade seja de produtos, seja de serviços pelos consumidores mesmo que isso os custem um preço mais alto em relação aos demais concorrentes que não oferecem a mesma qualidade.

Em relação as dificuldades encontradas durante a pesquisa, pode-se citar a dificuldade na divisão das zonas das cidades para cada técnico de acordo com a demanda de solicitação e também de acordo com a especialidade de cada profissional de acordo com os tipos de produto atendidos.

Diante disso, a pesquisa abre portas para pesquisas futuras, onde a empresa pode acatar as medidas solicitadas e com isso deixa em aberto uma nova conclusão e novos desafios futuramente, visto que, atendendo as duas medidas solicitadas (contratação de novos técnicos ou abrir mão de duas das marcas) seria rodado novamente o ciclo PDCA e com isso teríamos novos resultados.

Referências

AAKER, D. A. **Administração estratégica de mercado**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

ABREU, C. R. S.; ARAÚJO, E. S. C.; BARBOSA, K.; FORTES, L. I.; RIBEIRO, R. E. M.; MAPEAMENTO DE PROCESSO DE UM POSTO DE LAVAGEM DE AUTOMÓVEIS DE TERESINA-PI... In: Anais do Simpósio de Engenharia, Gestão e Inovação. **Anais eletrônicos** São Paulo (SP) USP, 2020. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/sengi2020/271396-MAPEAMENTO-DE-PROCESSO-DE-UM-POSTO-DE-LAVAGEM-DE-AUTOMOVEIS-DE-TERESINA-PI>>. Acesso em: 25 out. 2021.

ABREU, C. R. S.; RIBEIRO, R. E. M.; MOURA, K. B. Melhoria Contínua: aplicação de ferramentas da qualidade em uma indústria de pães congelados. In: CONGRESSO BRASILEIRO CIÊNCIA E SOCIEDADE, 2019, Teresina. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/cbcs->



2019/papers/melhoria-continua--aplicacao-de-ferramentas-da-qualidade-em-uma-industria-de-paes-congelados. Acesso em: 12 nov. 2021.

BARBOSA, E. K. A. S.; RIBEIRO, R. E. M.; TEORIA DAS RESTRICÇÕES E MAPEAMENTO DE PROCESSOS EM UM CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO. In: CONGRESSO BRASILEIRO CIÊNCIA E SOCIEDADE, 2019, Teresina. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbcs-2019/papers/teoria-das-restricoes-e-mapeamento-de-processos-em-um-centro-de-distribuicao>> Acesso em: 25 out. 2021

BARBOSA, T. D; TRIGO, A. C. **Qualidade no atendimento como fator de crescimento empresarial.** 2015.

CAROLINO, J. O. **Gestão da qualidade nas pequenas empresas.** Curitiba, p. 2-3, 2013.

FALCONI, V. **O verdadeiro poder.** 2 ed. Rio de Janeiro. Falconi Editora, 2009.

LEAL, Eva; RIBEIRO, Rhubens. QUALIDADE NO PÓS VENDAS EM LOJA DE DEPARTAMENTO, 2021, Teresina. **Anais eletrônicos** Juazeiro do Norte, 2021. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/sengi2021/345493-qualidade-no-pos-venda-em-loja-de-departamento/>> Acesso em 12 nov. 2021.

LIKER, K. L.; FRANZ J. K. **O modelo Toyota de melhoria contínua.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

MACHADO, S. S. **Gestão da qualidade.** Inhumas, p. 37, 2012.

MANDELLI, Aniele da Silveira. **Qualidade no atendimento ao cliente.** Monografia do curso de Administração de Empresas da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2014.

PEREIRA, Fábio Dias, et al. **Conceitos baseado no ciclo PDCA para melhoria no processo produtivo: estudo de caso da aplicação na manufatura de tubos em fibras de vidro.** 2014. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

SILVA, G. F. S.; RIBEIRO, R. E. M.; MOURA, K. B.; ABREU, C. R. S.; **Pizza de calidad:** herramientas aplicadas em la industria Teresina-pi. v.12, n. 3. 2021.

SILVA, T. R.; SOUZA, A. L. L. **Gestão da qualidade como estratégia de competitividade: caso da Baixada Fluminense.** Curitiba, p. 2-4, 2014.

SOUZA, Jefferson Mariano de. PDCA e Lean Manufacturing: Estudo de caso de aplicação de processos de qualidade na Gráfica Alfa. **Revista Ciências Jurídicas e Empresariais**, v. 17, n.1, p. 11-17, 2016.

SOUZA, S. M. O. **Gestão da qualidade e produtividade.** Porto alegre: 2018.

CAPÍTULO 18

A INFLUÊNCIA DO MARKETING DIGITAL, SOBRE AS VENDAS EM UM SUPERMERCADO PIAUIENSE

THE INFLUENCE OF DIGITAL MARKETING ON SALES IN A PIAUIANSE
SUPERMARKET

José Robert Ferreira da Silva Filho

Cicero Tadeu Tavares Duarte

Resumo

Tendo em vista que atualmente as grandes redes varejistas buscam evoluir, mudar e aumentar a qualidade, as redes de pequeno e médio porte não ficam para trás, já que se não buscarem uma constante evolução, poderão fatalmente ter que encerrar suas atividades. Por isso pesquisa-se sobre o ramo varejista que vem se diversificando a cada dia que passa. Fazendo com que os supermercados de pequeno e médio porte, venham perdendo espaço tanto na preferência dos clientes, como no crescimento. A fim de elaborar por meio das ferramentas de marketing digital, um canal de comunicação e divulgação para um supermercado de pequeno porte em Teresina-PI. Para tanto, foi necessário identificar o modo como o marketing atualmente é gerido na empresa, elaborar mídias digitais viáveis para a empresa e aplicar ferramentas de marketing digital para implementação de ações que visem o crescimento da organização. Realizou-se, então, uma pesquisa, aplicada, na sua forma de abordagem quantitativa, a respeito dos objetivos utilizou-se da pesquisa exploratória, o estudo de caso como procedimento técnico e o método científico adotado foi o dedutivo. Diante disso, verificou-se que o número de seguidores aumentou conforme novas lojas iam abrindo, o que impõe a constatação de que o marketing digital é uma boa ferramenta para divulgação de ofertas e posicionamento de marca.

Palavras chave: Marketing Digital. Vendas. Supermercados. Estratégia.

Abstract

Given that large retail chains are currently seeking to evolve, change and increase quality, small and medium-sized chains are not left behind, as if they do not seek constant evolution, they may have to cease their activities. Therefore, research is carried out on the retail sector that has been diversifying with each passing day. Making small and medium-sized supermarkets have been losing space both in terms of customer preference and growth. To develop, through digital marketing tools, a communication and dissemination for the supermarket in Teresina-PI. Therefore, it was necessary to identify the way in which marketing is currently managed in the company, develop viable digital media for the company and apply digital marketing tools to implement actions aimed at the organization's growth. Then, research was carried out, applied, in its form of quantitative approach, regarding the objectives, exploratory research was used, the case study as a technical procedure and the scientific method adopted was the deductive one. Therefore, it was found that the number of followers increased as new stores were opening, which imposes the realization that digital marketing is a good tool for disseminating offers and brand positioning.

Keywords: Digital marketing. Sales. Supermarkets. Strategy.



1. INTRODUÇÃO

O ramo varejista é uma área bastante disputada, onde as grandes redes de varejo disputam cliente a cliente a liderança do mercado. Mercado esse que vem se diversificando a cada dia que passa, com a chegada de multinacionais, ou pela chegada de grandes redes varejistas de apelo nacionais, os supermercados de pequeno e médio porte, aqui chamados de “supermercados de bairro”, vêm perdendo espaço tanto na preferência dos clientes, como no crescimento.

Seja pela oferta de demanda, seja pela praticidade, seja pelo motivo que for, porém o motivo principal para essa perda de espaço são os preços. Com uma política de preço bastante agressiva, por conta do poder de negociação, essas redes varejistas acabam por tomar de conta do mercado, seja aonde for que cheguem. Inibindo o crescimento do mercado local, e em muitas vezes o fechamento de pequenas redes varejistas.

Segundo Las Casas (2013) existem várias definições para varejo, uma dessas definições afirma que varejo é a atividade comercial responsável por providenciar mercadorias e serviços desejados pelos consumidores. Com essa situação, buscam-se alternativas, para competir com grandes redes, que por sua vez tem maior capacidade de negociação lhes proporcionando melhores preços de venda e uma estratégia de marketing bastante agressiva, focando principalmente, no preço.

Tendo em vista que a capacidade de negociação dificilmente será melhor por conta do cenário existente, busca-se no marketing uma alternativa para tentar competir com esses gigantes do mercado, para Kotler e Keller (2012) o marketing envolve a identificação e a satisfação das necessidades humanas e sociais, definindo de uma maneira mais simples, pode-se dizer que ele ‘supre necessidades lucrativamente’.

Com o passar dos anos, conforme a forma de fazer comércio evoluía, o marketing evoluía junto. Para Kotler e Keller (2012) Pode-se afirmar com alguma convicção que o mercado hoje, já não é mais o mesmo o que costumava ser. Pelo contrário, ele está drasticamente diferente do que era somente a dez anos atrás. Com o marketing tendo essa evolução junto com o comércio, com novas forças sociais, agindo em grande parte das vezes de forma interligada, criando comportamentos, oportunidades e desafios para o marketing.

Acompanhando a drástica evolução tecnológica que tivemos nos últimos anos, forças sociais como globalização, rede de tecnologia da informação e transformação no varejo, criaram uma situação em que àqueles que não evoluíssem ou mudassem os rumos estratégicos de seu negócio fatalmente sobreviveriam no mercado.

Para Kotler e Keller (2012) a mudança ocorrida tanto na maneira como era feita o varejo, quanto nas forças sociais, fizeram surgir também, novas competências organizacionais, competências essas que se casam muito bem com o que foi dito anteriormente. Pois principalmente com a globalização, a rede de tecnologia da informação e a transformação no varejo as empresas poderiam usar a internet como um canal de informações e vendas, captar informações dos clientes, explorar as mídias sociais para amplificar a mensagem



de sua marca, vender produtos personalizados, melhorar a comunicação interna entre seus colaboradores, no geral, essa mudança na forma como era feito o varejo, para como está hoje, não pode ser considerada no todo como uma mudança, mais sim como uma evolução.

Porém, com o avanço da tecnologia, e na forma como o marketing foi evoluindo, conceitos básicos do marketing não podem ser esquecidos, conceitos esses que irão nortear os rumos da organização. McCarthy classificou o mix do marketing por quatro P's, compostos por produto, preço, praça e promoção, porém esse conceito hoje já não representa mais todo o cenário. Existindo agora um conjunto mais representativo para o marketing moderno, pessoas, processos, programas e performance (KOTLER; PHILIP, 2012).

Com a competitividade entre as redes varejistas, apresentar um serviço de qualidade, e com um baixo custo, torna se imprescindível, serviços esses que venham atender tanto os conceitos básicos de marketing, como os conceitos modernos. Antes feito apenas por vias mais tradicionais, o marketing aprimorou se, dando ênfase aos canais digitais, que direciona de uma forma pratica ao consumidor o que a organização desejar.

Drucker (1999) afirma que, um dos maiores desafios gerenciais a serem enfrentados pelas organizações atuais, são as constantes mudanças. Dessa maneira as organizações devem ser perceptíveis a mudanças. Dificuldade essa reduzida num ambiente onde a tomada de decisões é feita não por um conselho gestor, mais sim por poucas pessoas, podendo pôr em pratica o mais rápido possível o que foi decidido.

Para Peçanha (2015) marketing digital, é o conjunto de atividades que um empresa (ou pessoa) executa online com o objetivo de atrair novos negócios, criar relacionamentos e desenvolver uma identidade de marca.

O marketing digital vem se desenvolvendo bastante nos últimos anos, à medida que novas tecnologias surgem, novos hábitos surgem também. A facilidade e a rapidez, com que as pessoas têm acesso a informação, acabam que criando novos canais de comunicação, canais esses que podem e devem ser utilizados por organizações de todos os portes.

No Nordeste, mais especificamente no Piauí, a cultura da população é sair de casa, ir ao mercado, pegar o carrinho de compras, escolherem seus produtos, enfrentarem uma fila para efetuarem o pagamento, pagamento esse que dependendo da forma pode não ser aprovado. Assim que terminando o processo finalmente irem embora. Tornando isso um dos principais problemas a ser enfrentado no processo de implantação do marketing digital (SILVA,2020).

Porém, com a necessidade, seja pela falta de segurança, falta de tempo e principalmente do público mais novo, e que nasceu "dentro" da tecnologia de retirar o atrito existente nesse processo, o marketing digital, vem como uma solução perfeita pra isso, pois além de atrair um novo público, com a criação do e-commerce, retirar o atrito existente no processo tradicional, e consequentemente aumentando os lucros da empresa (CAVALCANTE, 2017).

Dessa forma, o trabalho busca responder a seguinte questão, como se utilizando principalmente do marketing digital, a organização pode atrair novos clientes, e implantar

um meio virtual de vendas, num mercado onde hoje é estabelecido em sua maior parte, mercados físicos?

Inicialmente apresenta-se como hipótese a criação de um espaço online onde os atuais clientes possam, além de ver promoções e avisos, terem um canal de comunicação direta, menos burocrática e com menos atrito que os meios tradicionais, para que posteriormente possa ser utilizado como uma ferramenta para atrair novos clientes, difundir a marca e expandir o negócio para outro mercado além do físico, o mercado virtual.

Assim, o presente trabalho apresenta como objetivo principal elaborar por meio das ferramentas de marketing digital, um canal de comunicação, divulgação de um supermercado de pequeno porte em Teresina-PI. Além disso, também exhibe como objetivos específicos: identificar o modo como o marketing atualmente é gerido na empresa, elaborar mídias digitais viáveis para a empresa, aplicar ferramentas de marketing digital para implementação de ações que visem o crescimento da organização e definir ações dentro do marketing digital que trouxeram os melhores resultados.

