

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Tópicos Especiais em **ENGENHARIA:**

inovações e avanços tecnológicos
Vol. 6



AYA EDITORA
2023

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos

Vol. VI

Ponta Grossa
2023

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva

Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão

Faculdade Santa Helena

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior

Universidade Federal de Roraima

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues
Universidade Norte do Paraná

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa
Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes
Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Pedro Fauth Manhães Miranda
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes
Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira
Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail
Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares
Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros
Rodrigues
Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda
Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues
Instituto Federal de Santa Catarina

© 2023 - AYA Editora - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas nos capítulos deste Livro, bem como as opiniões nele emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores e não representam necessariamente a opinião desta editora.

T757 Tópicos especiais em engenharia inovações e avanços tecnológicos [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador). -- Ponta Grossa: Aya, 2023. 333 p.

v.6

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-255-5

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Concreto armado. 3. Vigas. 4. Administração agrícola – Controle de estoque. 5. Edifícios – Manutenção. 6. Engenharia da produção. 7. Barragens e açudes. 8. Instrumentos de medição. 9. Piezômetro. 10. Inteligência artificial. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 620.007

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora LTDA

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

WhatsApp: +55 42 99906-0630

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

Apresentação.....13

01

Caracterização de matérias-primas cerâmicas utilizadas na produção de placas de revestimento em indústria do Cabo de Santo Agostinho - PE.....15

Renata Arcelino da Silva
Kallyandra Maria Silva de Souza Amorim
Jair Dantas Nacre Junior
Aimée Giovanna Jerônimo de Brito
Breno César Cabral de Oliveira
Jéssica Micaelli Mendes da Silva
Mayara Suellen da Silva Nascimento
Willams Apolo Santos Albuquerque
Aureliano Xavier dos Santos
Verônica Cristhina de Souza Diniz

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.1

02

Efeitos da temperatura no comportamento mecânico de matérias-primas utilizadas na produção de cerâmicas de revestimento em indústria do Cabo de Santo Agostinho – PE ...28

Renata Arcelino da Silva
Verônica Cristhina de Souza Diniz
Kallyandra Maria Silva de Souza Amorim
Jair Dantas Nacre Junior
Aimée Giovanna Jerônimo de Brito
Breno César Cabral de Oliveira
Jéssica Micaelli Mendes da Silva
Mayara Suellen da Silva Nascimento
Willams Apolo Santos Albuquerque
Aureliano Xavier dos Santos

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.2

03

Projeto e análise de desempenho de algoritmos de estimação paramétrica aplicados ao controle adaptativo por modelo de referência42

Diego Carrião Canhan
Leandro Castilho Brolin
Flávio Luiz Rossini

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.3

04

Aumento da capacidade produtiva na prática usando a teoria das restrições55

Rogério dos Santos Morais
Alexandre Vieira da Silva
Jair Rottini
Lilian Forasteiro Dias
Diogo Rosa da Silva
José Dirnece Paes Tavares
Helianna Barbosa Lourenço
Flávia Chaves Valentin Rodrigues
Anderson Doniseti de Araújo
Robson Paz Vieira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.4

05

A importância da compatibilização de projetos..62

Kézia Brasilino de Souza
Náilde de Amorim Coelho

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.5

06

Gerenciamento de serviços de manutenção predial.....75

Lúcio Rogério Júnior
Guilherme Henrique Alves
Marcelo Costa Dias
Antônio Manoel Batista da Silva
DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.6

07

Análise de abertura em vigas de concreto armado utilizando o método dos elementos finitos.....87

Kézia Brasilino de Souza
Nailde de Amorim Coelho
Tarciane Milena Gomes Galdino
DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.7

08

Análise de estoque em insumos agrícolas....105

Bryan Gustavo Voigt
Bruna Pasqualotto
DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.8

09

Cronoanálise em processos da sala de miúdos em abatedouro avícola 116

Juliano Scheuer
Jeferson Carlos Carvalho
DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.9

10

Protótipo de piezômetro para o monitoramento de nível em corpos hídricos utilizando sistema remoto de baixo custo128

Maxuel Bernades Donato
Luis Felipe Umbelino dos Santos
Tiago Gomes Barros de Carvalho

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.10

11

Protótipo estação meteorológica de baixo custo com multiparâmetros de medições142

Maxuel Bernades Donato
Luis Felipe Umbelino dos Santos
Tiago Gomes Barros de Carvalho

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.11

12

Síntese e caracterização de nanocompósitos poliméricos baseados em Grafeno e Quitosana por uma metodologia mais verde155

Vinicius Rossa
Sancler da Costa Vasconcelos
Fernanda Franco Massante
Vinicius Gomes da Costa Madriaga
Luanne Ester Monteiro Ferreira
Eduardo Ariel Ponzio
Thiago de Melo Lima

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.12

13

O impacto transformador da inteligência artificial na sociedade moderna.....177

Rafael Cavinati Lordi

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.13

14

Operações com drones em segurança pública: a importância da operação EVLOS.....184

Carlos de Souza Lima
Elizete Hellmann de Souza

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.14

15

Satisfação no transporte público de Dois Córregos191

Bruna Padilha Martins
Evandro Antonio Bertoluci

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.15

16

Análise e simulação bidimensional da termo-fluído dinâmica entorno de cilindros estacionário e rotativo pelo método da fronteira imersa206

Rômulo Damasclin Chaves dos Santos
Quétilla Gaspar da Silva
Samia Rubi de Lima Tananta

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.16

17

Prevenção da corrosão dos vergalhões de aço..221

Kézia Brasilino de Souza
Luís Felipe Cruz e Souza

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.17

18

Pesquisa de satisfação na área acadêmica de uma instituição de ensino superior do oeste do Paraná233

Silvani da Silva
Bruna Pasqualotto
Jéssica Cristina Urbanski

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.18

19

A utilização do programa 5s como vantagem competitiva em uma empresa de estética automotiva255

Julio Cesar de Amorin

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.19

20

Manutenção preditiva: otimizando os processos e reduzindo custos de produção na linha de queijo fatiado271

Vanderlei Gorzelanski
Vanessa Seefeld

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.20

21

Análise dos impactos da pandemia de COVID-19 na gestão da cadeia de suprimentos logísticos.....289

Simone Aparecida de Aguiar
Fábio Bonachela

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.21

22

Governança de TI como estratégia para aumentar a lucratividade da empresa298

Pedro Henrique Villela dos Santos

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.22

23

Melhorando a eficiência empresarial através da automatização da gestão de e-mails com linguagem autômata301

Pedro Henrique Villela dos Santos

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.23

24

Estabilização de solos para pavimentação ...304

Vitor dos Santos Matos

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.24

25

Logística internacional e os avanços tecnológicos313

Leticia Elaine Sobral Medeiros dos Santos

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.25

Organizador324

Índice Remissivo325

Apresentação

Prezados leitores,

É com grande satisfação que apresento o livro **“Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos – Volume 6”**, uma obra abrangente que aborda diversos temas relevantes e atuais no campo da engenharia. Este sexto volume reúne uma seleção de capítulos que exploram uma ampla gama de áreas de conhecimento, fornecendo insights valiosos e apresentando pesquisas de ponta que contribuem para o avanço da engenharia.

O livro inicia com os capítulos sobre a caracterização de matérias-primas cerâmicas utilizadas na produção de placas de revestimento em indústria do Cabo de Santo Agostinho - PE, e os efeitos da temperatura no comportamento mecânico dessas matérias-primas. Esses estudos são essenciais para aprimorar a produção de cerâmicas de revestimento, fornecendo informações valiosas para a indústria e contribuindo para o desenvolvimento de materiais mais eficientes.

Em seguida, são abordados temas como o projeto e análise de desempenho de algoritmos de estimação paramétrica aplicados ao controle adaptativo por modelo de referência, o aumento da capacidade produtiva utilizando a teoria das restrições e a importância da compatibilização de projetos. Esses capítulos destacam a relevância do planejamento e da otimização de processos em diferentes áreas da engenharia, proporcionando avanços significativos na eficiência e produtividade.

A obra também apresenta estudos sobre gerenciamento de serviços de manutenção predial, análise de abertura em vigas de concreto armado utilizando o método dos elementos finitos e análise de estoque em insumos agrícolas. Esses capítulos contribuem para a compreensão e aprimoramento de práticas fundamentais na engenharia civil e na área agrícola, fornecendo metodologias e ferramentas úteis para profissionais dessas áreas.

Além disso, o livro abrange tópicos como cronoanálise em processos da sala de miúdos em abatedouro avícola, protótipos de piezômetros para monitoramento de nível em corpos hídricos utilizando sistemas remotos de baixo custo e estações meteorológicas de baixo custo com multiparâmetros de medições. Esses estudos evidenciam a importância da aplicação de tecnologias inovadoras na engenharia, fornecendo soluções práticas e eficientes para desafios específicos em diferentes contextos.

Outro ponto abordado no livro é a síntese e caracterização de nanocompósitos poliméricos baseados em Grafeno e Quitosana por uma metodologia mais verde. Essa pesquisa destaca a crescente importância de abordagens sustentáveis na engenharia de materiais, apresentando novas possibilidades para a criação de materiais avançados com menor impacto ambiental.

Os últimos capítulos do livro exploram tópicos atuais e relevantes, como o impacto transformador da inteligência artificial na sociedade moderna, as operações com drones em segurança pública, a satisfação no transporte público, a análise e simulação de termo-fluído dinâmica entorno de cilindros estacionários e rotativos, a prevenção da corrosão dos vergalhões de aço,

a pesquisa de satisfação na área acadêmica, a utilização do programa 5s como vantagem competitiva em uma empresa de estética automotiva, a manutenção preditiva na indústria de queijo fatiado, a análise dos impactos da pandemia de COVID-19 na gestão da cadeia de suprimentos logísticos, a governança de TI como estratégia para aumentar a lucratividade da empresa e a automatização da gestão de e-mails com linguagem autômata para melhorar a eficiência empresarial.

Em suma, o livro **“Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos – Volume 6”** apresenta uma ampla gama de assuntos relevantes e atuais na área de engenharia, trazendo contribuições significativas para o desenvolvimento científico e tecnológico. Os capítulos reunidos nesta obra fornecem uma visão abrangente de diferentes campos da engenharia, destacando os desafios e as soluções encontradas, além de promover discussões importantes para o avanço da área.

Agradecemos a todos os autores que contribuíram para este volume e esperamos que esta obra seja uma fonte de inspiração e conhecimento para todos os leitores interessados em se manter atualizados sobre as inovações e os avanços tecnológicos na engenharia.

Boa leitura!

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Editor Chefe



**Caracterização de matérias-primas
cerâmicas utilizadas na produção de
placas de revestimento em indústria
do Cabo de Santo Agostinho - PE**

**Characterization of ceramic raw
materials used in the production of
ceramic tile industry in Cabo de Santo
Agostinho – PE**

Renata Arcelino da Silva
Kallyandra Maria Silva de Souza Amorim
Jair Dantas Nacre Junior
Aimée Giovanna Jerônimo de Brito
Breno César Cabral de Oliveira
Jéssica Micaelli Mendes da Silva
Mayara Suellen da Silva Nascimento
Willams Apolo Santos Albuquerque
Aureliano Xavier dos Santos
Verônica Cristhina de Souza Diniz

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.1

RESUMO

As propriedades dos produtos cerâmicos estão diretamente relacionadas às características iniciais das matérias-primas. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo identificar a composição e estudar o comportamento físico-mecânico de diferentes matérias-primas utilizadas na produção de revestimento cerâmico. Amostras doadas por uma indústria de revestimento foram beneficiadas e caracterizadas por difração de raio X (DRX), espectroscopia de raios X por energia dispersiva (EDX) e granulometria sedimentar. Em seguida, conformadas por prensagem uniaxial, sinterizadas a 1000 °C por 1h a 5°C/min e avaliadas quanto à retração linear, absorção de água, porosidade aparente e resistência à flexão. Apresentaram fases cristalinas de caulinita, quartzo, mica e esmectita, além da presença de óxidos alcalinos, a MP1 e MP6 apresentaram maior índice de plasticidade e resistência mecânica por flexão com valores de 18% e 20,45 MPa, respectivamente. Sendo assim, as matérias-primas analisadas apresentaram características físicas adequadas para serem utilizados na indústria de produtos cerâmicos.