Portanto essa pesquisa, justifica-se pela necessidade que as redes varejistas, principalmente as de pequeno e médio porte, tem de ser manter no mercado, buscando além dessa manutenção, o crescimento. Utilizando das ferramentas tanto de marketing, mais principalmente do marketing digital para isso, por ele fornece os resultados iniciais de maneira mais rápida, e por inicialmente seu baixo custo para implantação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Marketing

Segundo Kotler e Keller (2006), O marketing é uma função organizacional e um conjunto de processos que envolvem a criação, a comunicação e a entrega de valor para os clientes, bem como administração do relacionamento com eles, de modo que beneficie a organização e seu público interessado. Porém, a visão de marketing vai além disso, pois pode-se estabelecer definições diferentes de marketing sob as perspectivas social e gerencial.

Ainda segundo esses autores, mais que uma função organizacional, marketing é um processo social, no qual pessoas ou grupo de pessoas conseguem obter o que necessitam através da criação, oferta e negociação de produtos e serviços. Ou seja, antes de atender o mercado, o marketing tem que entendê-lo, para aí sim oferecer um serviço mais próximo ao ideal.

Para Las Casas (2006) o marketing engloba todas as atividades concernentes às relações de troca, orientadas para a satisfação dos desejos e necessidades dos consumidores visando alcançar determinados objetivos de empresas ou indivíduos e considerando sempre o ambiente de atuação e o impacto que essas relações causam no bem-estar da sociedade, o marketing não visa somente a satisfação por parte da organização, mais sim uma satisfação mútua, tanto do cliente como da empresa.



Marketing social, na definição de Oliveira (2014) é o tipo de marketing que promove a responsabilidade social da empresa através de ações solidárias. O principal objetivo do marketing social é acabar com o individualismo e influenciar as pessoas a realizar ações sociais em benefício ao próximo.

O marketing de resposta, de acordo com Oliveira (2014), é responsável por solucionar os problemas de imagem e procurar as deficiências da empresa com o público externo. O marketing de resposta busca essencialmente o feedback das ações da empresa, a fim de descobrir o que precisa ser mudado ou melhorado na organização.

O marketing viral, segundo Oliveira (2014), é o marketing focado nas redes sociais, que tem o objetivo de criar formar de propagar uma imagem positiva da empresa muito rapidamente.

No presente trabalho, o foco principal será o marketing digital que nas palavras de Cobra (2010) o marketing digital se refere ao conjunto de atividades direcionadas a promover e comercializar produtos e serviços utilizando meios digitais para chegar até os consumidores.

É possível notar que o marketing é uma ferramenta fundamental para qualquer empresa, não importa o segmento, não apenas como métodos de promoção de seus serviços, ou conhecimento de sua demanda, mais também como ferramenta estratégica para vantagem competitiva.

2.1.1 Mix de marketing

Para Kotler (2003), pode se entender como *mix de marketing* um conjunto de ferramentas à disposição da gerência para influenciar as vendas. A fórmula tradicional é conhecida como os quatro P's do *marketing*: produto, preço, ponto e promoção (*product, price, place, promotion*). Em suas palavras os quatro P's representam a visão que a empresa, seja ela varejista, de serviços entre outras, tem das ferramentas disponíveis de marketing para influenciar compradores.

Segundo Churchill e Peter (2005), o *Mix de marketing* se trata de uma combinação de ferramentas estratégicas usadas para criar valor para os clientes e alcançar os objetivos da organização.

O mix de marketing segundo Steffen (2009), é planejado para satisfazer as necessidades de cada mercado-alvo na qual a empresa busca alcançar, além de desenvolver uma estratégia de posicionamento, como exibido na figura 1.



Figura 01 – Os quatro P's do marketing
Fonte: Kotler e Keller (2006)

O mix de marketing tem como funções a definição de produtos, se existe a possibilidade desse produto ser ou não lançado, se atende às necessidades dos clientes; decisão de preço, vantagem competitiva e retorno para a empresa; envolve decisão de promoção; decisão de praça ou distribuição, onde envolve a escolha dos meios de canais de vendas que consiga alcançar e satisfazer as necessidades dos clientes (GONÇALVES et. al., 2008).

2.1.1.1 Produto

Para Kotler (2008) produto pode ser definido como a necessidade se desejo do consumidor, dessa forma como qualquer coisa que possa ser oferecida a um mercado para atenção, aquisição, uso ou consumo, e possa satisfazer a um desejo ou necessidade. Produto não são apenas bens tangíveis, objetos físicos. Mais serviços, pessoas, locais, organizações, ideias ou combinações desses elementos, são também consideradas produtos.

Ainda segundo Kotler (1998), serviço é qualquer ato ou desempenho que uma parte possa oferecer a outra e que seja essencialmente intangível e não resulte na propriedade de nada. Sua produção pode ou não estar vinculada a um produto físico.

2.1.1.2 Preço

Kotler e Keller (2006) constatam que comparado aos outros elementos de marketing, o preço se diferencia pela obtenção de receita, já que os demais apresentam apenas custos. Os autores ainda afirmam que os consumidores e os fornecedores são variáveis importantes e devem ser analisados para que seja desenvolvida uma estratégia de preços.

Sendo assim preço é uma quantia que é cobrado por um respectivo produto ou serviço. O consumidor em troca dessa quantia paga, recebe os benefícios do produto ou serviço adquiridos. Sendo do mix de marketing, o preço o único componente a gerar receita.

2.1.1.3 Promoção

Para Kotler (1998), promoção são as ações que incidirão sobre certo produto e/ou serviço, com o principal objetivo de estimular a sua comercialização ou divulgação.

Kotler e Armstrong (2003, p. 363), apontam que existem uma sequência de tópicos que devem ser levados em consideração, como parte das principais ferramentas de promoção dirigidas ao consumidor conforme tabela 01:

Item	Quantidade
Amostras	São consideradas uma oferta prévia do produto, com a finalidade de que o cliente experimente o produto.
Cupons	Utilizados como artifício para atrair clientes por meio da oferta de descontos em determinados produtos.
Ofertas de devolução de dinheiro	Uma ferramenta parecida com o cupom de vendas, entretanto, se diferencia por representar uma redução no valor do produto após a compra, e não especificamente na loja. Dessa forma, o consumidor precisa mandar um "comprovante de compra" ao fornecedor, e logo depois, deve ter uma parcela do valor reembolsado por via postal.
Pacotes promocionais	Ofertam ao público uma série de descontos em referência aos preços normais, onde os preços modificados, são marcados pelo fabricante diretamente na embalagem.
Brindes	Ofertados com o objetivo de incentivar a compra de outros produtos, são fornecidos de maneira gratuita ou paga com menor valor.
Brindes Promocionais	Oferecidos como forma de presentear os consumidores.
Promoções nos locais de vendas	Oferecem ao consumidor a oportunidade de receber alguma premiação, como produtos, brindes, ou até mesmo dinheiro, por meio de jogos ou concursos.

Programas e recompensas de fidelidade Para incentivar a fidelização do cliente a marca ou o estabelecimento, são oferecidos valores em dinheiro ou produtos como forma de incentivo a continuidade do processo de compra.

Tabela 1 – Principais ferramentas de promoção dirigidas ao consumidor.
Fonte: Adaptado de Princípios de Marketing (Conrado, 2003)

Para Kotler e Armstrong (2005, p. 48): “Promoção envolve as atividades que comunicam os pontos fortes do produto e convencem os clientes-alvo a comprá-lo”. Deste modo a maneira como o produto será divulgado terá grande impacto, nas suas vendas, fazendo com que os clientes tenham a certeza de que ele irá satisfazer suas necessidades e desejos.

2.1.1.4 Praça

Praça é o composto de marketing onde é apresentada a maneira de disponibilizar os produtos ou serviços aos mercados consumidores. Ou seja, a distribuição do produto. Kotler e Armstrong (1993, p.29) afirmam a colocação quando denominam praça como “[...] as atividades da empresa que fazem com que o produto esteja disponível para os consumidores-alvo”.

Dias (2003, p. 9), acrescenta que “as decisões da variável distribuição englobam a escolha dos canais de vendas e distribuição para que o produto esteja no lugar certo, no momento certo, e o cliente possa realizar a compra e satisfazer a sua necessidade”.

Las Casas (1999) cita que é essencial e de grande importância que a organização tenha canais eficientes que levem os produtos até o comprador final, ou seja, a praça.

Como os autores acima frisam, entender mix de marketing é essencial para que a organização se mantenha no mercado, de forma ativa, e conheça além do que está disposta a vender, os seus consumidores, pois somente assim a organização poderá alcançar seus objetivos.

2.2 Marketing digital

Segundo Ramos (2015), com a evolução da tecnologia da informação e da comunicação especialmente a internet, surgiu o e-marketing, também conhecido como marketing digital ou marketing eletrônico. Segundo Limeira (2007), o marketing digital pode ser entendido como o conjunto de ações de marketing intermediadas por canais eletrônicos, onde o cliente controla a quantidade e o tipo de informação recebida.

Na definição de Reed (2001, p. 26), o marketing eletrônico, pode ser definido como o conjunto de atividades realizadas de forma on-line que contribuem para a venda e produção de serviços ou produtos, com o objetivo de atender as demandas do cliente, onde esse tipo de marketing se liga de forma direta ao uso de plataformas e meios digitais, tanto para venda, como para promover pesquisas que permitem conhecer o perfil do pú-



blico consumidor e desenvolver estratégias de vendas, através de feedbacks e análise dos históricos de compras.

Segundo Oliveira e Lucena (2012), o principal motivo do marketing digital ser utilizado frequentemente pelas organizações é que os seus recursos são geralmente audiovisuais, facilitando o entendimento e o impacto em seus clientes.

É comum que as empresas utilizem serviços online para encontrar, atingir, comunicar e vender a clientes em potenciais ou clientes reais. Nas palavras de Kotler (2009, p. 635), isso acontece por quatro vantagens que o ambiente digital proporciona, como: a capacidade que as empresas de diversos portes possuem em enfrentar seus custos, a ausência de limite de espaço para a propaganda, diferente da divulgação física, o rápido acesso as informações e a opção de oferecer velocidade e privacidade ao consumidor durante a aquisição do produto.

Segundo Brandão (2011), na internet, as empresas têm um espaço virtual onde podem atender seus clientes, e isso faz com que o fator "proximidade" deixe de existir, pois agora o consumidor está à mesma distância de uma empresa e todas as suas concorrentes em apenas um clique.

Uma das mudanças mais significativas é que na internet, o cliente vê apenas o que desejar. De acordo com Brandão (2011), se antes, na propaganda tradicional, o anunciante decidia a mensagem e a "despejava" nas mídias, agora quem decide a mensagem que deseja ver é o consumidor, ou seja, é o interesse do cliente pelo assunto que ativa a comunicação e não mais o interesse da empresa em fazer com que o cliente conheça seu produto.

Hoje, de acordo com Oliveira e Lucena (2012), as empresas esperam cada vez mais que seus clientes busquem em âmbito virtual satisfazerem seus desejos e necessidades, além de conquistar novos clientes eletronicamente.

No sentido do que foi mostrado acima, Vaz (2011) introduz a metodologia dos 8 P's onde fala sobre como o consumidor médio entende, e posteriormente mergulha no comportamento individual, são eles de acordo com a tabela 02:

Item	Quantidade
PESQUISA	"A pesquisa é o estudo do comportamento e das necessidades do público-alvo".
PLANEJAMENTO	"O planejamento é a definição de metas e objetivos, ao qual deve ser especificado as ações detalhadas necessárias para alcançá-los".
PRODUÇÃO	Uma ferramenta parecida com o cupom de vendas, entretanto, se "A produção é onde ocorre a execução do site conforme foi planejado".
PUBLICAÇÃO	"A publicação é o conteúdo e informação que a empresa expõe na rede, seja no site ou nas mídias sociais".
PROMOÇÃO	"A promoção na internet ocorre por meio de publicações que possuem conteúdo relevante ao consumidor".

PROPAGAÇÃO	"A propagação é a reação espontânea das pessoas através de uma promoção ou simples publicação".
PERSONALIZAÇÃO	"A personalização é o atendimento especial na internet que cada cliente precisa ter".
PRECISÃO	"A precisão trata-se da coleta de informações dos resultados das ações, o objetivo da precisão é descobrir os erros e acertos".

Tabela 02 – Os 8 P's do marketing digital
 Fonte: Adaptado de Os 8 P's do marketing digital (2011)

- Pesquisa: O 1º P, de Pesquisa é o ato de recolher todos os indícios que os consumidores deixam ao passar por determinado site e interpretá-lo a fim de melhor estudar o comportamento do consumidor. Segundo Vaz (2011, p.303) Para se ter sucesso no seu negócio, é preciso saber o que o público-alvo está procurando, para então poder oferecer exatamente aquilo que ele procura. É neste P que deverá ser estudado a palavra chave que a empresa deve usar para ganhar o mercado.
- Planejamento: O estudo realizado no 2º P é a formulação de um documento que deverá conter a explicação minuciosa do que será feito em cada um dos outros Ps. Este estudo partirá primeiramente da definição da meta do site, seja ela a venda de um produto ou a captação de e-mails. Uma vez definida tal meta, chamada de missão crítica do site, a equipe de marketing já sabe onde mirar. Qualquer execução de ações estratégicas em ambiente online parte de um bom planejamento (VAZ, 2011, p. 305). Vaz (2011) classifica o 2º P como o mais importante a ser estudado e implementado, pois é dele que deriva todas as ações que a empresa deverá ter em rede, para assim fazer do site uma ferramenta de lucro
- Produção: O 3º P do marketing digital é onde realiza-se toda a estrutura e acessórios no qual o site deve ter, ou seja, a execução do site. É neste momento que ocorre os fundamentos de mensuração para o Google, e a estrutura para aumentar o tempo de navegação do consumidor e diminuir a taxa de rejeição, a captação de e-mails dos visitantes e diversos outros fatores que um site necessita para maximizar a lucratividade. Entender quais acessórios o site necessita dará mais segurança e facilidade para o profissional seguir o passo a passo do planejamento (VAZ, 2011).
- Publicação: "O 4º P tratará do conteúdo que o site deverá conter e de como esse conteúdo deve ser produzido com o objetivo de agradar dois senhores: o Google e seu público-alvo" (VAZ, 2011, p. 309). O consumidor exerce seu grau de atividade a partir do momento em que tem conteúdo para distribuir. É preciso ter advogados da marca, pessoas que defendam a empresa, falem bem dela por todo o mercado, que deem depoimentos espontâneos sobre o seu negócio ou sua marca (VAZ, 2011). Quanto mais conteúdo como: vídeos, fotos, arquivos de áudio, arquivos de texto e outros, mais seguro o consumidor se sente e maior a chance de ele comprar de sua empresa (VAZ, 2011).
- Promoção: Investir na mídia online, é em geral mais barato do que em quase todos os outros veículos de marketing e traz resultados tangíveis e mensuráveis, de modo que aumenta a lucratividade da empresa de maneira significativa. É fundamental que a empresa utilize a força da comunicação de comunicador a comunicador para que assim divulgue sua marca (VAZ, 2011).