Palavras-chave: matérias-primas. argila. cerâmica.

ABSTRACT

Properties of ceramic products are related to initial characteristics of raw materials. In this study, aimed to evaluate clay composition and study physical-mechanical behavior of different raw materials used in production of ceramic tiles. Raw materials donated per a ceramic coating industry were benefited and characterized per X-ray diffraction (XRD), Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and sedimentary particle size. After, raw materials were uniaxial pressing and subjected to controlled sintering at 1000 °C/ 1h with rate of 5°C / min and were evaluated per of linear shrinkage, water absorption, apparent porosity and flexural strength. The samples presented crystalline phases of kaolinite, quartz, mica and smectite, besides of alkaline oxides, the MP1 e MP6 showed the highest plasticity index (18%) and maximum strength (20.45 MPa), respectively. Thus, the raw materials presented physical properties for use in various applications in ceramic tile.

Keywords: raw materials. clay. ceramic.

INTRODUÇÃO

O setor cerâmico brasileiro tem apresentado significativo aumento de produção nos últimos 15 anos, sendo atualmente o terceiro maior mercado produtor e consumidor do mundo [1]. Dentro desse segmento, o de revestimento cerâmico faz parte dos que mais contribuem no mercado da cerâmica nacional [2], sendo constituído por empresas concentradas nas regiões sul e sudeste, e em expansão no nordeste do país, associada à disponibilidade local de matérias-primas [3].

A argila é uma dessas matérias-primas que representa um insumo de baixo custo, encontrada naturalmente em grande abundância e usada com frequência na forma como é extraído [4]. Trata-se de um material natural, formado por grãos terrosos, de granulação fina, inferior a 2 µm, constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter quartzo, mica, feldspato, além

de matéria orgânica e impurezas [5].

As argilas são mineralogicamente formadas por diversos grupos de argilominerais, como exemplo, a caulinita, illita e esmectita que diferem nas estruturas e suas possíveis substituições [6] Quimicamente seus principais constituintes são os silicatos de alumínio ou magnésio hidratados, contendo outros elementos como ferro, potássio, lítio e outros [7].

Sua plasticidade assume papel importante na fabricação de cerâmicas de revestimento, pois confere resistência mecânica na conformação por prensagem, de modo a garantir a integridade da peça no trajeto entre a prensa e o forno [8]. A presença da estrutura do tipo caulinita, $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$, pode favorecer essa plasticidade, geralmente quando umedecida com água, pois essa atua como liga para os constituintes no estado verde, proporcionando a modelagem do corpo cerâmico [9].

Já as matérias-primas que possuem teor de sílica elevado como o quartzo, que é constituído de um mineral da classe dos silicatos com arranjo tetraédrico do tipo SiO_4 , atua no preenchimento, na redução da retração e na distorção da peça. É também utilizado para diminuir a plasticidade da mistura e aumentar a permeabilidade da peça crua [9].

Outras importantes matérias-primas são as que apresentam óxidos fundentes de metais alcalinos como K_2O , Na_2O e CaO , pois favorecem a formação de fase líquida durante a queima e proporcionam a redução da temperatura de consolidação do corpo cerâmico [10]. Eles são empregados em proporções diversas para aumentar a velocidade de sinterização e geralmente são pouco plásticos e resistentes a verde [5].

Todos esses grupos de componentes são oriundos de uma grande variedade de rochas e minerais com determinadas propriedades físicas e químicas que os tornam insumos em processos industriais como matérias-primas e auxiliares nos processos [11].

Para a produção das placas de revestimentos é realizada uma sequência de etapas físico-químicas a fim de obter a microestrutura necessária no produto final e, conseqüentemente, as propriedades mecânicas almejadas tais como: plasticidade, resistência mecânica, baixa absorção de água e retração linear após queima [12]. Seus teores composicionais implicam na determinação do processamento das massas, como a secagem e queima, interferindo na qualidade final do produto [13].

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo identificar a composição e estudar o comportamento físico-mecânico de diferentes matérias-primas utilizadas na produção de cerâmicas de revestimento na região do Cabo de Santo Agostinho, possibilitando sua análise e processamento de forma simples, controlada e reproduzível.

METODOLOGIA

Matérias-primas argilosas não identificadas (MP1, MP2, MP3, MP4, MP5 e MP6) foram doadas por uma empresa do setor de revestimento cerâmico situado na cidade do Cabo de Santo Agostinho - PE. As amostras foram beneficiadas por trituração em gral de porcelana e por peneiramento utilizando peneiras com aberturas de 4,8 mm, 2 mm, 420 μm e 75 μm [14].

As argilas foram submetidas à caracterização da composição química, estrutural e mor-

fológica por espectroscopia de raios X por energia dispersiva (EDX) (Modelo: EDX 720, marca: Shimadzu), difração de raios X (DRX) (Modelo: D2, marca: Bruker, com radiação $\text{CuK}\alpha$, detector 55D160, velocidade do goniômetro de $2^\circ/\text{min}$ e passo $0,02^\circ$, na faixa de 5 a 60°) e distribuição granulométrica por sedimentação [15].

As amostras beneficiadas foram conformadas em molde retangular com dimensões de $50 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$, por prensagem uniaxial com carga de 2 toneladas em uma prensa hidráulica (Modelo: CT-335, marca: Servitech). Após a conformação, os corpos de prova foram sinterizados em temperatura controlada a 1000°C por 1h, com taxa de aquecimento de $5^\circ\text{C}/\text{min}$ em forno mufla (Modelo: f3000, marca: EDG).

As propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova sinterizados foram avaliadas por ensaios tecnológicos, sendo eles:

Retração linear de queima (R_l): obtida pela variação linear dos corpos de prova através das medidas do comprimento inicial (L_i) antes da queima (50 mm) e o comprimento final (L_f) após queima [16]. Calculado através da Equação A:

$$R_l (\%) = \left(\frac{L_i - L_f}{L_i} \right) \times 100 \quad (\text{A})$$

Absorção de água (AA) e porosidade aparente (PA): foram obtidos pelo método de imersão em água, valendo-se do princípio de Arquimedes. Foi utilizada uma balança de precisão de quatro dígitos, na qual foi acoplado um sistema de medida de massa imersa. Onde, M_s foi a massa seca da amostra (g) após queima, M_u a massa úmida da amostra (g) após ela ter permanecido imersa em água destilada durante 24 horas e M_i foi a massa da amostra (g) imersa em água. Os cálculos dessas propriedades foram determinados pelas Equações B e C.

$$AA (\%) = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad (\text{B})$$

$$PA (\%) = \left(\frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \right) \times 100 \quad (\text{C})$$

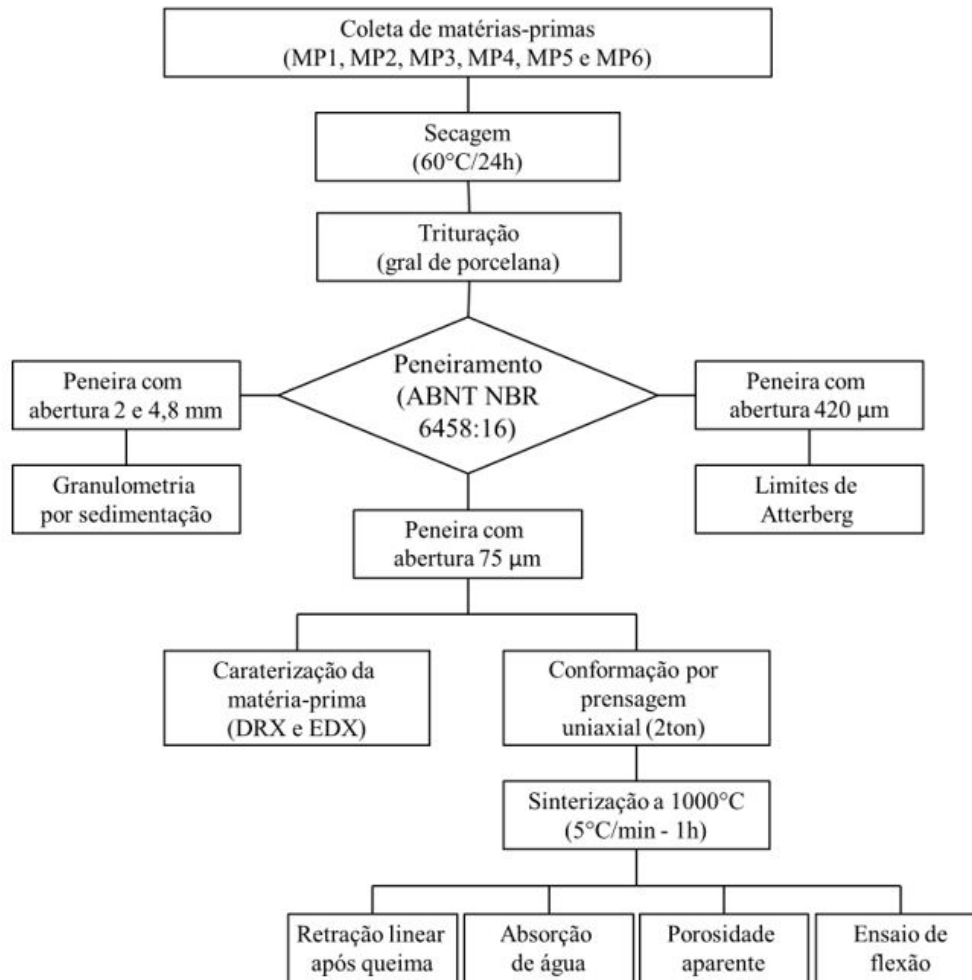
Ensaio de flexão em três pontos: utilizando uma máquina universal de ensaios mecânicos (Modelo WDW100 EB 100KN, marca: Time Group) operando a uma velocidade de $0,5 \text{ mm}/\text{min}$ [17]; a resistência mecânica dos corpos de prova sinterizados foi avaliada através da medida do módulo de ruptura à flexão.

Limites de Atterberg: Os limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) foram obtidos de acordo com as normas da ABNT [18] e [15], respectivamente. O índice de plasticidade (IP) é o resultado da diferença aritmética entre os limites de liquidez e plasticidade, sendo utilizada a Equação D para seu cálculo.

$$IP = LL - LP \quad (\text{D})$$

O fluxograma do procedimento experimental utilizado no trabalho está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do procedimento experimental adotado.
Figure 1- Flowchart of experimental procedure.



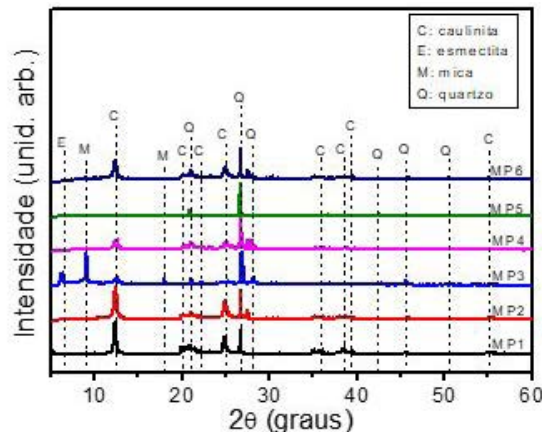
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 ilustra os resultados de difração de raios X das matérias-primas estudadas. Foram observadas as seguintes fases mineralógicas: caulinita, quartzo, esmectita e mica de acordo com as fichas cristalográficas ICSD n° 68698, ICSD n° 162490, JCPDS n° 831808 e JCPDS n° 13-0135, respectivamente.

Para todas as amostras foram observadas a presença da fase da caulinita. Segundo Moreno *et al.* [19], a caulinita ocorre nas maiorias das matérias-primas cerâmicas e é gerada a partir da alteração supérgena dos feldspatos e da illita, a qual remove parte dos elementos fundentes aumentando a refratariedade, porém possibilita a desagregação do material, a diminuição da granulometria e o aumento da plasticidade, aspecto essencial para a conformação do material e para as reações de sinterização.

As quantificações das fases cristalográficas das matérias-primas cerâmicas estão apresentadas na Tabela I. Como já evidenciado no DRX, a partir da Tabela I foi possível observar que as amostras MP1, MP2, MP4 e MP6, apresentaram em sua estrutura cristalina predominância da fase caulinita, com percentual da fase de 76,9; 75,4; 65,7 e 53,9%, respectivamente. Contudo, a amostra MP5 apresentou um menor percentual de 4,9% da fase.

**Figura 2 - Difratoogramas de raios X das matérias-primas cerâmicas.
Figure 2 - X-ray diffraction patterns of ceramic raw materials.**



**Tabela I - Quantificação das fases cristalinas das matérias-primas cerâmicas.
Table I - Quantification of crystalline phases of ceramic raw materials.**

Amostras	Fase cristalina (%)			
	Caulinita	Quartzo	Mica	Esmectita
MP1	76,9	23,0	0,0	0,0
MP2	75,4	24,5	0,0	0,0
MP3	30,9	37,8	21,9	9,3
MP4	65,7	34,2	0,0	0,0
MP5	4,9	95,1	0,0	0,0
MP6	53,9	46,1	0,0	0,0

É possível verificar a partir das composições químicas das matérias-primas cerâmicas obtidas por EDX na Tabela II, que as amostras MP1, MP2, MP4 e MP6 apresentaram teores de sílica e alumina semelhantes, justificado pelo elevado teor de caulinita presente na sua estrutura, essa semelhança é devido a característica da estrutura do filossilicato dioctaédrico do tipo 1:1 formado por tetraedros de sílica (SiO_4) e folhas octaédrica de alumínio (Al_2O_3) [20].

**Tabela II - Composição química (% em massa) das matérias-primas cerâmicas.
Table II - Chemical composition (wt%) of ceramic raw materials.**

Amostras	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	K_2O	CaO	TiO_2	Na_2O	Outros
MP1	49,26	42,42	1,99	0,51	0,48	0,17	0,45	3,78	0,94
MP2	51,56	40,72	2,75	1,19	1,44	0,00	1,95	0,00	0,39
MP3	55,36	24,09	9,87	2,46	4,24	1,11	1,18	1,40	0,29
MP4	51,16	35,35	6,45	1,04	3,12	0,29	2,02	0,00	0,57
MP5	67,95	19,00	4,45	2,17	3,77	1,23	0,89	0,00	0,54
MP6	49,48	36,24	7,74	1,32	2,34	0,35	1,64	0,00	0,89

Contudo, quantidades mais elevadas de óxido de silício foram percebidas nas matérias-primas MP3 e MP5, que pode estar associado ao elevado percentual de quartzo presente em suas estruturas, comprovando a quantificação de fases cristalinas apresentada na Tabela I e os difratogramas de raios X (Figura 2), onde se observa uma intensidade mais elevada e perceptível do pico do mineral de quartzo em detrimento dos picos característicos da caulinita nessas respectivas amostras.

Segundo Medeiros *et al.* [17], a sílica pode ser proveniente da camada tetraédrica do argilomineral caulinita e dos minerais acessórios como mica, feldspato e quartzo em sua forma natural mais pura, o que também explica a presença de sílica das argilas cauliniticas MP1, MP2,

MP4 e MP6.

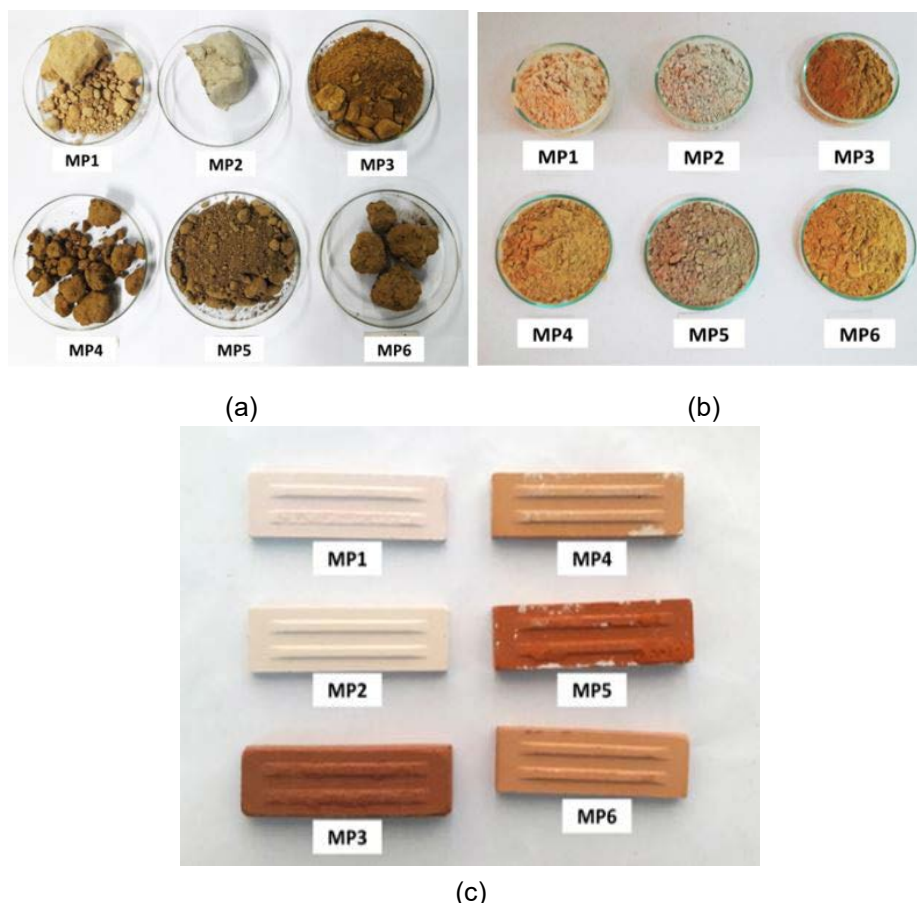
Maiores teores de óxidos alcalinos foram observados nas amostras MP1, MP3 e MP5. As contribuições alcalinas são constituídas, em sua maioria, pela presença do óxido de sódio (Na_2O) em torno de 3,78% para a amostra MP1 e óxido de potássio (K_2O) em torno de 4,24% e 3,77% para as amostras MP3 e MP5, respectivamente.

A presença desses óxidos pode favorecer a formação de fase vítrea durante a queima, proporcionando bom preenchimento, além de formar pontos eutéticos com temperaturas de fusão mais baixas que podem acelerar o processo de sinterização [21].

Óxidos alcalinos podem estar associados à formação do caulim, pois este é formado pela alteração de silicatos de alumínio, particularmente dos feldspatos, que apresentam em sua composição óxidos de potássio, sódio e cálcio [22].

A Figura 3 ilustra os testes de cores das amostras antes e depois do beneficiamento e após queima. Pode ser observado que as amostras MP1 e MP2 apresentaram coloração clara após queima, rósea e creme-clara, respectivamente, típicos de argilas cauliníticas e *ball clay*, que são aplicadas no processamento cerâmico devido sua boa plasticidade [5]. Em contra partida, as demais amostras apresentaram coloração avermelhada/marrom sendo justificada pela maior presença de óxido de ferro (Fe_2O_3 4,45%) nas suas composições (Tabela II).

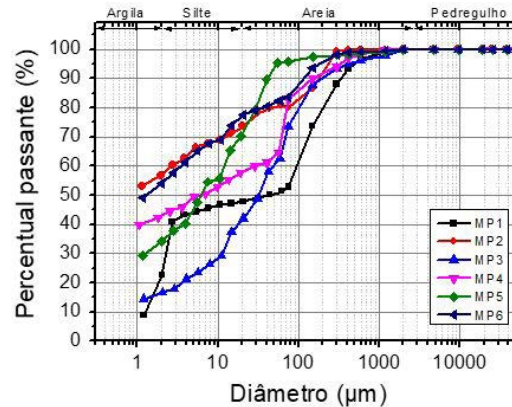
Figura 3 - Análise de cor das amostras (a) brutas, (b) beneficiadas em peneira com abertura de 75 μm e (c) após queima a 1000°C.
Figure 3 - Color analysis of the samples (a) raw, (b) processed in 75 μm mesh e (c) after sintered at 1000°C.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 4 apresenta as curvas granulométricas das matérias-primas cerâmicas e a Tabela III traduz o que pode ser visto nessas curvas, como as frações dos tamanhos das partículas das amostras. Os limites de Atterberg também são expostos na Tabela III.

Figura 4 - Distribuição granulométrica das matérias-primas cerâmicas após secagem e desagregação.
Figure 4 - Particle size distribution of ceramic raw materials after drying and disaggregation.



De acordo com a Figura 4 e Tabela III, as amostras MP2, MP4 e MP6 apresentaram maior percentual de distribuição de partícula inferior a 2 µm ($x \leq 2\mu\text{m}$), a MP5 exibiu maior contribuição da fração intermediária ($2 < x \leq 20\mu\text{m}$) e em contrapartida, MP1 e MP3 são mais grosseiras ($x > 20 \mu\text{m}$).

Tabela III - Frações granulométricas dos tamanhos de partícula e limites de Atterberg (LL - liquidez e LP plasticidade) e índice de plasticidade (IP) das matérias-primas cerâmicas.
Table III - Grain size fractions by particle size and Atterberg limits (LL - liquidity e LP - plasticity) and plasticity index(IP) of the raw materials.

Amostra	Distribuição de tamanho de partícula (%)			Limites de Atterberg (%)		
	Argila (%) $x \leq 2\mu\text{m}$	Silte (%) $2\mu\text{m} < x \leq 20\mu\text{m}$	Areia (%) $x > 20\mu\text{m}$	LL	LP	IP
MP1	22	25	53	44	26	18
MP2	57	17	26	48	34	14
MP3	17	25	58	33	29	4
MP4	44	15	41	43	32	11
MP5	34	36	30	28	20	8
MP6	54	23	23	52	35	17

A distribuição granulométrica das matérias-primas pode interferir significativamente sobre a plasticidade da massa, no preenchimento do molde e no empacotamento do sistema [12]. Partículas finas contribuem para a plasticidade das massas cerâmicas, como foi visto nas amostras MP2, MP4 e MP6, que devido a maior contribuição da fração argilosa, e conseqüentemente maior reatividade, proporciona índices de plasticidade mais altos, esse comportamento também foi observado por Silva *et al.* [7], quando avaliaram massas cerâmicas para grés sanitário.

Porém, a amostra MP1 apresentou maior índice de plasticidade (IP = 18%) exibindo uma distribuição granulométrica com 53% de fração arenosa ($x > 20\mu\text{m}$), o que difere do esperado. Esperava-se que esta amostra, com essa faixa granulométrica, não possuísse plasticidade satisfatória. Com isso, o fator composição química foi preponderante ao fator distribuição de tamanho de partícula, uma vez que essa amostra apresentou o maior percentual da fase da caulinita, o que lhe conferiu um maior índice de plasticidade.