- Propagação: Vaz (2011), refere-se a propagação como a chave do marketing viral e da lucratividade da empresa na internet. É na comunicação viral feita pelos consumidores que sua marca chegará aos recônditos do mercado e atingirá de forma muito mais barata a lucratividade.
- Personalização: Cada pessoa tem seus próprios comportamentos, valores e suas maneiras de ver a vida. Para se relacionar com as pessoas é preciso adaptar-se ao comportamento de acordo com a pessoa com a qual está falando. Para as empresas se relacionarem na internet com os clientes, deve ser feito o mesmo. A personalização deve passar por todas as etapas da sua ação de internet, desde a navegação do usuário até o e-mail que envia para ele. A empresa deverá segmentar a cada consumidor, assim como o Google, a cada busca, ele entrega um resultado diferente e personalizado (VAZ, 2011). Ele fala também que o consumidor não quer saber da empresa, ele quer saber de si próprio. Falar dos atributos pode ser mais fácil, porém dessa forma não se fala do consumidor, de como o produto o ajudará a melhorar sua vida (VAZ, 2011).
- Precisão: O 8º P mensura os resultados de cada uma das ações, é feito uma pesquisa primária, ou seja, lê e estuda tudo que o consumidor deixa de rastro no seu site ou na interação com sua marca. A precisão é aprender a transformar as informações em conhecimento para descobrir quais os próximos passos a seguir e começar tudo novamente (VAZ, 2011).

2.3 Redes sociais

As redes sociais são ambientes para os usuários se cadastrarem e compartilharem informações (como fotos, vídeos, mensagens e textos), interagir com outros membros e criar amigos e listas da comunidade (TELLES, 2010, p. 25). As redes sociais representam o conjunto de pessoas autônomas que unem suas ideias e recursos sobre seus valores os seus interesses que são compartilhados. (MARTELETO, 2001).

O Facebook é o meio no qual as pessoas criam perfis próprios e se comunicam através de mensagens públicas ou privadas, através dele é possível compartilhar e curtir conteúdos postados e assim identificar quantas pessoas estão falando sobre o assunto (MONTEIRO; LOPES; FERREIRA, 2014).

O Instagram é um aplicativo que permite o compartilhamento de fotos e vídeos com seguidores e outras redes sociais, muito utilizado para fins sociais e comerciais, para promover produtos e serviços com seus seguidores. Considera-se de fácil utilização, permite que as empresas se conectem com seus consumidores de uma forma visual mais atraente (LESSA, 2014).

2.4 E-commerce

Segundo Limeira (2007, p. 37), “comércio eletrônico consiste na realização de negócios por meio da internet, incluindo a venda de produtos e serviços físicos, entregues off-line, e de produtos digitalizados e entregues on-line”.

Azevedo (2002), divide comércio eletrônico em duas gerações. Na primeira, enquadram-se todas as transações financeiras e comerciais efetuadas eletronicamente. A segunda geração engloba quaisquer transações comerciais e financeiras baseadas em ambiente internet.

Na definição de Nakamura (2011), o comércio eletrônico trata-se de todos os processos envolvidos da cadeia de valor realizada em um ambiente eletrônico, utilizando ferramentas tecnológicas e de comunicação, tendo como principal objetivo atender as necessidades exigidas pelos negócios.

O principal modelo de negócios na internet, é o modelo de loja virtual. Loja virtual, segundo Almeida e Ferrari (2006), é o modelo onde a empresa realiza vendas pela internet para um segmento de clientes, oferecendo produtos, serviços e informações. A loja virtual tem como objetivo, atrair o público para seu website, atender as expectativas do cliente quanto ao prazo de entrega, preço justo e qualidade de produtos e serviços, coordenar rede de parceiros que alavanquem negócios e colaborem na criação de relacionamento com o cliente e inovar continuamente produtos e serviços.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse estudo, quanto a natureza, foi à pesquisa aplicada, na sua forma de abordagem quantitativa, a respeito dos objetivos utilizou-se da pesquisa exploratória, o estudo de caso como procedimento técnico e o método científico adotado foi o dedutivo.

A presente pesquisa se classifica como descritiva, pois foi desenvolvida através da observação, registro e análise dados, de uma determinada população ou ambiente específico, sem intervenção do autor, onde o mesmo deve possuir familiaridade com a temática, e dessa forma, apresentar uma nova perspectiva sobre os dados coletados (GIL,2016).

Gil (2016), afirma que as fontes dos dados de uma pesquisa, devem apresentar as respostas para a problemática que a pesquisa se propõe a investigar.

Dessa forma, foi realizado um estudo de caso na empresa de pequeno porte Ferreira Supermercados, localizado na cidade de Teresina- Piauí, com o objetivo de analisar o impacto da inserção do marketing digital por meio do uso de redes sociais e o reflexo dessa estratégia para os índices de vendas e expansão da marca.

Foi utilizado como ferramentas de marketing digital, os meios sociais, Instagram e o Facebook, que são disponíveis para o público em geral de maneira gratuita.



No tocante a coleta dos índices de vendas por parte da empresa, foi utilizado como base de busca o software Milênio, versão 11.0, conforme exibido na figura 02, que é o Sistema Integrado de Gestão Empresária (ERP) que a empresa utiliza para administrar sua rede de vendas.



Figura 02- Interface do ERP Milenio
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

3.1 Coleta de dados

Os dados coletados são referentes ao período de outubro de 2018, quando a empresa ainda não fazia uso do marketing, e ao mês de março de 2020, quando a empresa já tinha implantado o marketing digital como estratégia de autopromoção.

3.2 Análise dos dados

Para analisar o impacto da influência das mídias utilizadas no marketing digital da empresa, foram levados em consideração o histórico de busca da marca nas plataformas (instagram, facebook e Google Ads).

Para obter o crescimento percentual da empresa no tocante as vendas, analisou-se a quantidade de vendas do mês de outubro de 2018, comparadas a março de 2020, onde também foi levado em consideração que nesse período, a empresa expandiu seu número de filiais, representando um bom resultado do uso do marketing digital.

4. RESULTADOS

O Ferreira Supermercados, é uma rede de varejo focada no consumidor final, com presença focada no interior dos bairros da cidade de Teresina, PIAUI. Atualmente existem 11 filiais, espalhadas em Teresina, e uma filial na cidade de Água Branca-PI.

Hoje é uma empresa optante por lucro real, e conta com mais de 600 funcionários. E hoje conta com um faturamento médio estimado em 21 milhões de reais

O crescimento das vendas antes e depois da aplicação do marketing digital será mostrado e exibido na forma de um gráfico comparativo. O período analisado na pesquisa é do final de 2018, que representa o ano em que o marketing digital não foi utilizado, e do início de 2020, mais precisamente abril desse ano, que corresponde a quase um ano e meio após o uso da ferramenta.

Como exposto no gráfico (01), houve um crescimento nas vendas de 17,50% após um ano da adoção do uso do marketing on-line e a partir de março de 2020 houve outro aumento, esse comparado ao início foi de 56,53% e comparado ao de outubro de 2019 foi de 33,21%. Por se tratar de um supermercado, não teve como classificar o perfil do consumidor. Lembrando que 100% das vendas foram realizadas na Cidade de Teresina.

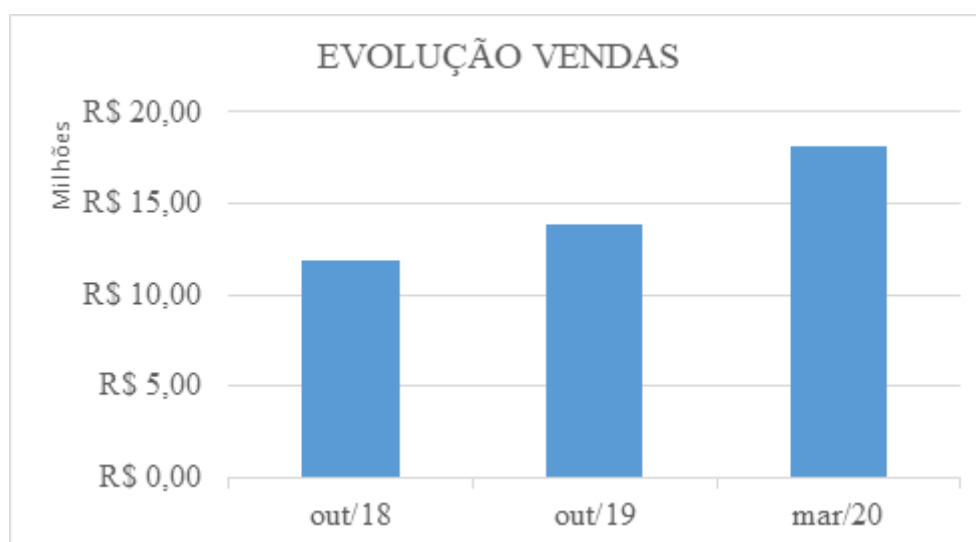


Gráfico 01- Evolução das vendas
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Com o aumento das vendas (Gráfico 1), foi notada uma elevação no volume de seguidores nas redes sociais (Figura 3), que representa um maior alcance do público, maior visibilidade da marca em comparação com a concorrência. No ano de 2018, existia apenas uma mídia social presente na empresa, o Facebook. Que contava com pouco mais de três mil amigos, foi implantada mais uma rede social, dessa vez o Instagram, que por ser nova não havia nenhum seguidor. No final de março de 2020, a mídia social já contava com 7 mil seguidores.



Figura 03- Publicação no instagram comercial da empresa
Fonte: Dados da pesquisa (2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema de pesquisa do presente trabalho era responder a seguinte questão, como se utilizando principalmente do marketing digital, a organização pode atrair novos clientes, e implantar um meio virtual de vendas, num mercado onde hoje é estabelecido em sua maior parte, mercados físicos.

Como apresentado, foi possível identificar que o Marketing Digital influenciou de forma positiva o crescimento da empresa, tanto em termos de aumento de índice de vendas, por meio de uma melhor divulgação da marca e pela facilitação no processo de compras, o que permitiu ao público uma maior interatividade e comodidade.

Além disso, as mídias digitais que a empresa utilizou são plataformas gratuitas, que oferecem opções de interação paga, mas apresentam bons resultados, o que caracteriza um bom investimento, já que o resultado obtido é menor do que o possível investimento.

Logo, o Marketing Digital, além de oferecer benefícios para empresas, oferece também para a população uma nova perspectiva em relação ao uso das redes sociais como ferramenta de compra.

Assim, é possível concluir que todo o trabalho de divulgação, principalmente em re-

des sociais voltado para o produto/serviço, se bem definido, é ótimo para o crescimento dos pedidos e conseqüentemente para prosperar a empresa, como no caso da empresa Ferreira supermercados, que expandiu sua marca para os demais bairros da cidade, com abertura de novas filiais, e criou um site para vendas online.

Portanto, as constantes atualizações nas redes sociais, publicações com conteúdo direcionados ao público-alvo e interações colaboraram com o aumento no número de pessoas seguindo a marca em diversas redes, o que torna o Marketing Digital uma estratégia imprescindível para o reconhecimento da marca. Já o aumento do faturamento se deu por conta da abertura de novas filiais. Mais como informado o marketing digital, influência de maneira positiva para aumento das vendas em qualquer empresa, já que se trata de um meio para divulgação e de ofertas, além de oferecer benéficos para conseguir mais leads (novos clientes/oportunidade de negócio) e obter uma maior carteira de clientes.

Por fim, por se tratar de um meio relativamente novo, que sofre constantes modificações e desenvolvimentos, os profissionais que lidam com as redes sociais precisam estar se atualizando sempre para ficar por dentro das novidades do mercado. Para pesquisas futuras, sugere-se buscar novos meios de retenção e fidelização de clientes apenas pelo meio digital.

Referências

ALMEIDA, Otávio Cesar Guimarães de; FERRARI, José Lazarino. **Ferramentas do marketing digital**. Monografia. 2006. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/815_artigo_marketing_digital.pdf>. Acesso em: 05. set.2021.

AZEVEDO, Jovane; **Metodologia para um modelo flexível de cadeia de abastecimento utilizando o comércio eletrônico**. Monografia. 2002. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82785>>. Acesso em: 05. Set.2021.

BRANDÃO, Vanessa Cardozo; **Comunicação e marketing na era digital: A internet como mídia e canal de vendas**. Monografia. 2001. Disponível em: <<http://www.rede.bz/wpcontent/files/biblioteca/63367481050614301224660314786789274330.pdf>>. Acesso em 04. Set. 2021.

CASAS, A. L. (2013). **Marketing de Varejo** 5 ed. São Paulo: Atlas.

CAVALCANTE, Chico. **Manual do marketing de guerrilha: soluções inteligentes e eficazes para vencer a concorrência**. Senac, 2017

COBRA, Marcos. **Administração de Marketing**, 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1992

COBRA, Marcos. **Plano estratégico de Marketing**. São Paulo: Atlas, 1986.