Os argilominerais do tipo caulinita são responsáveis pela alta plasticidade das massas cerâmicas, uma vez que suas pequenas partículas são envelopadas por água adsorvida em sua superfície, proporcionando um efeito lubrificante entre elas [22].

As amostras MP3 e MP5 apresentaram menores índices de plasticidade (4 e 8%), o que pode estar relacionado com a distribuição granulométrica, já que essas exibiram respectivamente o maior percentual da fração arenoso e siltosos. Além disso, essas amostras exibiram a presença majoritária do mineral quartzo que podem ter contribuído para esse comportamento.

Segundo Santos *et al.* [8], materiais que apresentam IP entre 1 e 7% são considerados fracamente plásticos, de 7 a 15% são medianamente plásticos e acima de 15% altamente plásticos. De acordo com essa classificação, a amostra MP3 é plasticamente fraca, MP2, MP4 e MP5 apresentam plasticidade mediada e MP1 e MP6 são altamente plásticas (IP > 15%).

Goes *et al.* [23], também mostrou que as argilas caulínicas apresentam valores de índice de plasticidade que variam entre 5 a 22%, dessa maneira MP1, MP2, MP4, MP5 e MP6 podem apresentar características de argilas caulinitas de alta e média plasticidade que podem ser utilizadas para produção de peças pelos processos de prensagem e extrusão dentro do intervalo observado para cerâmica vermelha [12, 24].

Apesar da amostra MP5 estar na faixa aceitável, esta apresentou índices de plasticidades mais baixos devido à presença da sílica na sua estrutura, assim como a MP3, entretanto sua presença na massa cerâmica pode colaborar para o aumento da resistência mecânica e diminuição de retração de queima do corpo cerâmico, formando o chamado esqueleto do corpo cerâmico junto a óxidos alcalinos terrosos durante a formação de fase líquida [25].

A Tabela IV apresenta os resultados dos ensaios tecnológicos de retração linear (RT), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e módulo de ruptura à flexão (MRF) sinterizados a 1000°C, das matérias-primas cerâmicas.

Tabela IV - Resultados dos ensaios tecnológicos sinterizados a 1000°C de retração linear (RT), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e módulo de ruptura a flexão (MRF) das matérias-primas cerâmicas.

Table IV - Results of technological tests sintered at 1000°C of linear shrinkage (RT), water absorption (AA), apparent porosity (PA) and flexural strength (MRF) of the ceramic raw materials.

Amostras	RT (%)	AA (%)	PA (%)	MRF (MPa)
MP1	4,20	23,63	138,67	9,09
MP2	3,69	22,38	121,63	10,14
MP3	-0,60	25,98	40,70	1,30
MP4	5,13	15,03	19,71	11,07
MP5	1,65	15,53	36,69	6,97
MP6	4,95	16,22	38,84	20,45

Na retração linear após queima, três fenômenos diferentes aconteceram: as amostras MP1, MP2, MP4 e MP6 apresentaram retração elevada, a amostra MP5 apresentou retração mínima e a MP3 expansão linear (MP3). Essas duas últimas situações podem estar atreladas à presença dos óxidos alcalinos e da sílica.

Segundo Santos *et al.* [25] relataram que a ação fundente desses óxidos proporciona a diminuição de retração de queima do corpo cerâmico, acontecendo a densificação dos materiais mediante a formação de fases vítreas (fluxo viscoso), já a presença da sílica mantém a forma

estrutural regulando a viscosidade e conservando a retração das matérias-primas durante a formação de fase líquida.

Em relação às matérias-primas de elevada retração, MP1, MP2, MP4 e MP6, presume que durante a queima ocorra a saída da água e matéria orgânica que proporcionaram vazios e ao longo da sinterização possibilita o fechamento desses poros e possíveis retrações.

Os resultados de absorção de água após queima indicaram valores próximos para dois grupos de matérias-primas, grupo 1: MP1, MP2 e MP3 e o grupo 2: MP4, MP5 e MP6. No primeiro grupo a absorção foi crescente na ordem MP2, MP1 e MP3. A amostra MP3 apresentou elevada absorção de água, mas pode ser reduzida com o aumento da temperatura durante o processamento como mostrado nos trabalhos de Kotani *et al.* [3] que atingiu a estabilidade entre as temperaturas de 1100 a 1.300°C., indicando o alcance do ponto de sinterização da composição de materiais cerâmicos; Medeiros *et al.* [17] também observou que o aumento da temperatura proporciona redução significativa da absorção de água, sendo explicado pela presença de óxidos fundentes (Fe_2O_3 e K_2O), que durante a queima favorece o preenchimento dos poros.

O segundo grupo, MP4, MP5 e MP6, com absorção próxima de 15%, são coerentes com os valores geralmente aceitos na prática industrial como apontado nos trabalhos de Silva *et al.* [7] e Dondi [26] que apresentaram absorção considerada ótima na temperatura de 1000°C, com uma faixa de 12 a 16% de absorção de água para cerâmicas monoporosas, mas dependendo da temperatura de queima podem chegar a valores inferiores a 3% de absorção para o grés, no intervalo de 1100 a 1200°C normatizado, ou até valores mais baixos de 0,5% e assim ser classificados como porcelanato [27].

Os resultados de porosidade aparente, Tabela IV, corroboram com os de absorção de água. As amostras MP1 e MP2 apresentaram maiores valores de porosidades em relação às demais amostras, podendo estar associada à elevada quantidade de poros formados pela eliminação de água e liberação de matéria orgânica durante a queima. Além disso, a temperatura de queima pode ter sido ineficiente para ocorrer o fechamento e/ou redução da porosidade aberta nas amostras. As demais matérias-primas apresentaram valores de porosidades menores e conseqüentemente maior densificação.

Em relação à resistência à flexão, a amostra MP6 apresentou valor de 20,45 MPa, podendo ser atribuído a baixa absorção de água, baixa porosidade aparente e elevado teor na fração argilosa, $x \leq 2 \mu\text{m}$ (54%), a quantidade elevada de partículas em dimensões inferiores a 2 μm , indica aumento da reatividade, que acelera a cinética das reações e favorece o processo de difusão que dita as transformações de fase que contribuem para melhor desempenho mecânico [10]. Em contra partida, a amostra MP3 foi a que apresentou menor desempenho mecânico, podendo estar relacionada por se tratar da amostra que apresentou menor valor de índice de plasticidade.

De forma geral, as amostras apresentaram contribuição significativa de acordo com norma para placa de revestimento [27], apresentando características importantes como resistência mecânica (mesmo em temperatura de queima inferior), baixa absorção de água, baixa porosidade, índice de plasticidade dentro do padrão e baixas retração linear.

Entretanto, as amostras MP3 e MP5 apresentaram baixo módulo de ruptura, mas poderão contribuir para a diminuição da retração linear após queima devido à presença do quartzo

na sua estrutura, além dos teores mais elevados de óxidos alcalinos que contribuirão no fator de fusibilidade da massa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As amostras apresentaram características de argilas caulinitas, com presença de fases cristalinas de caulinita e quartzo, além da presença de óxidos alcalinos.
- Em relação às propriedades mecânicas, as amostras que apresentaram maior índice de plasticidade e resistência mecânica por flexão foram a MP1 e MP6, com valores de 18% e 20,45 MPa, respectivamente.
- As argilas com predominância da fração de quartzo, apesar do baixo desempenho na resistência à flexão, apresentaram menores retrações lineares após queima.
- A temperatura de queima pode ter sido ineficiente para ocorrer o fechamento e/ou redução da porosidade nas amostras.
- As matérias-primas analisadas apresentaram características físicas adequadas para serem utilizados em diversas aplicações na indústria de produtos cerâmicos, como placas de revestimento cerâmico.

REFERÊNCIAS

- [1] G. T. TEIXEIRA, Ã. WATERKEMPER, A. M. BERNARDIN, F. PELISSER, H. R. ROMAN, E. G. P. ANTUNES, “Resistência de Aderência à Tração de Placas Cerâmicas, com Variação da Expansão por Umidade e Absorção de Água, Utilizando Simples e Dupla Colagem”, *Cerâmica Industrial* 23, 2 (2018) 22.
- [2] U. S. PADRO, J. C. BRESSIANI, “Panorama da Indústria Cerâmica Brasileira na Última Década”, *Cerâmica Industrial* 18, 1 (2013) 7.
- [3] T. KOTANI, P. M. NAKACHIMA, L. L. H. C. FERREIRA, A. L. PEREIRA, “Matérias-primas do Planalto de Poços de Caldas: Alternativas ao Caulim e ao Feldspato na formulação de Porcelanas e materiais de revestimento”, *Cerâmica Industrial* 24, 2 (2019), 45.
- [4] W. D. CALLISTER, D. G. RETHWISCH, *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*, 9th ed., (2016).
- [5] P. S. SANTOS, *Tecnologia de Argilas*, Edgar Blücher, São Paulo, (1989).
- [6] A. P. N. DE OLIVEIRA, D. HOTZA, *Tecnologia de fabricação de revestimento cerâmicos*, 2nd ed., Editora UFSC, Florianópolis-SC, (2015).
- [7] A. L. DA SILVA, C. B. B. LUNA, A. C. CHAVES, G. DE A. NEVES, “Avaliação de novos depósitos de argilas provenientes da região sul do Amapá visando aplicação na indústria cerâmica”, *Cerâmica* 64, 369, (2018) 69.
- [8] C. P. SANTOS, H. A. OLIVEIRA, R. M. P. B. OLIVEIRA, Z. S. MACEDO, “Caracterização de argilas calcárias utilizadas na produção de revestimentos cerâmicos no Estado de Sergipe - Brasil”, *Cerâmica*

62, 362 (2016) 147.

[9] L. F. T. QUEIROZ, S. N. MONTEIRO, C. M. F. VIEIRA, “Efeito da utilização de areia no processamento e nas propriedades de cerâmica vermelha”, *Cerâmica* 56, 339 (2010) 279.

[10] R. H. L. SILVA, G. DE A. NEVES, H. C. FERREIRA, L. N. L. SANTANA, A. C. V. NOBREGA, R. R. MENEZES, “Uso de dióxido de silício em massas cerâmicas para grés sanitários”, *Cerâmica* 65, 373 (2019) 1.

[11] P. M. T. CAVALCANTE, J. A. SAMPAIO, C. A. M. BALTAR, *Rochas & minerais industriais: Uso e especificações*, 2nd ed., CETEM/MCT, Rio de Janeiro, (2008).

[12] R. C. SANTOS, T. R. SILVA, G. DE A. NEVES, R. S. MACEDO, R. R. MENEZES, L. N. L. SANTANA, “Interação entre características de argilas e parâmetros de processamento sobre propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos”, *Cerâmica* 63, 367 (2017) 361.

[13] K. EMMERICH, A. STEUDEL, “Análise Térmica de Matérias-primas Argilosas”, *Cerâmica Industrial* 21, 2 (2016) 14.

[14] ABNT NBR 6457, Ed., “Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização,” Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2016).

[15] ABNT NBR 7180, Ed., “Solo - Determinação do limite de plasticidade,” Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2016).

[16] M. JUNG, I. S. CAMISA, I. ALBANAZ, S. L. S. PEREIRA, M. CARGNIN, “Comparativo entre diferentes métodos de determinação da retração linear de placas cerâmicas”, *Rev. Tec. Cient.* 3, 1 (2012) 242.

[17] R. R. MEDEIROS, W. P. GONÇALVES, J. M. CARTAXO, H. S. FERREIRA, G. DE A. NEVES, H. C. FERREIRA, “Influência do uso de resíduo de quartzito na expansão por umidade de massas de revestimentos cerâmicos planos”, *Cerâmica* 63, 366 (2017) 134.

[18] ABNT NBR 6459, Ed., “Solo - Determinação do limite de liquidez,” Associação Brasileira de Normas Técnicas, (2016).

[19] M. M. T. MORENO, C. D. ROVERI, L. H. GODOY, A. ZANARDO, “Caracterização de argilas e composição de massas cerâmicas preparadas com base na análise de curvas de consistência de misturas argila-água”, *Cerâmica* 62, 361 (2016) 21.

[20] J. M. CARTAXO, P. M. BASTOS, L. N. L. SANTANA, R. R. MENEZES, G. A. NEVES, H. C. FERREIRA, “Estudo de novas ocorrências de argilas plásticas (ball clays) do nordeste do Brasil para uso em cerâmicas refratárias”, *Cerâmica* 62, 364 (2016) 338.

[21] A. LIVRAMENTO, M. M. NAZÁRIO, R. A. DOMINGOS, A. NONI JUNIOR, R. TASSI, M. CARGNIN, “Reformulação de Massas para Pavimentos Cerâmicos Fabricados pelo Processo de Monoqueima”, *Cerâmica Industrial* 22, 5/6 (2017) 33.

[22] I. O. ARAÚJO, A. G. SOUZA, I. M. G. SANTOS, M. R. NASCIMENTO, “Caracterização química de caulins de Junco do Seridó-PB”, *Cerâmica Industrial* 17, 2 (2012) 36.

[23] J. R. GOES, T. F. AZEVEDO, T. X. C. DUTRA, V. B. SANTOS, J. B. SEVERINO JUNIOR, L. S. BARRETO, “Avaliação da potencialidade de argilas da formação geológica Calumbi e Riachuelo em

Sergipe para aplicação em revestimento cerâmico”, *Cerâmica* 60, 354 (2014) 211.

[24] A. BENNOUR, S. MAHMOUDI, E. SRASRA, N. HATIRA, S. BOUSSEN, M. OUAJA, F. ZARGOUNI, “Identification and traditional ceramic application of clays from the Chouamekh region in south-eastern Tunisia,” *Applied Clay Science* 118 (2015) 212.

[25] C. V. P. SANTOS, A. R. SILVA, M. A. S. GUIMARÃES FILHO, E. FAGURY NETO, A. A. RABELO, “Índice de Plasticidade e Análise Racional de Argilas de Marabá (PA) para Avaliação das Zonas de Extrusão”, *Cerâmica Industrial* 17, 2 (2012) 25.

[26] M. DONDI, “Caracterização Tecnológica dos materiais argilosos: Métodos Experimentais e Interpretação dos Dados”, *Cerâmica Industrial* 11, 3 (2006) 36.

[27] ABNT NBR 13818, Ed., “Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios,” Associação Brasileira de Normas Técnicas, (1997).



**Efeitos da temperatura no
comportamento mecânico de matérias-
primas utilizadas na produção de
cerâmicas de revestimento em indústria
do Cabo de Santo Agostinho – PE**

**Effects of temperature on mechanical
behavior of raw materials used in the
production of ceramic coating tile in
Cabo de Santo Agostinho – PE**

Renata Arcelino da Silva
Verônica Cristhina de Souza Diniz
Kallyandra Maria Silva de Souza Amorim
Jair Dantas Nacre Junior
Aimée Giovanna Jerônimo de Brito
Breno César Cabral de Oliveira
Jéssica Micaelli Mendes da Silva
Mayara Suellen da Silva Nascimento
Willams Apolo Santos Albuquerque
Aureliano Xavier dos Santos

DOI: [10.47573/ayd.5379.2.186.2](https://doi.org/10.47573/ayd.5379.2.186.2)

RESUMO

As propriedades dos revestimentos cerâmicos são dependentes de sua composição química e da microestrutura desenvolvida, principalmente, durante o tratamento térmico a que são submetidos. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estudar a influência da temperatura de sinterização no comportamento mecânico de matérias-primas cerâmicas com diferentes composições utilizadas em uma indústria de revestimento cerâmico, possibilitando sua análise e processamento de forma simples, controlada e reproduzível. Foram utilizadas 6 matérias-primas argilosas doadas por uma indústria de revestimento cerâmico do Cabo de Santo Agostinho - Pernambuco. Sendo compactados corpos de prova de cada amostra por prensagem uniaxial, em seguida submetidos a sinterização controlada a 1000, 1100 e 1200°C por 1h, com taxa de aquecimento de 5°C/min. Em seguida, foram avaliadas as propriedades tecnológicas de retração linear, absorção de água, porosidade aparente e resistência à flexão. Os ensaios tecnológicos revelaram que a amostra MP5 apresentou resistência mecânica à flexão de 45,27 MPa a 1100°C, associada a uma baixa porosidade (2,34% a 1100°C) e a mínima concentração de trincas internas resultante da baixa retração da peça (6,34% a 1100°C). Sendo assim, as matérias-primas analisadas apresentaram características típicas de materiais que podem ser utilizados na indústria tradicional de revestimento cerâmico.

Palavras-chave: matérias-primas. cerâmica. sinterização.

ABSTRACT

The properties of ceramic tiles are dependent on their chemical composition and on the microstructure developed, mainly during the heat treatment to which they are developed. In this study, aimed to evaluate the influence of temperature on the mechanical behavior of ceramic raw materials of different compositions used in production of ceramic tiles, allowing their analysis and processing in a simple, controlled and standard. Six raw materials donated by a ceramic coating industry from Cabo de Santo Agostinho - Pernambuco were used. Samples of raw material were compacted by uniaxial pressing, then subjected to controlled sintering at 1000, 1100 and 1200 °C for 1h, with a heating rate of 5°C / min. Then, properties were evaluated per of linear shrinkage, water absorption, apparent porosity and flexural strength. The samples MP5 showed a good mechanical performance in relation to temperature variation, showed maximum strength, 45.27 MPa at 1100°C, associated with low porosity (2.34% at 1100°C) and the minimum concentration of internal cracks resulting from the low retraction of the part (6.34% at 1100°C). Therefore, the raw materials presented physical properties for use in various applications in ceramic tile.

Keywords: raw materials. ceramic. sintering.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais protagonistas do setor de revestimentos cerâmico conforme o panorama da Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica (ANFACER, 2020), ocupando a terceira posição em produção e a segunda em consumo mundial (CABRAL *et al.*, 2019). As indústrias cerâmicas nacionais, buscando permanecer em destaque produtivo, visam manter o desenvolvimento tecnológico e os níveis de conformidade dos seus produtos, utilizando sistemas

de qualidade baseado no controle de matérias-primas e de processo da produção (SCHACKOW; CORREIA; EFFTING, 2020). De forma geral, esse seguimento é composto por uma sequência de etapas integradas, desde a escolha da matéria-prima, na etapa de queima da peça até o produto final (SANTOS *et al.*, 2017).

A argila é uma dessas matérias-primas, é definida como um material natural, terroso, de granulação fina, inferior a 2 μm , que quando umedecido com água apresenta plasticidade (BRITO *et al.*, 2015); constituída essencialmente de argilomine-raís, podendo conter quartzo, mica, feldspato, além de matéria orgânica e impurezas (SANTOS, 1989).

As transformações microestruturais que acontecem nessas matérias-primas durante as etapas do processo de obtenção das peças de revestimento, vão desde a mistura dos componentes até a queima, favorecem as reações químicas que corroboram para as mudanças estruturais, proporcionando propriedades nos porcelanatos, como alta resistência mecânica, mínima retração, dureza elevada, longa durabilidade e redução das deformações piropásticas (OLIVEIRA E HOTZA, 2015; SANTOS *et al.*, 2019a).

Na fabricação dos porcelanatos, a queima acontece a temperaturas em torno de 1200°C e de forma rápida com ciclos entre 50 a 70 minutos. Nessa etapa, o controle é ainda mais evidente, pois a produção final requer densificação uniforme, deformações mínimas à alta temperatura e boa resistência mecânica (ZANELLI *et al.*, 2019).

A densificação pode ser atingida durante a formação de ligações sólidas entre as partículas, que reduzem a energia superficial, resultando na diminuição dos contornos de grãos, que conseqüentemente, reduzem os volumes dos poros, levando a uma massa condensada (MUKHERJEE, 2013).

Assim, como os efeitos da densificação, obter uma retração mínima e controlada é importante, pois durante o aquecimento há redução do tamanho de partículas, que caso aconteça de forma brusca, pode ocasionar tensões internas, levando a uma baixa resistência e até na quebra do produto (MEDEIROS *et al.*, 2016).

Após a queima, as peças tornam-se resistentes e suas propriedades mecânicas e químicas superiores a do material a cru, esse comportamento pode ser derivado da presença de óxidos alcalinos na massa, que proporcionam a formação de fase vítrea durante a queima, ocasionando bom preenchimento, além de formar pontos eutéticos com temperaturas de fusão mais baixas e acelerar o processo de sinterização (LIVRAMENTO *et al.*, 2017).

Além dos óxidos alcalinos, a presença do quartzo é importante pois auxilia na vitrificação, afetando a morfologia e a distribuição da porosidade e impedindo a coalescência dos poros (REINOSA; CAMPO; FERNÁNDEZ, 2015). Ademais, a reação no estado sólido entre a caulinita e a alumina em temperaturas acima de 1000 °C origina a mulita, que se apresenta em uma estrutura interconectada na forma de agulhas e dispersas no meio da fase vítrea (CARVALHO *et al.*, 2020), podendo formar barreiras que estagnam o processo de retração e proporcionam o aumento da resistência mecânica (SILVA *et al.*, 2019a).

Dessa forma, estas transformações de fases indicam que ocorre uma evolução microestrutural paralela ao aumento de temperatura, a partir do início da junção dos grãos de feldspato e quartzo dispersos, que vão formando uma matriz de grãos finos que acomoda os argilominerais

e a porosidade, resultando num material de propriedade superior (ZANELLI *et al.*, 2019).

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estudar a influência da temperatura no comportamento mecânico de matérias-primas cerâmicas com diferentes composições utilizadas em uma indústria de revestimento situada no Cabo de Santo Agostinho, possibilitando sua análise e processamento de forma simples, controlada e reproduzível.

METODOLOGIA

Matérias-primas argilosas não identificadas (MP1, MP2, MP3, MP4, MP5 e MP6) foram doadas pela empresa Pamesa Brasil S. A., indústria do setor de revestimento cerâmico situado na cidade do Cabo de Santo Agostinho - PE. As caracterizações quanto a estrutura cristalina, composição química e caracterização física dessas amostras antes do tratamento térmico já foram reportadas por Silva e Diniz (2019). Sendo esse trabalho uma continuação das análises dessas matérias-primas após tratamento térmico.

As argilas foram conformadas em uma matriz de aço com cavidade retangular de dimensões 50 x 15 mm, por prensagem uniaxial com carga de 2 toneladas em uma prensa hidráulica (Modelo: CT-335, marca: Servitech).

Após a conformação, os corpos de prova foram sinterizados em temperaturas controladas a 1000, 1100 e 1200°C por 1h, com taxa de aquecimento de 5°C/min em forno mufla (Modelo: f3000, marca: EDG).

As propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova sinterizados foram avaliadas por ensaios tecnológicos, sendo eles:

Retração linear de queima (RI): obtida pela variação linear dos corpos de prova através das medidas do comprimento inicial (L_i) antes da queima (50 mm) e o comprimento final (L_f) após queima (JUNG *et al.*, 2012). Calculado através da Equação 1,

$$R_l (\%) = \left(\frac{L_i - L_f}{L_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

Absorção de água (AA) e porosidade aparente (PA): foram obtidos pelo método de imersão em água, valendo-se do princípio de Arquimedes. Foi utilizada uma balança de precisão de quatro dígitos, na qual foi acoplado um sistema de medida de massa imersa. Onde, M_s foi a massa seca da amostra (g) após queima, M_u a massa úmida da amostra (g) após ela ter permanecido imersa em água destilada durante 24 horas e M_i foi a massa da amostra (g) imersa em água. Os cálculos dessas propriedades foram determinados pelas Equações (2) e (3).