COBRA, Marcos; BREZZO, Roberto. **O novo marketing**. Rio de Janeiro. Editora Elsevier. 2010

DRUCKER, Peter. **Desafios gerenciais para o século XXI**. São Paulo: Pioneira, 1999

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2016.

GIULIANI, A. C. (Org). **Gestão de Marketing no Varejo**. São Paulo: Edições O.L.M., 2003.

KOTLER, P; KELLER, K. L. (2012). **Administração de Marketing**. 12 ed. São Paulo: Pearson.

KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. **Princípios de Marketing**. 7ª ed. Rio de Janeiro: S.A., 1998.

KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. **Princípios de Marketing**. 9ª edição. São Paulo: Prentice Hall, 2003.



KOTLER, Philip; ARMSTRONG, Gary. **Princípios de Marketing**. São Paulo: Atlas, 1993

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin. **Administração de marketing**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LAS CASAS, Alexandre Luzzi. **Marketing de Serviços**. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2006

LIMEIRA, Tania M. Vidigal. **E-marketing: o marketing na Internet com casos brasileiros**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

NAKAMURA, André Massami; **Comércio Eletrônico: Riscos nas compras pela internet**. Monografia. São Paulo. 2011. Disponível em: <<http://www.fatecsp.br/dti/tcc/tcc0027.pdf>>. Acesso em: 06. out.2021.

OLIVEIRA, Rafael Rez. **Tipos de Marketing: Conheça as principais áreas e suas funções**. Artigo. 2014. Disponível em: <<http://www.cursomarketing.com.br/marketing/tipos-de-marketing/>>. Acesso em 10 set.2021.

OLIVEIRA, Renarth Bustamante de; LUCENA, Wellington Machado. **O uso da internet e das mídias digitais como ferramentas de estratégia de marketing. Destarte**. v.2, n.1. 2012. Disponível em: <<http://revistas.es.estacio.br/index.php/destarte/article/view/73>>. Acesso em: 29 set.2021.

PEÇANHA, Vitor. **Marketing Digital: O que é isso, afinal?** Disponível em: . Acesso em: 10 de out. 2021.

RAMOS, Leandro da Silva. **Marketing Digital em redes sociais: um estudo exploratório sobre a influência da promoção online**. Monografia. 2015. Disponível em: <http://www.ifspcaraguatatuba.edu.br/wp-content/uploads/2016/09/LEANDRO_TCC_VERS-1.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2021.

SILVA, Lucas Gomes Camilo. **O Marketing digital desenvolvido pelo supermercado o popular: Uma pesquisa de campo**. 2020.

STEFFEN, Renata Aline. **A influência do Mix de Marketing e dos Fatores Comportamentais nas Decisões do Consumidor: O caso SAYURI produtos orientais**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO. Monografia. Florianópolis, 2009.

VAZ, C. A. **Os 8 os do marketing digital: O seu guia estratégico de marketing digital**. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

CAPÍTULO 19

A IMPORTÂNCIA DO TREINAMENTO COMO ESTRATÉGIA DE POTENCIALIZAÇÃO DO DESEMPENHO DOS COLABORADORES NAS ORGANIZAÇÕES

THE IMPORTANCE OF TRAINING AS A STRATEGY TO ENHANCE THE
PERFORMANCE OF EMPLOYEES IN ORGANIZATIONS

Samuel Ribeiro Soares
Eldelita Águia Porfírio Franco

Resumo

O conceito sobre a área de gestão de pessoas sofreu inúmeras transformações ao longo do tempo, através da Administração dos Recursos Humanos soube-se reconhecer como fator primordial para o alcance de objetivos individuais e coletivos. O treinamento é um processo educacional que visa o crescimento e mudanças de comportamento, na busca por eficiência produtiva. É imprescindível que os colaboradores possuam habilidades necessárias para a melhor satisfação do cliente, por ser um diferencial estratégico, competitivo e de sucesso. Desta forma, com o cenário altamente competitivo é importante que as organizações efetuem os treinamentos qualificados como forma de potencializar o desempenho, na busca por melhores resultados. O presente artigo tem como objetivo identificar e analisar a importância que o treinamento e desenvolvimento trazem para as organizações como estratégia de potencialização do desempenho, além de apresentar os principais conceitos sobre treinamento e desenvolvimento. A metodologia baseia-se em preceitos científicos, juntamente com o equilíbrio de observações da realidade, portanto, trata-se de um estudo exploratório, com a utilização de pesquisa bibliográfica para realização dessa pesquisa com as buscas em plataformas como *Scielo* e *Google Acadêmico*. Portanto, percebe-se através da pesquisa que o processo de treinamento e desenvolvimento é uma ferramenta administrativa importante para o crescimento profissional de um indivíduo perante a organização, e sua capacitação para realização de suas atividades. Portanto, conclui-se que as ações de treinamento e desenvolvimento estão diretamente ligadas ao sucesso empresarial, aumentando a produtividade e reduzindo custos.

Palavras chave: Treinamento, Desenvolvimento, Potencialização, Desempenho.

Abstract

The concept of the area of people management underwent complications and transformations over time, through the Administration of Human Resources it was known to be recognized as a key factor in achieving individual and collective goals. Training is an educational process aimed at growth and changes in behavior, in the search for productive efficiency. It is essential that employees have the necessary needs for better customer satisfaction, as it is a strategic, competitive and successful differential. Thus, with the highly competitive scenario, it is important that associations carry out selected training as a way to boost performance, in the search for the best results. This article aims to identify and analyze the importance that training and development bring to associations as a performance enhancement strategy, in addition to presenting the main concepts about training and development. The methodology is based on scientific precepts, together with the reality balance of reality, therefore, it is an exploratory study, with the use of bibliographic research to carry out this research with searches in platforms such as *Scielo* and *Google Academic*. Therefore, it can be seen through the research that the training and development process is an important administrative tool for the professional growth of an individual constituted by an organization, and their qualification to carry out their activities. Therefore, it is concluded that training and development actions are directly connected to business success, increasing productivity and costs.

Key-words: Training, Development, Enhancement, Performance.



1. INTRODUÇÃO

No cenário atual de aumento da competitividade empresarial, que mantém as organizações sempre motivadas a melhorar e superar seus concorrentes é importante que os colaboradores sejam tratados como peça indispensável para conseguir alcançar os objetivos organizacionais. Diante disso, a retenção de talento e o desenvolvimento do capital intelectual é indispensável para o alcance de metas e objetivos empresariais, visto que o treinamento busca desenvolver as potencialidades dos colaboradores na busca por eficiência e produtividade individuais e coletivas.

A era atual da revolução da globalização exige colaboradores capacitados que por meio de conhecimentos adquiridos em sua formação profissional, atuando na prática e sempre buscando desenvolvimento é capaz de transformar ferramentas operacionais em ferramentas funcionais, com o poder de alcançar a gestão, produtos e serviços de alta qualidade, que permita à empresa competir e aproveitar bem as oportunidades que seu mercado oferece.

Portanto, têm-se no treinamento e desenvolvimento de pessoas, as ferramentas para aquisição de conhecimento, aperfeiçoamento de habilidades necessárias para desenvolvimento de atividades e promover situações que sejam utilizadas quando necessária, tornando os colaboradores mais orientados para realização de suas funções de trabalho. As organizações estão inseridas em um mundo cada vez mais competitivo e mutável, fazendo-se necessário um sistema de treinamento que torne os funcionários aptos a lidar com os desafios da inovação e da competitividade, isso justifica o alto investimento de algumas empresas em um treinamento estruturado.

Desta forma, verifica-se a importância do treinamento e desenvolvimento de pessoas para o sucesso das organizações, tanto no campo pessoal quanto no profissional. Sabe-se que o mundo está sempre em evolução e o mercado exige colaboradores mais qualificados para garantir a assertividade das operações industriais e conseqüentemente a excelência operacional. Pois boa parte dos treinamentos busca a modernização e melhorar as habilidades dos colaboradores (NUNES et al., 2018).

A busca incessante por melhores resultados faz-se necessário a motivação dos funcionários para a busca por conhecimento. A era da informação exige cada vez mais colaboradores capacitados por ser um diferencial estratégico, competitivo e de sucesso. Cada vez mais aumenta-se a necessidade de extrair informações úteis e significativas para desenvolver profissionais e conseqüentemente a organização, aumentando a produtividade e eficiência (CHIAVENATO, 2009).

Com as mudanças e transformações que a área de gestão de pessoas já sofreu ao longo do tempo, hoje é visível que as pessoas são vistas como colaboradores do processo dentro da organização, como uma peça importante. O treinamento é notado como um elemento fundamental no processo de desenvolvimento organizacional e, assim, é necessário ter a compreensão que diante de um mundo capitalista e inovador, o ser humano ainda é um agente fundamental, mesmo perante as inovações (TACHIZAWA, 2015).



Partindo dessas considerações, a relevância deste artigo se dá, sobretudo devido à medida em que os recursos humanos, na atualidade, é um fator essencial para manutenção da competitividade nas organizações. Cada vez mais tem se buscado vincular as ações de treinamento às estratégias organizacionais, a fim de alcançar resultados cada vez melhores. Também tem relevância para o autor e se justifica na medida em que proporciona o aprofundamento nos aspectos que envolvem treinamento e desenvolvimento.

Portanto, é possível afirmar que ações de treinamento e desenvolvimento são um fator de sucesso confirmado por grandes estudiosos. Porém, nem todas as organizações conseguem enxergar a importância do T&D para se manterem atualizadas e prontas para os desafios. Sendo assim, a pesquisa tem como objetivo descrever a importância do treinamento como estratégia de potencialização do desempenho dos funcionários e demonstrar o papel da gestão de pessoas como forma de sucesso das empresas. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para coleta de dados e o método de análise de conteúdo para analisar os dados coletados.

Considerando o cenário mundial atual em relação à pandemia do Covid-19, reinventar-se é preciso. Diante da inviabilidade de encontros presenciais, as organizações buscaram novas estratégias e se adaptaram a uma nova realidade como uma tentativa de sobreviverem em meio à crise, reformulando suas formas de trabalho e relacionamento, transformando em tendência o âmbito do trabalho remoto. O home office está em plena ascensão e provocou uma grande aceleração da transformação digital nas organizações, melhorando o desempenho, além de otimizar processos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Gestão de pessoas

Ao final do século XIX e início XX, o desenvolvimento tecnológico mudou muitas relações no trabalho, demandando habilidades mais variadas dos trabalhadores e a Gestão de pessoas ou Recursos Humanos, surgia com um conceito ainda novo e que não era possível definir como uma área estável, pois a principal função era de contabilizar faltas e atrasos, tal cargo era denominado como Chefe de Pessoal (OGLIARA, 2015).

Com os avanços em estudos e pesquisas no campo da psicologia organizacional e da sociologia no trabalho, a função do Chefe de Pessoal passou a ganhar novas obrigações, pois o novo modelo de administração pretendia aumentar a produção e seria necessário um olhar diferente para os funcionários, não somente como um objeto para a organização, ganhando uma nova função que visava a preocupação com o lado psicológico dos colaboradores para o cargo de Chefe de Pessoal (AMORIM et al., 2019).

A partir de 1945, com a evolução no campo da Administração, surgiram os primeiros estudos sobre a liderança, democracia no trabalho e a motivação humana junto com os movimentos sindicais, mudando drasticamente as relações da empresa com os funcionários. Dessa forma, o cargo em constante evolução passou a ser chamado de Gerente de Recursos Humanos, entendendo a relação entre o bem estar do colaborador e a produção (REIS, 2016).



A Gestão de Pessoas passou de um conceito onde os funcionários eram somente mais uma peça do sistema produtivo, para um onde são vistos como colaboradores de um grande processo, possuindo voz ativa na tomada de decisões. Isso é algo que se reflete na atual Gestão com Pessoas, em que empresa e colaboradores trabalham juntos em busca de um objetivo em comum, beneficiando o profissional a desenvolver sua carreira individual e a organização gerando aumento dos lucros e conseqüentemente uma vantagem competitiva para a organização (LIEDKE, 2018).

É de responsabilidade do sistema de recursos humanos desenvolver e implementar procedimentos para atender as necessidades dos empregados da organização e fornecer aos empregados a assistência necessária para que eles possam alcançar seus objetivos individuais. Portanto, o setor busca atrair e manter os melhores funcionários para o melhor desenvolvimento da empresa e de acordo com as necessidades dos empregados, treinar e desenvolver para uma melhor execução de suas atividades (MARQUES, 2016).

Além disso, é necessário se preocupar não só com aspectos físicos, pois os aspectos sociológicos e psicológicos interferem diretamente na motivação dos indivíduos no trabalho, agindo no clima organizacional com reflexos na produtividade e satisfação dos empregados. Pois com um bom clima organizacional, uma empresa estabelece a base fundamental para empreender um caminho de crescimento sustentado (LIMA et al., 2016).

Para o sucesso organizacional é de grande importância que os colaboradores estejam motivados para um melhor desempenho produtivo, pois quanto mais envolvidas, maior o seu desejo de contribuir para o crescimento do negócio. Além disso, funcionários desmotivados ainda afetam o andamento produtivo e afetam o crescimento de forma harmoniosa (RIBEIRO et al., 2018).

Uma boa gestão estratégica de pessoas só é possível de execução diante de gestores que estão abertos a mudanças e sugestões dos colaboradores, envolvendo assim a equipe e fazer dessa situação um diferencial na busca por resultados mais expressivos (REIS, 2021).

A valorização e reconhecimento do trabalho, influencia diretamente no modo como cada profissional enxerga a empresa. Todos esses aspectos contribuem para, cada vez mais, melhorar o clima organizacional. A qualidade de vida no trabalho é um termo que está cada dia mais presente nas discussões científicas, pois pesquisas mostram que os funcionários mais felizes, são mais produtivos e criativos (ANDRADE, 2016).

2.2. Treinamento e desenvolvimento

O treinamento trata-se de um procedimento educacional de curto prazo, que atua de forma sistemática. Porém, para que o treinamento obtenha sucesso e um melhor desenvolvimento organizacional, é preciso que o seu planejamento seja bem alinhado e direcionado para o melhor desenvolvimento das funções que a organização exige, garantindo a obtenção das metas que foram traçadas (CHIAVENATO, 2016).

Uma organização para se manter em um mercado competitivo, precisa investir em



conhecimentos. Portanto, quanto mais preparado for o colaborador, mais benefícios o mesmo agrega a empresa, isso agregado ao produto ou serviço, originará uma maior vantagem competitiva (CERIBELI et al., 2016).

As empresas que entendem a real importância do treinamento e desenvolvimento, usam o método para aperfeiçoar as habilidades individuais e assim maximizar o resultado esperado pelas empresas. Desta forma, os processos de aprendizagem dentro das organizações ganham destaque, já que as chances de uma empresa progredir dependem dos colaboradores alcançar e aprender novas capacidades, competências e conhecimentos (KANAANE; ORTIGOSO, 2018).

O programa de treinamento necessita de um alinhamento com o nível estratégico, com o foco somente no crescimento profissional e organizacional. Deve ser feito o diagnóstico, onde a empresa busca elencar as necessidades que precisam de aprimoramento, a segunda é o desenho, que é a criação do plano programa de treinamento, que tem o objetivo de atender as necessidades que foram encontradas, a terceira é a implementação do programa e por fim, a avaliação dos resultados que mostra o que programa trouxe para a organização (GUIMARÃES et al., 2018).

A definição de treinamento pode ser visualizada como um procedimento que permite ao indivíduo assimilar conteúdo cultural a curto prazo, além de monitorar as tarefas dos colaboradores e influenciar diretamente na motivação do mesmo não só em realizar suas funções, mas também para seu próprio desenvolvimento com o objetivo de reciclar ou repassar aptidões, aprendizado e comportamentos ligados à ação de determinadas tarefas, otimizando o trabalho (MARRAS, 2017).

A área de treinamento e desenvolvimento tem por finalidade aumentar o conhecimento das pessoas, melhorar habilidades e desenvolver para um melhor desenvolvimento das atividades produtivas, conseqüentemente cria um clima mais satisfatório, aumentando a motivação para aprender novas técnicas (CHIAVENATO, 2016).

A produtividade dos funcionários é eficaz quando o mesmo tem motivação e capacitação para exercer sua função. O método de treinamento auxilia os profissionais a conseguirem aumentar suas habilidades e competências nas atividades que o cargo exige. Com o desenvolvimento de suas carências, os profissionais são capazes de gerar resultados positivos para a organização (MARTINS, 2016).

3. METODOLOGIA

A pesquisa classifica-se quanto à natureza como qualitativa por estudar as coisas em seus cenários naturais, além de permitir o levantamento de dados subjetivos, tentando entender os fenômenos e elementos que envolvem (DENZIN; LINCOLN, 2006).

Quanto aos objetivos, a pesquisa se classifica como exploratória, pois teve o intuito de explorar e conhecer mais sobre o tema estudado, já existindo obras ou entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas, tendo função decisiva para construir condições básicas de intervenção, necessário para a sustentação dos argumentos (GIL, 2008).



Os descritores utilizados foram: treinamento, desenvolvimento e motivação. Esses descritores foram selecionados com o objetivo de informar a importância do treinamento e desenvolvimento no âmbito pessoal e organizacional.

Os dados foram coletados por meio de livros, revistas e trabalhos publicados, com o objetivo de possuir maior embasamento sobre o assunto abordado. E o procedimento de análise de dados foi utilizado o método de análise de conteúdo, iniciada com a fase de leitura do material, selecionando as partes que foram julgadas mais importantes. Logo após, foi realizada a seleção das unidades de análise, onde foram respondidas algumas questões de pesquisa. E por fim, foi realizado o processo de categorização e subcategorização, operação para classificação dos elementos encontrados.

Conforme o objetivo proposto para este estudo fez-se uso, de uma pesquisa bibliográfica, para a determinação de conceitos acerca da área de Gestão de Pessoas, mais especificamente o T&D, com base em buscas em plataformas como Scielo (Scientific Electronic Library Online) e Google Acadêmico e em leitura de livros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudos mais recentes demonstraram a necessidade considerável de investir em ações de treinamento e desenvolvimento para um melhor exercício de suas funções e conseqüentemente para agregar valor à organização. Com esse panorama foi possível selecionar artigos que estivessem de acordo com a temática abordada, com a intenção de dar visibilidade ao tema apresentado e de fazer uma reflexão através de algumas bibliografias, que serão apresentados na Tabela 1.

Autor/Ano	Título	Objetivos	Principal Resultado
AMORIM, W., et. al. 2019	ENSINO E PESQUISA EM GESTÃO DE PESSOAS/GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS NO BRASIL: CONVERGÊNCIA OU DIVERGÊNCIA	Refletir sobre a trajetória da experiência brasileira em ensino e pesquisa em gestão de pessoas (GP) diante desse percurso do chamado <i>mainstream</i> dos EUA e Europa.	De modo geral, é possível afirmar que a paciência e a tolerância com as frustrações no trabalho dentro das organizações estão ficando menores, sinalizando, assim, um potencial de protagonismo dos indivíduos.
ANDRADE, Érica. 2016	QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO E A MOTIVAÇÃO ORGANIZACIONAL	Apresentar a qualidade de vida no trabalho e sua influência sobre a motivação organizacional.	Concluindo-se que há a necessidade das empresas buscarem meios para proporcionar bem-estar aos trabalhadores, pois no mundo atual, onde o principal recurso organizacional é o funcionário, a busca pela sua satisfação deve ser intensificada.

<p>CERIBELI, H. B., et al. 2016</p>	<p>ANÁLISE DOS PROGRAMAS DE TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO INTERNACIONAL SOB A PERSPECTIVA DOS TREINANDOS</p>	<p>Analisar os programas de T&D internacionais a partir das percepções dos próprios treinandos.</p>	<p>Esta pesquisa pode incentivar os investimentos em T&D internacional, devido aos inúmeros benefícios que são gerados para os indivíduos e que são revertidos em vantagem competitiva para o negócio.</p>
<p>FERNANDES, E., et al. 2020</p>	<p>PROGRAMAS DE DESENVOLVIMENTO DE PESSOAS ENQUANTO FERRAMENTA DE PROMOÇÃO A SAÚDE: REFLEXÕES EM TEMPOS DE PANDEMIA</p>	<p>Discutir a importância dos programas de desenvolvimento como ferramentas de promoção de saúde e de qualidade de vida aos trabalhadores.</p>	<p>Conclui-se que os programas de desenvolvimento de pessoas, juntamente à aptidão para o autodesenvolvimento e para a mudança, são imprescindíveis para a manutenção da qualidade de vida dos colaboradores e das próprias instituições</p>
<p>LIEDKE, J. O. 2018</p>	<p>GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS: UMA VANTAGEM COMPETITIVA</p>	<p>Servir como contribuição ao conhecimento sobre como a Gestão de Recursos Humanos pode gerar uma vantagem competitiva para as organizações.</p>	<p>Pretende-se contribuir na identificação de uma forma de se medir a relação entre a Gestão de Recursos Humanos e os resultados operacionais/financeiros das organizações.</p>
<p>LIMA Z. V., et al. 2016</p>	<p>INDICADORES DA QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO E SUA RELAÇÃO COM O ENSINO-APRENDIZAGEM</p>	<p>Analisar a qualidade de vida no trabalho dos professores de um curso de Administração de uma faculdade da Serra Gaúcha no ensino-aprendizagem.</p>	<p>Os resultados indicaram que existe dificuldade em relação a programas de desenvolvimento pessoal, no entanto, fatores que envolvem relacionamento interpessoal e companheirismo tiveram as maiores médias, podendo-se afirmar que a qualidade de vida no trabalho influencia o ensino-aprendizagem.</p>
<p>MARTINS, L. B. 2016</p>	<p>IMPACTO DO TREINAMENTO NO TRABALHO: DETERMINANTES INDIVIDUAIS E CONTEXTUAIS EM CURSOS CORPORATIVOS A DISTÂNCIA</p>	<p>Propor e testar um modelo de avaliação de ações educacionais corporativas ofertadas a distância.</p>	<p>Benefício do campo científico, trazendo implicações práticas ao apresentar orientações aos profissionais que influenciam sobre o desempenho de suas atividades.</p>

REIS, R. V. 2021	PRÁTICAS DE TREINAMENTO, DESENVOLVIMENTO E EDUCAÇÃO NO TRABALHO: UM ESTUDO COM SERVIDORES DA FACE/UFMG	Buscou identificar as ações de treinamento, desenvolvimento e educação voltadas às rotinas de trabalho no âmbito da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).	Este estudo permitiu constatar que na instituição pesquisada ocorre uma insuficiência de práticas de treinamento e capacitação regulares direcionadas às rotinas de trabalho necessárias aos servidores.
------------------	--	--	--

Tabela 1 - Distribuição dos dados encontrados de acordo com autor, ano de publicação, título, objetivos e principais resultados.
Fonte: Própria (2021).

Conforme o que foi mostrado na pesquisa, com o grande crescimento da competitividade no mercado entre as empresas e a necessidade de cumprir com todos os prazos, onde o setor de Gestão de Pessoas na empresa se tornou peça fundamental para o sucesso empresarial. O setor é responsável desde recrutar os melhores perfis para a organização até a administração de pessoal, diminuindo assim a rotatividade, pois os funcionários se sentem motivados com o plano de carreira, além do treinamento que procura capacitar e melhorar as habilidades dos funcionários e torná-los mais engajados e confiantes da empresa.

O capital humano de uma empresa constitui-se como a engrenagem chave para um funcionamento satisfatório, por isso é importante que os colaboradores se sintam motivados, engajados e estejam alinhados aos valores, cultura e a visão da organização onde se fazem presentes. Neste viés, os programas de treinamento e desenvolvimento mostram-se extremamente eficazes por salientar e aprimorar as competências e os comportamentos dos trabalhadores, a fim de engajá-los num processo contínuo de aprimoramento (FERNANDES et al., 2020).

Organizações que têm a visão de investir no capital humano, automaticamente desenvolvem a função de atrair e reter os melhores funcionários, pois os profissionais enxergam como uma oportunidade de crescer e executar um bom trabalho. Sendo que ao desenvolver os melhores profissionais, a empresa deve dispor de uma função estratégica de recursos humanos para a melhor utilização do mesmo. Pois o capital humano é a peça fundamental da empresa, tendo a mesma importância que os setores financeiros, jurídicos e comerciais possuem (DALMAU; GIRARDI, 2015).

Quando o departamento de pessoas desenvolve essa cultura de valorizar indivíduos e equipes, mais profissionais irão buscar a entrada na empresa por enxergar uma chance de crescimento profissional e os profissionais que lá estão, não vão querer sair para outra empresa. Essa lealdade só é formada perante esse ciclo, que vai formando uma espécie de confiança entre gestor e seus aliados, pois os profissionais se sentem mais motivados para desenvolver suas funções sabendo que o líder vai saber valorizar a sua evolução.

O treinamento organizacional é um processo sistematizado que tem como objetivo proporcionar a obtenção de habilidades e necessidades, gerando uma melhor adaptação entre as particularidades dos colaboradores e os requisitos de sua função para uma melhor execução das atividades que o seu determinado cargo exige (OLIVEIRA, 2017).

Portanto, quando o treinamento é executado de forma eficaz aos colaboradores pro-



porciona vantagem competitiva, pois torna os profissionais mais produtivos e competentes para execução das atividades proposta pela empresa, reagindo de forma mais correta aos problemas que surjam no dia-a-dia e conseqüentemente potencializando o desempenho dos funcionários. Quando isso ocorre, os colaboradores realizam as atividades de forma mais organizada e padronizada, reduzindo assim a chance de erros e conseqüentemente reduzindo chances de retrabalho.

O treinamento é essencial para uma excelência gerencial, pois as atividades produtivas necessitam de profissionais capacitados para a busca constante do melhor desenvolvimento operacional e somente com investimento é capaz de chegar a essa conquista. E para implementação de um modelo de excelência gerencial, é importante ter um diagnóstico das necessidades dos colaboradores (LEITE; MELO, 2018).

Os gestores precisam saber o momento exato para realizar os treinamentos, pois com o mundo cada vez mais exigente e em constante evolução, é importante saber detectar as carências do sistema produtivo, procurar saber os pontos negativos e suas fraquezas, que possam vir a atrapalhar o desenvolvimento empresarial. Assim, buscar realizar o treinamento e corrigir falhas para continuar em plena melhoria contínua, para sustentar e aumentar o sucesso da empresa.

As organizações possuem um grande desafio, que é motivar seus colaboradores. A motivação significa o desejo de executar da melhor maneira suas atividades e com grande esforço em busca de determinados objetivos, não só organizacional como também individual (CHIAVENATO, 2005).

O treinamento apresenta sua importância no lado emocional, pois os funcionários se sentem mais valorizados e buscam aprender para desenvolver o melhor de suas funções e crescer dentro da organização. Muitas empresas têm investido em planos de carreira para desenvolvimento das competências profissionais, aumentando as chances de profissionais evoluírem dentro da organização.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na atual situação do mercado, onde os clientes exigem muito além de um produto com qualidade, é necessário investimentos em treinamento e capacitação dos funcionários, pois colaboradores qualificados geram benefícios estratégicos para garantir a competitividade da organização diante dos concorrentes, aumentando a produtividade e garantindo redução de custos operacionais.

Constatou-se que a principal função do treinamento é identificar deficiências nos profissionais e buscar formas para potencializar o desempenho, desenvolvendo novas habilidades para facilitar a execução das atividades, aumentando a produtividade e o nível de motivação e melhorar assim o resultado não só organizacional, mas também crescimento profissional e serem valorizados por isso.