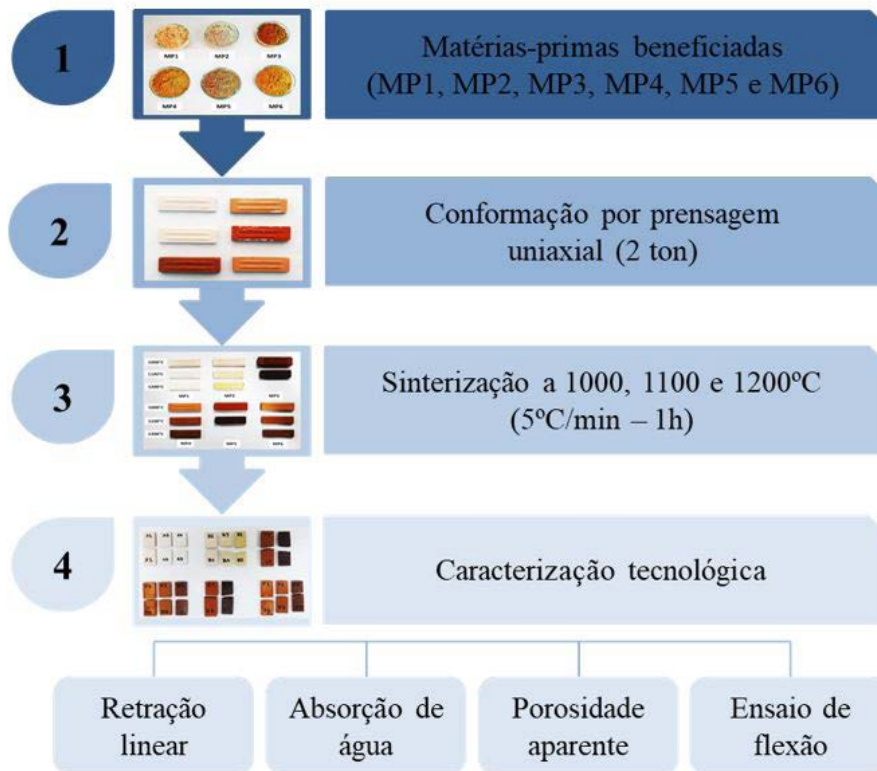
$$AA (\%) = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$PA (\%) = \left(\frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \right) \times 100 \quad (3)$$

Ensaio de flexão em três pontos: utilizando uma máquina universal de ensaios mecânicos (Modelo WDW100 EB 100KN, marca: Time Group) operando a uma velocidade de 0,5 mm/min (MEDEIROS *et al.*, 2017); a resistência mecânica dos corpos de prova sinterizados foi avaliada através da medida do módulo de ruptura à flexão.

O fluxograma do procedimento experimental utilizado no trabalho está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do procedimento experimental adotado.

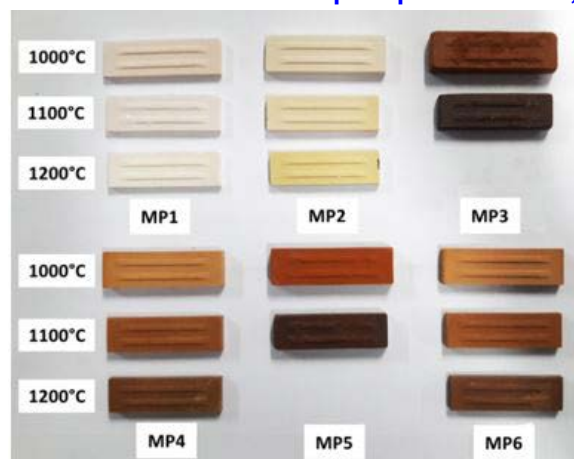


RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 ilustra os testes de cores das amostras em diferentes temperaturas, 1000, 1100 e 1200°C, exceto para as amostras MP3 e MP5 a 1200°C, pois apresentaram aspecto fundente e vitrificado, ocasionando a junção da peça ao suporte de queima ilustrado na Figura 3.

As amostras MP1 e MP2 apresentaram coloração clara após queima, rósea e creme-clara, respectivamente, típicos de argilas caulínicas e *ball clay*, que são aplicadas no processamento cerâmico devido sua alta plasticidade (SANTOS, 1989).

Figura 2 - Análise de cor das amostras após queima a 1000, 1100 e 1200°C.



Fonte: Autoria própria.

Por outro lado, as demais amostras exibiram uma coloração mais avermelhada, característica de matérias-primas que apresentam ferro em sua composição, como reportado por Silva e Diniz (2019). Indicando que após a queima, a coloração vermelha é presente, principalmente devido à oxidação do composto de ferro que ao final apresenta-se sob a forma de óxido férrico (SILVA *et al.*, 2018).

A cor da matéria-prima após queima é um dos principais indicativos para onde esse insu- mo pode ser aplicada no processo das placas de revestimento. Principalmente, em etapas como a da esmaltação, que fornecem efeitos estéticos a peça como brilho e cor, podendo ser classifi- cados como transparentes e brilhantes, opacos (mates) ou brancos (BERNARDINI *et al.*, 2020).

Em relação aos corpos-de-prova exibidos na Figura 3 das amostras MP3 e MP5, mos- tram o aspecto visual vitrificado. Essa aparência pode ser influenciada pela quantidade de óxidos fundentes presentes nessas amostras.

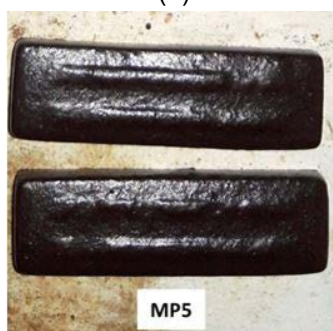
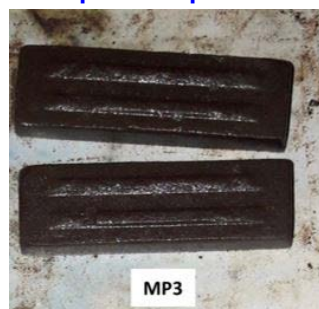
Silva e Diniz (2019) relataram que as amostras MP3 e MP5 apresentaram um somatório dos óxidos alcalinos com maior percentual, 9,21 e 7,17%, respectivamente, o que pode ter pro- vocado a vitrificação das peças, Tabela 1. Segundo Kotani *et al.* (2019), essa vitrificação, podem estar relacionadas à redução de viscosidade na fase líquida, causada pela maior concentração de óxidos alcalinos, que positivamente reduziu a temperatura de sinterização das peças.

Santos *et al.* (2016) mostrou que:

Matérias-primas com aspectos mais densos, evidenciam a formação de fase líquida e promovem a redução do volume de poros, mostrando a importância da combinação das quantidades de óxidos de alcalinos e do tamanho das partículas.

A Tabela 2 apresenta os resultados numéricos dos ensaios tecnológicos (retração linear, absorção de água e porosidade aparente) das matérias-primas quando submetida a diferentes temperaturas (1000, 1100 e 1200°C), e a Figura 4 ilustra a representação gráfica do comporta- mento deste efeito.

Figura 3 - Matérias-primas após sinterização 1200°C.



Fonte: Autoria própria

Tabela 1 - Composição química (% em massa) das matérias-primas cerâmicas.

Amostras	MgO	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	Óxidos fundentes (MgO + K ₂ O + CaO + Na ₂ O)
MP1	0,51	0,48	0,17	3,78	4,94
MP2	1,19	1,44	0,00	0,00	2,63
MP3	2,46	4,24	1,11	1,40	9,21
MP4	1,04	3,12	0,29	0,00	4,45
MP5	2,17	3,77	1,23	0,00	7,17
MP6	1,32	2,34	0,35	0,00	4,01

Tabela 2 - Resultados dos ensaios tecnológicos sinterizados a 1000, 1100 e 1200°C, de retração linear (RT), absorção de água (AA) e porosidade aparente (PA) das matérias-primas.

Amostras	Temperatura (°C)	RT (%)	AA (%)	PA (%)
MP1	1000	4,20	23,63	138,67
	1100	7,23	16,53	25,29
	1200	9,69	11,44	23,35
MP2	1000	3,69	22,38	121,63
	1100	9,60	10,58	42,00
	1200	11,85	5,59	15,25
MP3	1000	-0,60	25,98	40,70
	1100	10,01	0,79	10,67
	1200	10,44	-	-
MP4	1000	5,13	15,03	19,71
	1100	9,16	7,43	15,00
	1200	10,81	4,56	5,31
MP5	1000	1,65	15,53	36,69
	1100	6,34	0,23	2,38
	1200	9,27	-	-
MP6	1000	4,95	16,22	38,84
	1100	9,51	8,27	9,92
	1200	11,62	3,47	7,03

Fonte: Autoria própria.

Dentre as matérias-primas, fixando a temperatura em 1200°C, a amostra MP5 apresentou a menor retração (9,27%), esse efeito pode ser resultante do maior teor de sílica na sua composição, já que a fase cristalina do quartzo atua nas propriedades estruturais, fazendo com que os óxidos fundentes percorram os poros sem que haja grandes deformações. Essa mesma amostra, apresentou aspecto visual vitrificado, Figura 3(b), resultante da cooperação entre a presença de partículas de quartzo e de óxidos fundentes na peça. Santos *et al.* (2019) mostrou em seu trabalho que a presença de partículas finas de quartzo, favorece a dissolução na fase líquida formada em altas temperaturas, fazendo com que a viscosidade aumente, implicando em menores deformações originadas no corpo.

Em contrapartida, a amostra de maior retração foi a MP2 (11,85% a 1200°C), sendo essa uma argila com características *ball clay*, podendo apresentar alto grau de matéria orgânica como descrito no trabalho de Silva e Diniz (2019). Durante o processo de sinterização, acontecem transformações físico-químicas, desde a eliminação de água na sua estrutura até a eliminação total dos componentes orgânicos, dessa forma uma amostra com elevada quantidade de matéria orgânica, pode eliminar carbonáceos, proporcionando a perda de massa e conseqüentemente

a redução brusca da peça. No trabalho de Zaccaron *et al.* (2020) isso aconteceu através das variáveis do processo, tais como perda de água associada a hidróxidos, água de constituição de argilominerais e eliminação da matéria orgânica durante o tratamento térmico.

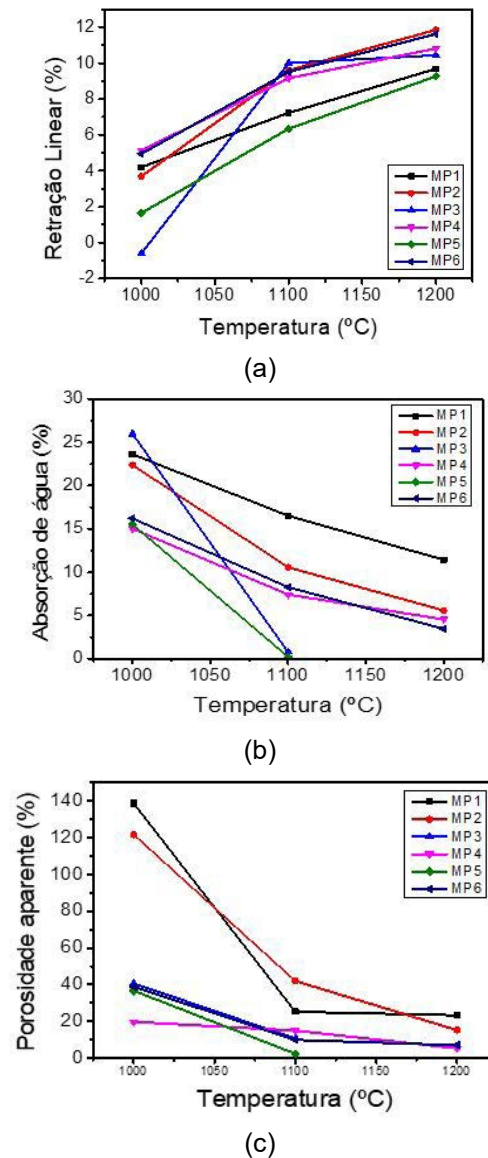
Menores teores de absorção de água a 1100°C foram observados nas amostras MP3 e MP5, 0,79% e 0,25%, respectivamente, associando ao aspecto vitrificado apresentado. Indicando que próximo a temperatura de 1200°C a absorção de água pode chegar a valores próximos de zero. Sendo essa colaboração decorrente da junção dos grãos de feldspato (óxidos fundentes) e quartzo (sílica) dispersos, que formam uma matriz de grãos finos acomodando os argilominerais nos interstícios porosos, resultando em um material de propriedade superior (ZANELLI *et al.*, 2019), favorecendo o fechamento dos poros devido a uniformidade da vitrificação do corpo. Por outro lado, a presença em maior quantidade de óxido de silício nas amostras, proporcionou na maior estabilidade térmica e dimensional devido ao seu elevado ponto de fusão (KOTANI *et al.*, 2019), o que colaborou também para a redução da retração linear.