Portanto, manter uma equipe em constante evolução e com visão holística e que busca a atualização das tendências do mercado é importante para a empresa crescer e consiga

vantagem competitiva no mercado, além de ter profissionais mais motivados e satisfeitos diante de suas atividades, onde os benefícios apresentados permitem o crescimento e o desenvolvimento no mercado.

Diante do que foi mostrado, o objetivo inicial do estudo que era identificar e analisar a importância que o treinamento e desenvolvimento trazem para as organizações como estratégia de potencialização do desempenho, conclui-se que as ações de treinamento e desenvolvimento estão diretamente associadas ao destino da organização. O treinamento aumenta a satisfação dos colaboradores, a qualidade do produto final, a produtividade, pois o funcionário estará mais capacitado para a resolução de problemas, além de reduzir gastos com turnover e retrabalho.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referência-elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, ago. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: Informação e documentação-citações em documentos- apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, ago. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14720**: Informação e documentação-trabalhos acadêmicos- apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, dez. 2011.

AMORIM, W; COMINI, Graziella; FISCHER, André. Ensino e pesquisa em gestão de pessoas/gestão de recursos humanos no Brasil: Convergência ou divergência. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 59, n. 3, p. 215-221, 2019.

ANDRADE, Érica. Qualidade de vida no trabalho e a motivação organizacional. **Revista Facfama**, Minas Gerais, v. 5, n. 4, p. 38-51, 2016. Disponível em: <http://revista.facfama.edu.br/index.php/ROS/article/viewFile/237/194>. Acesso em: 14 set. 2021.

CERIBELI, H. B.; TORRES, T. P. da R.; MELO, J. N. de C. Análise dos programas de treinamento e desenvolvimento internacional sob a perspectiva dos treinandos. **REUNA**, v. 22, n. 1, p. 05-20, 2016.

CHIAVENATO, I. **Comportamento Organizacional**: a dinâmica do sucesso das organizações. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CHIAVENATO, I. **Gestão de Pessoas**. São Paulo: 3ª edição, 2009.

CHIAVENATO, I. **Gestão de pessoas**: O novo papel dos recursos humanos nas organizações. 4o edição. Barueri/SP: Manole, 2014.

CHIAVENATO, I. **Treinamento e desenvolvimento de recursos humanos**: como incrementar talentos na empresa. 8. ed. Barueri: Manole, 2016.

DALMAU, M. B. L.; GIRARDI, D. M. **Administração de recursos humanos II**. Florianópolis: UFSC, 2015.

FERNANDES, ERCI.; SANTOS, JÚLIO.; MOREIRA, ÍVINE.; MARTINS, BRUNNA.; PAULA, JULIANA.; ALVARENGA, SÂMELA.; BARBOSA, DANIEL.; FARIAS, MARESSA.; ALVES, FULVIA. **Programas de desenvolvimento de pessoas enquanto ferramenta de promoção de saúde**: reflexões em tempos de pandemia. Ipatin-ga: FUI, 2020.

GUIMARÃES, A.; CORDEIRO, L.; FERREIRA, O. M. C. **Gestão de pessoas**. 3.ed. Curitiba: IESDE Brasil, 2018.

KANAANE, R.; ORTIGOSO, S. A. F. **Manual de Treinamento**: Como desenvolver programas de capacitação, treinamento e desenvolvimento do potencial humano. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2018.



LEITE, K. C. T.; MELO, A. D. N. **Gestão estratégica de pessoas**. Porto Alegre: Editora Fi, 2018.

LIEDKE, J. O. **Gestão de recursos humanos**: Uma vantagem competitiva. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial) – Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Rio de Janeiro, 2018.

LIMA Z. V.; DE OLIVEIRA SOUZA, A. V., ALANO, J., GANZER, P. P.; MUNHOZ, P. O. L. E. A., DORION, E. C. H., NODARI, C. H.; PRODANOV, C. C. Indicadores da Qualidade de Vida no Trabalho e Sua Relação com o Ensino Aprendizagem. **Revista Espacios**, vol. 37.; n; 01, 2016.

MARRAS, Jean Pierre. **Administração de recursos humanos**. Saraiva Educação SA, 2017.

MARTINS, L. B. **Impacto do treinamento no trabalho**: determinantes individuais e contextuais em cursos corporativos a distância. Ribeirão Preto/SP. 2016.

NUNES, E; OLIVEIRA, N. C. B; DETOMI, B; VILAS BOAS, A. A; MARTINS, M. S. A. Práticas de Treinamento e Desenvolvimento de Pessoas em Prestadoras de Serviços e Comércio. **Rev. FSA**, Teresina, v.15, n.3, art. 12, p. 234-252, mai./jun. 2018.

OGLIARA, M. **O que dizem os líderes de recursos humanos sobre a gestão de recursos humanos**. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, M. A.; GONÇALVES, R. **Estratégia, Inovação e Mudança**: Casos de Estudo sobre Competitividade. UA Editora, 2017.

RIBEIRO, Marco; PASSOS, Clotilde; PEREIRA, Paulo. Motivação organizacional: fatores precursores da motivação do colaborador. **Revista UCP**, n. 26, p. 105-131, 2018. Disponível em: <https://revistas.ucp.pt/index.php/gestaoedesenvolvimento/article/view/657>. Acesso em: 14 set. 2021.

REIS, Rosane Vilela. **Práticas de treinamento, desenvolvimento e educação no trabalho [manuscrito]**: um estudo com servidores da FACE/UFMG. Belo Horizonte, 2021.

TACHIZAWA, T. **Gestão com pessoas**: uma abordagem aplicada às estratégias de negócios. Editora FGV, 2015.



CAPÍTULO 20

A IMPORTÂNCIA DO GERENCIAMENTO DA COMUNICAÇÃO EM PROJETOS

THE IMPORTANCE OF PROJECT COMMUNICATION MANAGEMENT

Ana Karoline Silva de Oliveira

Edinaldo Silva Frazão

João Pedro Morais Carreiro

Mateus Costa Vasconcelos

1. INTRODUÇÃO

Em ambientes de projetos, tem-se o desafio em unir as informações e fazer com que tenha um alinhamento de conceitos e ser possível fazer o aproveitamento do melhor potencial de todos os membros da equipe que abrange esse ambiente. Com uma comunicação clara serve de impulsionador para agilizar todos os processos e facilitar a tomada de decisão para resolver os problemas com mais velocidade e precisão (OLIVEIRA 2010).

Segundo Oliveira (2010), a comunicação em alinhamento com o gestor mantém a equipe com bem alinhada e proporciona um desempenho maior em todos os envolvidos. Quando as mensagens são enviadas com clareza, as partes envolvidas no projeto recebem e interpretam de forma mais fácil. O intuito desse trabalho é expor que a comunicação adequada é essencial para que o projeto tenha sucesso, estabelecendo um plano de comunicação que se adeque a todos os níveis hierárquicos e assim tendo sucesso na execução do projeto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A importância de uma comunicação em projeto

A comunicação é importante para que possamos expressar nossas opiniões para outras pessoas e até mesmo a outra pessoa entender o que está sendo dito pelo mesmo que está passando a mensagem. Quando se fala da importância de uma comunicação em projeto, é muito importante ter uma boa comunicação dentro do projeto, assim, a probabilidade de tudo dá certo é muito grande.

Segundo Cleberson Dias Cardoso – Graduando do 8º Semestre de Administração da Faculdade FIT/UNIESP, a comunicação é a melhor técnica para se obter algo esperado de acordo com os interesses de cada situação. Comunicar-se é o ato de se expressar com troca de informações e dados que geram ideias, mensagens essenciais para vida em sociedade.

No mundo empresarial ela é fundamental, baseada em princípios pelos seus colaboradores, criando e desenvolvendo equipe, estabelecendo metas a serem alcançadas e desempenhando melhor habilidade sendo continua dia após dia.

A comunicação é fundamental à ação individual e ao esforço conjunto. É o sistema nervoso da liderança, trabalho em equipe, cooperação e controle. Ele determina a qualidade dos relacionamentos, os níveis de satisfação e a medida de nosso sucesso ou fracasso (KEELLING, 2002)

Keelling (2002) diz que em um trabalho de projeto, a omissão ou falta de atenção à necessidade de comunicação é a raiz de muitos problemas de desentendimento ou conflito, mas o planejamento e o esforço consciente podem lançar bases de uma boa rede



de negócios para evitar, ou, em último caso, sanar as sérias consequências do colapso da comunicação.

Os projetos dependem muito de liderança, trabalho em equipe, cooperação e entendimento mútuo. A empatia, ingrediente vital da comunicação, é influenciada pela atitude e exemplo de projetos e pela habilidade na comunicação interpessoal (KEELLING, 2002).

No processo de comunicação, o emissor é responsável por tornar as informações claras, coerentes e completas, o que permite que o receptor a receba e compreenda. O receptor, por sua vez, é responsável por garantir que a informação foi recebida de forma integral e entendida corretamente (PMI, 2004).

Infelizmente, isto nem sempre acontece, pois embora o conceito de comunicação seja simples de entender, na prática é um processo complexo. A ausência de efetividade no processo comunicativo pode ser decorrente do surgimento de barreiras à comunicação no dia a dia das organizações, conforme será discutido na próxima seção.

2.2 PMBoK

No PMBoK, a área de comunicação configura entre as nove áreas de conhecimento da Gerência de Projetos. Conforme esse guia, a comunicação é um tema abrangente e requer um corpo de conhecimento que extrapola o contexto do projeto. A Gerência das Comunicações do Projeto envolve a aplicação específica destes conceitos e conhecimentos às necessidades específicas do projeto (PMI, 2004).

A Gerência das Comunicações do Projeto compreende quatro processos para assegurar que a geração, coleta, distribuição, armazenamento e apresentação das informações do projeto sejam realizados adequadamente e no tempo certo. Esta área é composta dos seguintes processos (PMI, 2004).

1. Planejamento das Comunicações: identifica as informações que os interessados precisam ao longo do projeto: quem são eles, quais os níveis de interesse no projeto, quais necessidades de informação.
2. Distribuição de informações: disponibiliza as informações aos interessados.
3. Relato de Desempenho: coleta e dissemina informações do desempenho de projeto.
4. Gestão dos interessados (stakeholders): administra a comunicação que visa satisfazer as necessidades dos interessados, este processo se bem planejado torna-se uma excelente ferramenta para agregar o bom funcionamento de atuação de um gestor de projetos assim como de toda equipe de projetos.

A maior parte das falhas nos projetos são resultados dos aspectos comportamentais e culturais, considerando parcela de culpa muito mais considerável do que aspectos quan-



titativos.

Dessa maneira, é percebido a importância e relevância que tem o gerenciamento da comunicação e o impacto positivo que se pode obter com a prática em benefícios da boa comunicação em projetos e na organização

2.3 A comunicação nos projetos pode resultar em:

- Entrega do projeto no prazo previsto;
- Finalização do projeto com o orçamento previsto, sem custos exorbitantes causados por falhas de comunicação entre os envolvidos;
- Qualidade no resultado do projeto;
- Bom relacionamento entre as equipes envolvidas no projeto.

2.4 Impactos positivos que a gestão da comunicação causa na empresa são:

- Compreensão sobre a visão e missão da organização para os seus colaboradores;
- Melhoria da saúde financeira da organização;
- Incentivo a melhoria contínua de todos os processos;
- Melhoria no relacionamento externo com clientes e fornecedores entre outros;
- Melhoria no aspecto cultural da organização em relação a comunicação;
- Estimula o bom comportamento entre as pessoas.
- Melhoria no cumprimento dos prazos de entrega;
- Maior alinhamento entre os colaboradores;
- Otimização no índice de execução dos projetos;
- Aumento na eficiência das tarefas;
- Melhoria no clima organizacional da empresa como um todo.

2.5 Ferramenta de Comunicação para gerenciamento de projeto

O Action Learning (AL), ou —aprendizado pela ação, é um método estruturado de resolução de problemas, baseado no aprendizado em equipe e na afirmação de que o aprendizado vem da ação. Para Revans (1998) as pessoas não aprendem efetivamente por meio de livros ou palestras, mas aprendem quando compartilham problemas reais e projetos. O aprendizado ocorre quase de uma forma natural e continua para vida toda.

Na concepção de Hirota (2001), o AL decorre do questionamento sobre o conhecimento programado, ou seja, aquele obtido por meio da educação formal e dos métodos tradicionais. Revans (1998) acredita que ideias e experiências não são os únicos componentes importantes do AL, mas questionar. O autor também descreve a aprendizagem por meio da equação: $L = P + Q$ (L = aprendizagem, P = conhecimento, Q = reflexão crítica). O método é utilizado preferencialmente quando problemas e metas são reais, importantes e urgentes. Os melhores resultados com a aplicação da ferramenta, ocorrem na resolução de problemas complexos, se tornando um processo de reforma e de esclarecimento da visão humana dentro das organizações.

O processo baseia-se em ter um ou mais problemas dentro da organização e, em tempo real, analisar a sua dinâmica; implementar soluções propostas derivadas das críticas construtivas da equipe; monitorar os resultados; e ser responsável por essas ações. Aprender com os resultados para que no futuro a resolução de problemas e tomada de decisão seja melhorada (HANSON, 2010).

Em teoria isso é pouco diferente do procedimento lógico praticado dentro das organizações para solução de problemas gerenciais. Na prática, a irracionalidade é gerada por enganos, por complexidades e incertezas das organizações modernas. O que interfere na obtenção da mistura da energia emocional necessária para transcender as dificuldades organizacionais. Além dos participantes diretamente envolvidos, existe a figura do facilitador, que atua como catalisador da aprendizagem, estimulando a reflexão e o comportamento alinhados aos objetivos. Deve, por meio de perguntas, encorajar os envolvidos a atingir os objetivos técnicos e, ao mesmo tempo, considerar as mudanças nas pessoas, no sistema social e organizacional. Nesse processo, o comprometimento da alta administração é necessário pois simboliza que as mudanças nas atitudes em todas as partes interessadas devem ser incentivadas com o significado de entender o “trabalho” em sua organização. O ciclo de aprendizagem parte-se da observação, hipótese e ação (PEDLER, 1997).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficácia da comunicação é indispensável para o sucesso do projeto, pois garante que a informação exata será entregue às partes interessadas na hora certa e com eficiência. É possível ver também a importância da comunicação no tocante a estratégia de negócio da empresa. O PDCA é importante para a gestão porque possibilita a identificação de falhas, o que torna mais simples o processo de reparação das mesmas. Além disso, o Ciclo PDCA prioriza a medição, fator importante na gestão. É essencial medir seus resultados estatisticamente, com dados concretos, para poder gerenciar e repetir os melhores processos ou evitar os que não geram resultados.



Referências

CUNHA, j. **A importância da boa comunicação em projetos.** 2020. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/comunicacao-em-projetos/>. Acesso em: 01 de nov. 2021

GIL, Antônio Carlos. **Gestão de pessoas: enfoque nos papéis profissionais.** Edição 1. São Paulo: Atlas, 2001. P. 78

HANSON, K. R. **Action learning strategies on continuous improvement efforts in elementary schools.** La Verne, California, 2010. Thesis (Doctor of Education in Organizational Leadership). University of La Verne.

HIROTA, Ercilia Hitomi. Desenvolvimento de competências para a introdução de inovações gerenciais na construção através da aprendizagem na ação. 2001.

KEELING, Ralph. **Gestão de Projeto: uma abordagem global.** São Paulo, Saraiva: 2002.

OLIVEIRA, Aline Suzarte de. **Gestão da Comunicação em Projetos.** Rio de Janeiro, 2010.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE PMBOK - **Um guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos.** 3ª edição. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2004.

REVANS, R. W. **ABC of Action Learning.** Empowering Managers to Act and Learn from Action. Lemos and Crane. UK. (first published in 1978). 1998.



AUTORES¹

1 Currículo vide Lattes / LinkedIn

Adriana Marcela Lobato Rocha

Graduada em Odontologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Especialista em Imaginologia Odontológica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Especialista em Estomatologia e Dentística pela Odontoclínica Central do Exército, Capitão Dentista do Exército Brasileiro, Mestranda em Ciência dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia.

Afonso Bassanelli Junior

Graduação em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Salesiano de São Paulo Campus Lorena.

Alberto Eduardo Besser Freitag

Participou de estágio de Pós-Doutorado no Programa de Engenharia de Produção e Sistemas do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Doutor em Engenharia Civil - Gestão, Produção e Meio Ambiente pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Mestre em Gestão Empresarial pela Ebape/Fundação Getúlio Vargas (FGV/RJ), Pós-graduado em Marketing e Engenheiro Mecânico pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/RJ). Possui artigos publicados em periódicos científicos, capítulos de livros e anais de congressos. Desenvolve pesquisas em associação com professores da UFF, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), da Universidade Candido Mendes (UCAM), do CEFET/RJ e pesquisadores de universidades do Chile, Alemanha e Turquia. Participa de bancas de doutorado, mestrado e graduação. É revisor de periódicos e avaliador de artigos. Elabora material didático para cursos. Orienta alunos de graduação, MBAs e mestrado no trabalho de conclusão de curso, monografia e dissertação. É professor pesquisador do Mestrado em Economia e Gestão Empresarial e da Graduação em Engenharia de Produção e de Administração da UCAM. Ministra aulas e palestras nos MBAs de Produção Enxuta Seis Sigma, Gestão de Energia e Eficiência Energética, Gestão de Pessoas e Gestão de Serviços e Saúde do LATEC/UFF, em MBAs de Gestão Estratégica e curso de Analista em Processos da FGV/RJ - IDE Management e na pós-graduação em Gestão de Processos da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO). Utiliza metodologias ativas e aprendizagem baseada em problema e projeto. Suas principais temáticas de pesquisa são relacionadas a produção enxuta (lean), administração, sustentabilidade, inovação e empreendedorismo. Sólida vivência em organizações de propriedade intelectual, relacionamento empresarial, apoio ao empreendedorismo, serviços tecnológicos, indústria de bebidas e engenharia, ocupando cargos de gestão há mais de 10 anos. Sócio-Gerente da BD Gestão Sustentável, com carreira construída na Danne-mann Siemens, Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, Coca-Cola Brasil, Jaakko Pöyry Engenharia e Varig. Conhecimento especializado em gestão enxuta (lean), além de vasta experiência nas áreas de gestão de pessoas, projetos e processos, educação executiva, planejamento estratégico, elaboração de estudos e análises de viabilidade técnico-econômica, manufatura, qualidade e engenharia. Fluência em português, inglês, espanhol e alemão, com trabalhos desenvolvidos em nível internacional. Possui certificação Lean Six Sigma Black Belt. É membro do Project Management Institute (PMI) e do Institute for Operational Excellence. Participou de diversos cursos de aperfeiçoamento em instituições renomadas do Brasil e exterior.



Amanda Emyli Alves Silva

Graduanda em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Técnica em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA).

Ana Karine Rocha de Andrade Nattrodt

Graduada em Odontologia pela Universidade Federal de Pernambuco, Especialista em Dentística pela Universidade Federal de Pernambuco, Capitão Dentista do Exército Brasileiro, Mestranda em Ciência dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia.

Ana Karoline Silva de Oliveira

Graduanda em Engenharia de Produção pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA.

André Aguiar Marques

Graduado em Odontologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Especialista em Cirurgia Oral e Maxilofacial pelo Hospital dos Servidores do Estado, Mestre em Patologia Bucocomaxilofacial pela Universidade Federal Fluminense, Doutorando em Ciência dos Materiais no Instituto Militar de Engenharia.

André Luís Rodrigues Mathias

Possui graduação Engenheiro Civil pela Universidade Maurício de Nassau UNINASSAU (2018), graduação em Química Industrial pela Universidade Federal do Maranhão UFMA (2010) é especialista em Engenharia Sanitária e Controle Ambiental Pela Universidade Estadual do Maranhão UEMA (2012), é mestrando em Engenharia Aeroespacial pela UFMA/UFRN/ UEMA (2022), e está graduando em Física Licenciatura pela UFMA (2021). É professor de Engenharia do departamento de Engenharia Civil e Produção da Faculdade do Maranhão. Tem experiência na área de Engenharia civil em processo construtivo, Saneamento ambiental, na área de Química industrial tem experiência em processos industriais, operações unitárias, controle de qualidade e garantia de qualidade.

Armando Araújo de Souza Júnior

Administrador de Empresas, com ênfase em Comércio Exterior, graduado pelo CIESA, possui MBA Executivo em Gestão da Produção também pelo CIESA, Especialista em Produção de Material Didático EaD pela UFAM, Especialista em Gestão dos Hospitais Universitários Federais do SUS pelo Instituto de Ensino e Pesquisa do Hospital Sírio Libanês em SP. Mestre em Engenharia de Produção pela UFAM. Doutor em Administração pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Possui certificação de Green Belt e Black Belt pela Oriel/SETEC/Coca Cola Company, é Auditor Líder da Qualidade formado pelo BVQI com registro no IRCA de Londres/Inglaterra. Sua experiência profissional inclui os cargos de Gerente Administrativo Financeiro, Coordenador de Expedição, Coordenador de Materiais em empresas de grande porte do Pólo Industrial de Manaus. Foi Diretor de Recursos Humanos e Pró-Reitor de Administração e Finanças da Universidade Federal do



Amazonas. Atualmente é Professor Adjunto do Departamento de Administração da Faculdade de Estudos Sociais e Coordenador do Curso de Bacharelado em Administração Pública - Modalidade EaD. Professor/Orientador do Programa de Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção - PPGEP/UFAM. Avaliador de Cursos do INEP.

Arthur de Freitas Lisboa

Servidor público federal lotado no Gabinete da Superintendência da Zona Franca de Manaus. Graduado em Relações Internacionais pela Universidade da Amazônia (2012). Pós-Graduado em Administração e Comércio Exterior pela Uninter (2016). Possui experiência profissional nas áreas de Comércio Exterior, Relações Internacionais e Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento.

Bernardo Borges Pompeu Neto

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (1973), mestrado em Engenharia Civil [C. Grande] pela Universidade Federal de Campina Grande (1976) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2004). Atualmente é professor Titular da Universidade Federal do Pará. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em materiais, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino pesquisa e extensão.

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 fenômenos de transporte (transferência de calor e massa). 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. Atuou como Professor Tutor Presencial na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), no curso de Graduação em Tecnologia em Segurança do Trabalho, sendo bolsista da CAPES.

Carlos Nelson Elias

Doutor em Ciências dos Materiais, Professor do Programa de Graduação e Pós-graduação em Ciência dos Materiais do Instituto Militar de Engenharia. Tem experiência na área da Ciência dos Materiais, com ênfase em Metalurgia Física e Biomateriais. Realiza pesquisas com materiais dentários, implantes dentários osseointegráveis, modificação das superfícies dos implantes dentários, instrumentos para endodontia, aparelhos ortodônticos, stents coronários, próteses ortopédicas e dentárias, materiais absorvíveis e impressão 3D. Citações dos trabalhos: Web of Science Research: 3.199 citações, Fator H 29.



Catarina Sabbadim Santana

Graduanda em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Petrópolis-Rio de Janeiro.

Clarice de Oliveira Carvalho

Graduanda em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Petrópolis-Rio de Janeiro.

Claudenice Alves dos Santos

Graduanda em Administração pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA.

Cicero Tadeu Tavares Duarte

Possui graduação em Administração pela Faculdades Estácio de Teresina(2001), especialização em GERÊNCIA DE RECURSOS HUMANOS pela Universidade Estadual do Ceará(2004), especialização em MBA EM GESTÃO EMPRESARIAL pelo Fundação Getúlio Vargas(2002) e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista(2016). Atualmente é DIRETOR ADMINISTRATIVO da TADEU DUARTE & CONSULTORES ASSOCIADOS, PROFESSOR do Centro Universitário Santo Agostinho e Banca Examinadora de defesa de Monografia da Faculdade Ademar Rosado. Tem experiência na área de Administração, com ênfase em MARKETING DIGITAL. Atuando principalmente nos seguintes temas:Manutenção, Produtividade, MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMA.

David Lima Azevedo

Graduado em Física pela Universidade Federal do Maranhão (1990), mestrado em Física pelo IFGW-UNICAMP (1997) e doutorado em Física pelo IFGW-UNICAMP (2001). Fez estágios de pós-doutorado na Universidade Federal do Ceará (UFC, 2004/05) e na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN, 2010/11). Atualmente é professor da Universidade de Brasília- UnB e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Física (PPGF-UnB). Atua principalmente na área de Física, com ênfase em simulações em dinâmica molecular, cálculos ab-initio, processos de Colisão e Interações de Átomos e Moléculas, atuando principalmente nos seguintes temas: estrutura eletrônica de clusters, polímeros, nanotubos.

Edinaldo Silva Frazão

Graduando em Engenharia Química pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA.

Edvan Moreira

Graduado em Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA, 2005), Mestre em Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA, 2008), e Doutor em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN, 2011). Fez estágio de Pós-Doutora-



do no Centro de Biociências (Departamento de Biofísica e Farmacologia) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Biofísica-UFRN, 2011-2012). Atualmente é Professor Adjunto e Chefe do Departamento de Física - DFIS/CECEN/UEMA; Docente Permanente junto ao Polo 63 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF/SBF do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA/CAMPUS MONTE CASTELO), atuando principalmente na Linha de Pesquisa em Processos de Ensino e Aprendizagem e TICs no Ensino de Física, e ainda, Docente Permanente do Mestrado em Engenharia Aeroespacial (PPgEA/RNA-UEMA/UFMA/UFPE/UFRN) - Linha de Pesquisa: Materiais e Tecnologias Aeroespaciais. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física Atômica e Molecular e Física da Matéria Condensada, atuando principalmente nos seguintes temas: ab initio, DFT, propriedades estruturais, mecânicas, propriedades optoeletrônicas, termodinâmicas e espectros vibracionais, IR e Raman. Coordenador do Grupo de Pesquisa: Grupo de Modelagem Computacional (GMC-UEMA) e membro do Grupo de Dinâmica e Ab Initio (GDAI-UnB).

Eldelita Águia Porfírio Franco

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Piauí (1993), graduação em Processamento de Dados pela Universidade Estadual do Piauí (1999), Especialização em Ciência Ambiental, pela Universidade Federal do Piauí (2002), Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (2005) e Especialização em Docência do Ensino Superior, pela Faculdade Santo Agostinho (2014). Doutoranda em Engenharia de Produção (2018) pela Universidade Paulista. Atualmente é Coordenadora do Núcleo de Educação à Distância no Centro Universitário Santo Agostinho.

Ercilia de Stefano

Pós-doutora em Engenharia Civil - UFRJ - COPPE. Pós-doutora em Sistemas de Gestão Sustentáveis - UFF. Doutora em Engenharia de Transportes - UFRJ - COPPE. Mestre em Engenharia de Sistemas - UFRJ - COPPE. MBA em Gestão Estratégica em Comércio Exterior. Especialista em Gestão Estratégica Pública. Especialista em Neuropsicopedagogia. Especialista em Gerência e Desenvolvimento de Sistemas Orientado a Objetos. Graduada em Matemática. Advogada. Professora, pesquisadora e consultora. Membro do GT ABENGE de Educação Empreendedora. Revisora de revistas e periódicos. Especialista em metodologias ativas de ensino.

Fernando Marques de Oliveira Moucherek

Possui Graduação em Física pela Universidade Federal do Maranhão, Mestrado em Física pela Universidade Federal do Maranhão. Atualmente, sou professor assistente da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Tive uma passagem por estudos relacionados com a Física Teórica, com ênfase em Teoria Geral de Partículas e Campos, atuando principalmente nos seguintes temas: Violação da Simetria de Lorentz, Eletrodinâmica Planar e Equação de Dirac. Atualmente, tenho trabalho em cosmologia e astrofísica, estando particularmente interessado em testes de consistência de precisão do paradigma cosmológico padrão e em pesquisas astrofísicas por nova física. A evidência observacional para a aceleração do universo demonstra que nossas teorias atuais de física de partículas e gravidade estão incompletas. O modelo LambdaCDM é claramente uma aproximação



simples e conveniente de uma teoria mais fundamental, dessa forma usamos o universo inicial e recente como um laboratório onde podemos pesquisar, restringir, identificar e, por fim, caracterizar essa nova física.