A amostra que apresentou maior absorção de água foi a MP1 (11,44% a 1200°C), de aparência semelhante a um caulim rosa, figura 1. Magrini *et al.*, (2017) mostrou em seu trabalho que matérias-primas como o caulim não costumam apresentar aspecto fundente, podendo ocorrer uma sinterização incipiente em temperaturas mais elevadas em torno de 1350 °C, com aspecto visual opaco. Dessa forma, é possível que essa absorção de água seja resultante da sinterização inicial e que em temperaturas mais elevadas os poros presentes podem ser diminuídos e conseqüentemente reduzida a absorção de água.

Os resultados de porosidade aparente, mostram que as componentes MP1 e MP2 exibiram alto grau de porosidade em 1000°C, com valores respectivos de 138,63 e 121,63%. Segundo Torres *et al.* (2015) Minas Gerais, Brazil, containing from 2.5 to 97.5wt% steatite (soapstone, matérias-primas cerâmicas a 1000 °C apresentam uma má compactação na superfície da peça, contribuindo para a presença de poros entre os grãos. Entretanto, essa porosidade diminui com o aumento da temperatura, 1200 °C, resultados que também foram verificados em outras fontes de análise, (BET), apresentando um menor volume de poros.

Por outro lado, a amostra MP5 exibiu uma redução de porosidade acentuada em temperaturas inferiores a 1200°C. Segundo TEMGA *et al.*, (2019) a densificação é um parâmetro determinante que afeta as propriedades dos produtos cerâmicos. Isso se deve a formação progressiva de fases como anortita, mulita, espinélio e entre outras, que auxiliam a reforçar as propriedades mecânicas dos materiais e à formação da fase vítrea que preenche a porosidade aberta (BENNOUR *et al.*, 2015) in Northwest Tunisia. The original clays were characterized by chemical analysis, powder X-ray diffraction (XRD). A densificação da argila vermelha é influenciada pelas fontes de fundentes como K_2O , Na_2O e Fe_2O_3 , que favorecem a formação da fase vítrea. O rearranjo dos minerais argilosos liberam elementos fundentes, que podem ter contribuído para a rápida vitrificação (BOUSSEN *et al.*, 2016)

Figura 4 - (a) retração linear de queima, (b) absorção de água e (c) porosidade aparente.



Avaliando o comportamento das matérias-primas com o aumento da temperatura, Figura 4, em relação a retração linear, pode ser observado que as amostras apresentaram uma relação diretamente proporcional ao aumento da temperatura, sendo um indicativo do êxito da sinterização das peças, ocorrendo devido a formação da fase líquida favorecida pela presença de óxidos fundentes nas amostras, ocasionando a coalescência dos poros, e conseqüentemente, a redução dos vazios, conferindo boa resistência mecânica aos produtos (BOULINGUI *et al.*, 2015).

A amostra MP3 apresentou uma variação na retração linear mais pronunciada no intervalo de 1000-1100°C, indicando a sinterização líquida a partir de 1000°C, enquanto na faixa de 1100-1200°C apresentou uma estabilidade dimensional na curva, podendo estar associada a sinterização completa da peça. Por outro lado, as amostras restantes, apresentaram uma retração de menor variação na primeira faixa do gráfico (1000-1100°C), porque nessa temperatura, as cerâmicas vermelhas são sinterizadas principalmente pelo mecanismo de sinterização de estado sólido. Já em temperaturas mais elevadas são sinterizadas, predominantemente, por fluxo viscoso. Isso explica os maiores valores de contração linear a 1200°C (BARRETO; DA COSTA, 2018).

Já em relação aos dados da absorção de água há uma relação inversa com a temperatura. A literatura aponta (TEIXEIRA *et al.*, 2018) que fenômenos como esse acontecem durante a

sinterização, devido ao fechamento dos poros abertos, que minimizam a entrada de água nesses poros, tornando a peça mais inerte a absorção de água. Dessa forma, tende a diminuir quando existe a densificação do material, pois está diretamente relacionada com a porosidade: quanto maior a quantidade de poros no material, maior será a capacidade do mesmo absorver água (RODRIGUES *et al.*, 2014).

Como visto nos trabalhos de (MEDEIROS *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2019b; SILVA *et al.*, 2019b; ZACCARON *et al.*, 2020) há uma relação direta entre a absorção de água e a porosidade aparente da peça, sendo considerada a redução da porosidade com a aumento da temperatura, fundamentando o que foi visto também em relação a retração e a absorção de água, estando a sinterização reduzindo a presença dos poros nas peças.

Analisando o gráfico da porosidade aparente, no intervalo de 1000-1100°C as amostras MP1 e MP2 apresentaram uma variação mais pronunciada em relação as outras amostras, que praticamente se mantiveram constante entre 1000-1200°C. No trabalho de Silva e Diniz (2019) essas amostras, MP1 e MP2, apresentaram maiores teores da fase caulinita, 76,9 e 75,4% respectivamente, que pode ter induzido a presença de vazios durante as transformações térmica no processo de queima.

Torres *et al.* (2015) Minas Gerais, Brazil, containing from 2.5 to 97.5wt% steatite (soaps-tone, mostrou em seu trabalho que pequenas quantidades da fase caulinita reduz a absorção de água e conseqüentemente a porosidade, e durante as transformações térmicas, pode provocar o encolhimento linear da amostra, em contrapartida o crescimento dos grãos de mulita impede esse processo em temperaturas mais elevadas.

A Tabela 3 apresenta os resultados numéricos do módulo de resistência à ruptura dos corpos de provas das matérias.

Tabela 3 - Resultados numéricos do módulo de ruptura à flexão das matérias-primas estudadas.

Temperatura (°C)	Módulo de ruptura à flexão (MPa)					
	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
1000	9,09	10,14	1,30	11,07	6,97	20,45
1100	20,31	35,73	32,19	31,49	45,27	36,39
1200	29,78	40,48	-	36,62	-	44,64

Fonte: Autoria própria.

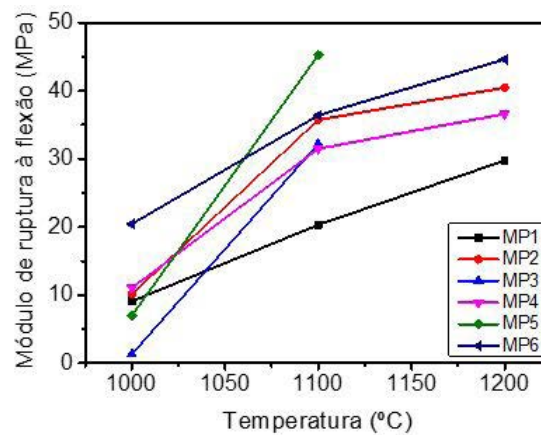
Primas quando submetida em diferentes temperaturas (1000, 1100 e 1200°C), e a Figura 5 ilustra a representação gráfica do comportamento deste efeito.

Dentre as amostras, a MP5 foi a que apresentou maior módulo de ruptura a flexão, 45,27 MPa em uma temperatura ainda intermediária, 1100°C. Há indicação que esse desempenho mecânico esteja associado, a baixa porosidade (2,34% a 1100°C) e a mínima concentração de trincas internas resultante da baixa retração da peça (6,34% a 1100°C).

Em contrapartida, a amostra MP1 mostrou menor valor de módulo de flexão acima de 1000°C, associado ao excesso de poros na peça. Esse resultado, também foi revelado na maior absorção de água e porosidade aparente. Reduzindo a aplicação dessas matérias-primas na atuação mecânica devido as falhas imprevisível durante carregando, tornando a porosidade um

fator crítico na avaliação mecânica (PAGANO *et al.*, 2020).

Figura 5 - Módulo de ruptura à flexão das matérias-primas analisadas em 1000, 1100 e 1200°C.



Nota-se que com a evolução da temperatura de sinterização, Figura 5, houve também o aumento na resistência mecânica, que pode estar associado à redução da porosidade e à formação de poros mais regulares (MILAK *et al.*, 2019), associado ao recobrimento desses poros, como visto nos resultados de absorção de água e porosidade aparente, Figura 4(b) e 4(c), revelando que a resistência mecânica de um produto pode ser dependente da sua microestrutura e, principalmente, da distribuição e tamanho dos defeitos presentes (DEMARCH *et al.*, 2019).

A porosidade residual influencia negativamente no comportamento mecânico das peças por dois fatores primordiais: a presença de poros reduzem a área de seção transversal quando aplicado uma carga e atuam como concentradores de tensão, uma vez que facilitam o início das trincas e com isso, uma possível fratura (CALLISTER E RETHWISCH, 2016)

As amostras MP3 e MP5 apresentaram um aspecto visual de queima vitrificada, prejudicando o andamento das caracterizações tecnológicas em 1200°C. Entretanto, os resultados abaixo de 1100°C dessas amostras apresentaram bom desempenho mecânico, podendo estar associando a presença de possíveis componentes alcalinos que contribuíram no bom preenchimento das peças.

De modo geral, as matérias-primas exibiram um comportamento significativo e dentro dos padrões normatizados para placa de revestimento (ABNT 13818, 1997) utilizado na indústria cerâmica, sendo visível que o uso de temperaturas mais elevadas, contribuem para desenvolvimento de propriedades físicas, como aumento da resistência mecânica, sendo essa propriedade associada a baixa absorção de água, porosidade e conseqüentemente na redução de defeitos relacionados a retração das peças após processamento.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Os corpos-de-prova das amostras MP3 e MP5 vitrificaram na temperatura de 1200°C, proporcionando o uso de materiais com formação de pontos eutéticos mais baixos.

Em 1100°C foi atingido resistência mecânica elevada (45,27 MPa), contribuindo para a redução de gastos energéticos durante o processo de queima de peças cerâmicas.

A formação do fluxo viscoso colaborou para redução dos poros na eliminação de compostos orgânicos, favorecendo a estabilidade dimensional, variando de 9 a 11%.

As matérias-primas estudadas apresentaram desempenho satisfatório quanto ao aumento da temperatura, que podem acelerar o processo de sinterização, adequados para serem utilizados em diversas aplicações na indústria de produtos cerâmicos, como placas de revestimento cerâmico.