Francisco Jairo Ferreira da Costa

Graduando em Engenharia de Produção, Centro Universitário Santo Agostinho, Teresina - PI.

Franklin Lima Júnior

Graduando em Engenharia da Produção, pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Desenvolveu pesquisa na área de Gestão da Manutenção e Apoio à Decisão Multicritério. Atuou na área de Jurídico-Financeiro da empresa Júnior Ágil Engenharia, do mesmo curso, durante três anos, chegando ao cargo de Diretor de Jurídico-Financeiro.

Gabriel Campelo da Silva

Graduando em Engenharia de Produção, Centro Universitário Santo Agostinho, Teresina - PI.

Gabrielle da Silva Azevedo

Analista de serviços (Local Delivery Manager - LAM) na Orange Business Services, anteriormente fui estagiária em gestão de projetos na mesma empresa. Atualmente estou cursando o curso de engenharia de produção na UFF - Petrópolis que conta com uma metodologia de aprendizagem baseada em projeto que nos permite ter contato direto com o ambiente profissional desde o início da graduação. No terceiro período fiz um projeto de planejamento estratégico junto a empresa Crystone pneu ao qual obtive experiência em caracterização do sistema de produção, análise do ambiente interno e externo, estratégias de negócio e produção. No quarto período, fui gerente do projeto "gestão de patrimônio para estruturação de um programa de manutenção" junto a empresa Rouperie, ao qual obtive experiências como trabalho em equipe, gerenciamento de equipe, gestão de projetos, são de vital importância. Tenho como característica relacionamento interpessoal, responsabilidade, organização, espírito de trabalho em equipe, simpatia e dedicação às atividades de trabalho.

Gisely Rodrigues Oliveira

Graduanda em Engenharia de Produção pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA.

Heitor Carvalho Cantanhede Marques

Graduação em Engenharia de Produção pela UEMA, com 2 anos e meio de atuação na Ágil Engenharia Júnior, empresa participante do Movimento Empresa Júnior, a qual me tornou um inconformado com a desigualdade social e econômica que há em nossa sociedade. Além de ter me proporcionado uma vivência empresarial focada na área comercial



e gerencial, com o objetivo de tornar a minha região mais empreendedora. Atualmente, estagio na Cervejaria AmBev, fazendo parte da área de Packaging. Auxílio a empresa no processo de proporcionar a todos os consumidores uma grande experiência com os produtos da companhia, priorizando a segurança antes dos resultados. Fiz parte do programa Cidadão do Mundo (programa de bolsa de estudos do governo do Maranhão), o qual me proporcionou 3 meses de uma experiência incrível no Canadá.

Jéssica Feitosa de Assunção

Possui graduação em Administração pela Universidade Estadual do Maranhão (2012), graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal do Maranhão (2015), graduação em Engenharia de Produção, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís-MA e especialização em MBA em Qualidade e Produtividade pela Faculdade Escola de Negócios Excellence (2014). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia da Qualidade.

Jéssika Coelho de Oliveira

Graduanda em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Duque de Caxias-Rio de Janeiro.

João Pedro Morais Carreiro

Graduando em Administração pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA.

João Victor Neves Loose

Possui graduação em Administração de Empresas (UEMA/Estácio), e graduação em International Business and Financial Services (DHBW Karlsruhe - Alemanha), graduando em Engenharia de Produção (UEMA) e pós-graduando em Finanças (FGV-SP). Atualmente é Equity Derivatives Sales Trader - Alphaways Investments/XP Investimentos. Tem experiência na área de Administração, Finanças, Finanças Corporativas, Mercado Financeiro, Mercado de Capitais, Investimentos e Gestão de Portfólios.

João Vitor Rego Muniz

É Bacharelado em Ciência e Tecnologia (2017) e em Engenharia Mecânica (2019), ambos na Universidade Federal do Maranhão. Também é especialista em Engenharia de Produção (2020) pela Universidade Estadual do Maranhão. Atualmente é mestrando na Universidade Federal de Santa Catarina na área de Fabricação. Trabalhou com o estudo do uso de aditivos orgânicos em banhos de eletrodeposição de zinco e com a análise da viabilidade do uso de resíduos orgânicos para obtenção de biogás.

José Robert Ferreira da Silva Filho

Graduando em engenharia de produção pelo Centro Universitário Santo Agostinho / UNIFSA Teresina-Piauí.



Kelma Antônia Dutra Fernandes

Graduanda em Engenharia de Produção pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA.

Liana de Oliveira Araujo

Atualmente é discente do Curso de Física Licenciatura - CECEN/UEMA, Bolsista PIBEX: Desvendando a Mecânica Quântica e suas Aplicações -PROEXAE/UEMA 2019/2020, Membro do Grupo de Modelagem Computacional - UEMA, voluntária do Observatório Astronômico de Física - OBAFIS/UEMA(2018-2019), Bolsista PIBIC(CNPq): DESIGN COMPUTACIONAL E PREVISÕES DE PROPRIEDADES#10;FÍSICAS PARA MONOCAMADA DE WTe₂; do Projeto: Modelagem Molecular de Dicalcogenídeos da forma XY₂ (X = Mo, W; Y = S, Se, Te)

Luanne de Fátima Pereira Batalha

Pós-graduanda em Desenvolvimento e Gerenciamento de Projetos em BIM, graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), graduada em Gestão Ambiental pelo Canadore College - North Bay (2014 a 2015) . Possui experiência de um ano e meio no exterior como bolsista CAPES e experiência de um ano como aluna monitora da matéria de Topografia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) - Campus Santa Inês.

Luiz Frederico Oliveira de Aguiar

Bacharel em Administração Pública pela Universidade do Estado do Amazonas - UEA (2008). cursou Especialização EaD em "Políticas Públicas e Gestão Governamental" na UNINTER (2019/2020). Trabalhou como Assessor Parlamentar na Assembleia Legislativa do Estado do Amazonas (2009-2010), Diretor Administrativo e Financeiro da Secretaria de Juventude da Prefeitura de Manaus (2011). Atualmente Servidor Público Federal (Agente Administrativo), concursado desde 2011, na Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) onde trabalha na Coordenação Geral de Comércio Exterior, da qual é o Coordenador-geral, substituto, atuando, principalmente, nos seguintes temas: comércio exterior, integração de cadeias produtivas, cooperação técnica internacional descentralizada, Mercosul e desenvolvimento de fronteiras. Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGEP da Universidade Federal do Amazonas - UFAM (2020-2021).

Marylin Fonseca Leal de Farias Wetters

Doutoranda pelo Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais - UNESP Sorocaba, Mestre em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). Atualmente residente em São Luís - MA, Coordenadora Adjunta Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Campus TURU, Professora da graduação e pós graduação na Universidade CEUMA, Áreas de interesse:



Gestão Ambiental, Educação Ambiental, Ensino Técnico e Superior, Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Contaminação e Degradação Ambiental e Gestão Ambiental Portuária.

Mauricio Itikawa

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Atualmente é engenheiro - Superintendência da Zona Franca de Manaus.

Mateus Costa Vasconcelos

Graduando em Administração pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA. Assistente Administrativo pelo SENAI. Tem experiência em elaboração e execução de planos de ação e Reunião de Indicadores.

Matheus Macedo Barroso

Bacharel em Ciência e Tecnologia e Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA, mestrando em Negócios Internacionais pela Miami University of Science and Technology (Flórida-USA), pós-graduando em MBA em Gestão de Projetos pela Universidade de São Paulo (USP/ESALQ) e pós-graduando em MBA em Engenharia Portuária pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação - IPOG. Atualmente desenvolve a função de membro efetivo do grupo de ensino EPEQ - Escola Piloto de Engenharia Química, membro do Centro Acadêmico de Engenharia Civil da UFMA (Diretoria Acadêmica). Foi estagiário da Empresa Maranhense de Administração Portuária - EMAP atuando na Gerência de Manutenção, trabalhando no acompanhamento, levantamento e supervisão de obras, elaboração de planos de manutenção e orçamento de obras. Atualmente é estagiário de Engenharia Civil na Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (SEMOSP) de São Luís, atuando também na área de Manutenção, especificamente trabalhando com pavimentação e drenagem urbana.

Nilton Ferreira Frazão

Possui graduação em Física pela Universidade Federal do Maranhão (DEFIS-UFMA, 2006), mestrado em Física pela Universidade Federal do Maranhão (DEFIS-UFMA, 2009) e doutorado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (DFTE-UFRN, 2012). Fez estágio de Pós-Doutorado no Centro de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Biofísica-UFRN 2013). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no Centro de Educação e Saúde (CES) e Coordenador do Curso de Licenciatura em Física (CES-UFCG). Colabora com grupos de pesquisa: Grupo de Física Geral e Ensino - UFCG, Grupo de Molelagem Computacional - UEMA, Grupo de Dinâmica e Ab Initio - UnB e Física Teórica e Modelagem Computacional - UESPI. Colabora com diversos Programas de Pós-Graduação: Pós-Graduação em Física - UFCG, Pós-Graduação em Física Aplicada - UFRPE, Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia - CES-UFCG, Pós-Graduação em Química - UESPI. Tem experiência na área de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: cálculos ab initio, teoria do funcional da densidade - DFT, simulações em dinâmica molecular, cálculos de propriedades conformacionais, estruturais, ópticas, eletrônicas, termodinâmicas e vibracionais (espectros IR e Raman) de fármacos, bioinformática, docking molecular, modelagem de nanoestruturas

de carbono, manganitas, materiais multiferróicos e acoplamento magnetoelétrico.

Ovidia Castro Costa

Graduanda em Engenharia de Produção pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA.

Rachid Santo Maluf

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA); Pós Graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Estácio de Sá; Pós Graduado em Sistema de Gestão Integrada pelo SENAC SP; Mestrado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é professor da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), auditor de sistema de gestão da LHS Certificadora, auditor, consultor e membro da banca de atualização do Programa de Certificação de Empresas (PROCEM) na FIEMA. Atuante na área de Engenharia Civil e Produção, com ênfase em Auditoria, Treinamentos, Projetos, Obras Cívicas, Gestão da Qualidade e Saúde e Segurança.

Renann Pereira Gama

Possui graduação em Engenharia de materiais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2011), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2014) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2018). Atualmente é professor III-A do Centro Universitário Salesiano São Paulo, professor III-D do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Usinagem e Processos de Fabricação.

Rhubens Ewald Moura Ribeiro

Mestre em Administração (UFPR), MBA em Gestão Estratégica, Inovação e Conhecimento (UNIMAIS), Capacitado em Tutoria da EaD (UFPR), Bacharel em Administração (UFPR) e Sargento de Comunicações Militares (EsSA - Exército Brasileiro). Atualmente é Administrador da UFPI, Professor do UNIFSA em Teresina - PI (Membro do Comitê de Ética em Pesquisa) e Consultor da Real Inteligência em Negócios (REAL). Atuou como Diretor Administrativo-Financeiro e Diretor de Formação Profissional do CRA-PI, Chefe de Gabinete da SEMEC de Teresina-PI, Professor de Graduação e Pós Graduação, presencial e EaD, em Teresina (PI), Caxias (MA) e Curitiba (PR) e como Sargento do Exército Brasileiro onde gerenciava equipes de operação, sistemas, segurança, tecnologia e instruções militares. Tem experiência nas áreas Militar, de Educação e de Administração Pública e Privada. Entusiasta da Sustentabilidade em Negócios.

Samuel Ribeiro Soares

Graduando em Engenharia de Produção, Centro Universitário Santo Agostinho, Teresina-Piauí.

Saulo Henrique Carvalho Castro



Graduando em Administração pela Faculdade Pitágoras, São Luís - MA.

Thainara Silva Soares

Atualmente está como estudante de Engenharia de Produção da Universidade Estadual do Maranhão e diretora de jurídico financeiro - Ágil engenharia júnior. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia de Produção. Também já participou de projeto de iniciação científica e monitoria.

Thales Simões Gonçalves Ferreira Duque Estrada

Graduando em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Petrópolis-RJ.

Thamara Gomes Lima

Graduação em Engenharia de Produção pela Faculdade Santo Agostinho, Teresina-PI.

Victoria Morena Moreira de Freitas

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

Wellinton de Assunção

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual do Maranhão (1995) Mestrado e doutorado pela Faculdade Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas- UNICAMP (2018). Atualmente é professor Adjunto I da Universidade Estadual do Maranhão. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Garantia de Controle de Qualidade, atuando principalmente nos seguintes temas: Gestão de Custos, Engenharia Econômica, Gestão de Projeto, Qualidade, Simulação de Monte Carlo e Gestão de Manutenção.

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, em andamento). 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 dos cursos de Engenharia pela Faculdade Pitágoras/FAMA. Professor Conteudista e Pesquisador do Curso de Tecnologia de Alimentos 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

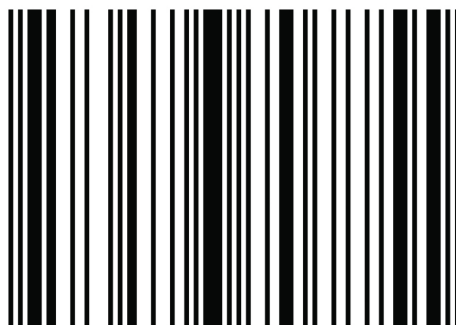


Possui Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional - UNIDERP (2020), mestrado em Engenharia Civil (Concentração: Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará - UFC (2009), MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas - FGV e graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (2006). Discente do curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Atualmente é Coordenador Acadêmico da Faculdade Pitágoras 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.

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: 978-65-86707-75-5

BR



9 786586 707755

△ 5320