REFERÊNCIAS

- ANFACER. Ceramics of Brazil. A indústria brasileira de revestimentos cerâmicos, 2020. Disponível em: <www.anfacer.org.br>.
- ABNT NBR 13818. Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, 1997.
- BARRETO, I. A. R.; DA COSTA, M. L. Sintering of red ceramics from yellow Amazonian latosols incorporated with illitic and gibbsitic clay. *Applied Clay Science*, v. 152, p. 124–130, 2018.
- BENNOUR, A., MAHMOUDI, S., SRASRA, E., HTIRA, N. Composition, firing behavior and ceramic properties of the Sejène clays (Northwest Tunisia). *Applied Clay Science*, v. 115, p. 30–38, 2015.
- BERNARDINI, L. P., MELO, A. R., CAMPOS, D. P., NEVES, J. R. S., COELHO, J. L., FARACO, M. N. S. Valorização dos finos de carvão vegetal no desenvolvimento de frita cerâmica para formulação de engobe. *Cerâmica industrial*, v. 25, n. 1, p. 43–60, 2020.
- BOULINGUI, J. E., NKOUMBOU, C., NJOYA, D., THOMAS, F., YVON, J. Characterization of clays from Mezafé and Mengono (Ne-Libreville, Gabon) for potential uses in fired products. *Applied Clay Science*, v. 115, p. 132–144, 2015.
- BOUSSEN, S., SGHAIER, D., CHAABANI, F., JAMOUSSE, B., BENNOUR, A. Characteristics and industrial application of the Lower Cretaceous clay deposits (Bouhedma Formation), Southeast Tunisia: Potential use for the manufacturing of ceramic tiles and bricks. *Applied Clay Science*, v. 123, p. 210–221, 2016.
- BRITO, I. P., ALMEIDA, E. P., NEVES, G. A., MENEZES, R. R., SILVA, V. J., SANTANA, L. N. L. Avaliação de novos depósitos de argilas do Estado da Paraíba visando sua aplicação como matérias-primas cerâmicas. *Cerâmica*, v. 61, n. 360, p. 391–398, 2015.
- CABRAL JÚNIOR, M., AZEVEDO, P. B. M., CUCHIERATO, G., MOTTA, J. F. M. Estudo Estratégico da Cadeia Produtiva da Indústria Cerâmica no Estado de São Paulo: Parte II – Indústria de Revestimentos. *Cerâmica industrial*, v. 24, n. 2, p. 13–21, 2019.
- CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- CARVALHO, R. S., SILVA, V. J., NÓBREGA, R. B., LIRA, H. L., SANTANA, L. N. L. Fabrication and characterization of dielectric ceramics using alumina and aluminosilicates. *Cerâmica*, v. 66, n. 377, p. 56–64, 2020.
- DEMARCH, A., WATERKEMPER, A., PASINI, D., ZANELATTO, F., RUZZA, S. Análise da nova metodologia da ISO 10545 para determinação da carga de ruptura e resistência a flexão de revestimentos cerâmicos. *Cerâmica industrial*, v. 24, n. 3, p. 35–39, 2019.
- JUNG, M., CAMISA, I. S., ALBANAZ, I., PEREIRA, S. L. S., CARGNIN, M. Comparativo entre diferentes métodos de determinação da retração linear de placas cerâmicas. *Rev. Técnico Científica*, v. 3, n. 1, p. 242–251, 2012.
- KOTANI, T., NAKACHIMA, P. M., FERREIRA, L. L. H. C., PEREIRA, A. L. Matérias-primas do Planalto de Poços de Caldas: Alternativas ao Caulim e ao Feldspato na formulação de Porcelanas e materiais de Revestimento. *Cerâmica Industrial*, v. 24, n. 2, p. 45–50, 2019.

LIVRAMENTO, A., NAZÁRIO, M. M., DOMINGOS, R. A., NONI, A., TASSI, R., CARGNIN, M. Reformulação de Massas para Pavimentos Cerâmicos Fabricados pelo Processo de Monoqueima. *Cerâmica Industrial*, v. 22, n. 5–6, p. 33–40, 2017.

MAGRINI, A. CABRAL JUNIOR, M., CAMARGO, A. C., TANNO, L. C. Argilas e Caulim da Região de Cunha - SP: Características Tecnológicas e Estéticas para a Cerâmica Artística. *Cerâmica Industrial*, v. 22, n. 5/6, p. 19–26, 2017.

MEDEIROS, R. R. GONÇALVES, W. P., CARTAXO, J. M., FERREIRA, H. S., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C. Influência do uso de resíduo de quartzito na expansão por umidade de massas de revestimentos cerâmicos planos. *Cerâmica*, v. 63, p. 134–142, 2017.

MEDEIROS, S. G., Dutra, R. P. S., Grilo, J. P. F., Martinelli, A. E., Paskocimas, C. A., Macedo, D. A. Preparação de compósitos alumina-mulita de baixo custo via sinterização reativa entre uma argila caulinitica da Paraíba e hidróxido de alumínio. *Cerâmica*, v. 62, n. 363, p. 266–271, v. 62, p. 266–271, 2016.

MILAK, G. B., NAZARIO, B. I., INNOCENTINI, M. D. M., RAUPP-PEREIRA, F., MONTEDO, O. R. K. Efeito da temperatura de sinterização e da adição de fibras poliméricas em cerâmica porosa obtida a partir de resíduos do processo Kraft. *Cerâmica Industrial*, v. 65, p. 416–425, 2019.

MUKHERJEE, S. *The Science of Clays: Applications in Industry, Engineering and Environment*. India: Springer, 2013.

OLIVEIRA, A. P. N. de; HOTZA, D. *Tecnologia de fabricação de revestimento cerâmicos*. 2. ed. Florianópolis-SC: Editora UFSC, 2015.

PAGANO, E.; CHINELATTO, A. S. A.; CHINELATTO, A. L. Freeze casting process for the generation of graded porosity in Al₂O₃ ceramics. v. 66, n. 377, p. 63–73, 2020.

REINOSA, J. J.; CAMPO, A. del; FERNÁNDEZ, J. F. Indirect measurement of stress distribution in quartz particles embedded in a glass matrix by using confocal Raman microscopy. *Ceramics International*, v. 41, n. 10, Part A, p. 13598–13606, 2015.

RODRIGUES, L. dos S. SILVA, J. C., ANGÉLICA, R. S., RABELO, A. A., PORTUGAL FAGURY, R. L. R., FAGURY NETO, E. Avaliação tecnológica de cerâmicas tradicionais incorporadas com rejeito do minério de manganês. *Cerâmica*, v. 60, p. 580–585, 2014.

SANTOS, C. P. *et al.* OLIVEIRA, H. A., OLIVEIRA, R. M. P. B., MACEDO, Z. S. Caracterização de argilas calcárias utilizadas na produção de revestimentos cerâmicos no Estado de Sergipe - Brasil. *Cerâmica*, v. 62, n. 362, p. 147–156, 2016.

SANTOS, L. R., NASTRI, S., ZENATTI, S., LOT, A. V., MELCHIADES, F. G., BOSCHIB, A. O. A evolução da deformação piropilástica de porcelanatos durante a queima. *Cerâmica Industrial*, v. 21, n. 3, p. 27–34, 2019a.

SANTOS, L. N. R. M., SILVA, J. R. S., CARTAXO, J. M., MOTA, M. F., NEVES, G. A., MENEZES, R. R. Cerâmicas porosas de mulita obtidas por freeze-casting. *REMAP*, v. 14, n. 3, p. 112–117, 2019b.

SANTOS, P. S. *Tecnologia de Argilas*. São Paulo: Edgar Blücher, 1989. v. 1

SANTOS, R. C. SILVA, T. R., NEVES, G. A., MACEDO, R. S., MENEZES, R. R., SANTANA, L. N. L. Interação entre características de argilas e parâmetros de processamento sobre propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos. *Cerâmica*, v. 63, p. 361–368, 2017.

SCHACKOW, A.; CORREIA, S. L.; EFFTING, C. Influence of microstructural and morphological properties of raw natural clays on the reactivity of clay brick wastes in a cementitious blend matrix. *Cerâmica*, v. 66, n. 378, p. 154–163, 2020.

SILVA, A. L., LUNA, C. B. B., CHAVES, A. C., NEVES, G. A. Avaliação de novos depósitos de argilas provenientes

da região sul do Amapá visando aplicação na indústria cerâmica. *Cerâmica*, v. 64, n. 369, p. 69–78, 2018.

SILVA, R. A., DINIZ, V. C. de S. Caracterização de matérias-primas cerâmicas utilizadas na produção de placas de revestimento em indústria do Cabo de Santo Agostinho. (TCC) 2019. UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, 2019.

SILVA, R. H. L., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C., SANTANA, L. N. L., NÓBREGA, A. C. V., MENEZES, R. R. Uso de dióxido de silício em massas cerâmicas para grés sanitários. *Cerâmica*, v. 65, n. 373, p. 1–12, 2019a.

TEIXEIRA, G. T., WATERKEMPER, A., BERNARDIN, A. M., PELISSER, F., ROMAN, H. R., ANTUNES, E. G. P. Resistência de Aderência à Tração de Placas Cerâmicas, com Variação da Expansão por Umidade e Absorção de Água, Utilizando Simples e Dupla Colagem. *Cerâmica Industrial*, v. 23, n. 2, p. 22–30, 2018.

TEMGA, J. P., MACHE, J. R., MADI, A. B., NGUETNKAM, J. O., BITOM, D. L. Ceramics applications of clay in Lake Chad Basin, Central Africa. *Applied Clay Science*, v. 171, p. 118–132, 2019.

TORRES, H. S. S.; VARAJÃO, A. F. D. C.; SABIONI, A. C. S. Technological properties of ceramic produced from steatite (soapstone) residues–kaolinite clay ceramic composites. *Applied Clay Science*, v. 112–113, p. 53–61, 2015.

ZACCARON, A., FERNANDES, P., NANDI, V. S., ROSSO, F. Incorporação de escória de alto forno a carvão vegetal em massa de cerâmica vermelha. *Cerâmica Industrial*, v. 25, n. 1, p. 34–42, 2020.

ZANELLI, C., ARDIT, M., CONTE, S., SOLDATI, R., CRUCIANI, G., DONDI, M. Sinterização de porcelanatos com fluxo viscoso: Uma revisão. *Cerâmica Industrial*, v. 24, n. 2, p. 7–12, 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Pamesa Brasil S/A pela doação das matérias-primas. Aos Laboratórios: Síntese de Materiais Cerâmicos, (UFCG/UAEMa), Mecânica dos Solos (UFRPE/UACSA) e de Materiais Cerâmicos (UFRPE/UACSA) pela execução do trabalho experimental.



Projeto e análise de desempenho de algoritmos de estimação paramétrica aplicados ao controle adaptativo por modelo de referência

Design and performance analysis of parametric estimation algorithms applied to adaptive control by reference model

Diego Carrião Canhan

Discente no Curso de Engenharia Eletrônica/DAELN. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Leandro Castilho Brolin

Docente no Curso de Engenharia Eletrônica/DAELN. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Flávio Luiz Rossini

Docente no Curso de Engenharia Eletrônica/DAELN. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.3

RESUMO

O presente estudo realizou o projeto e análise de desempenho entre dois algoritmos de estimação paramétrica, o Método do Gradiente (MG) e o Método dos Mínimos Quadrados Recursivo (MMQR), ambos aplicados ao sistema de Controle Adaptativo por Modelo de Referência (CAMR). O estudo de técnicas de projeto e análise de controle, assim como a comparação dos métodos aqui apresentados, potencializam a capacidade do projetista em tratar de problemas práticos de forma eficiente. A principal contribuição do estudo foi aplicar e esclarecer as vantagens dos métodos apresentados. Assim, os objetivos específicos foram: identificar a planta a controlar; discretizar a planta; construir a lei de controle; implementar o algoritmo de identificação; e analisar e validar os resultados simulados. A partir de simulações numéricas, analisou-se o desempenho de cada algoritmo e suas, respectivas, vantagens e limitações. O MMQR possui ótimo regime transitório, contudo seu custo computacional se mostrou elevado. O MG possui o tempo de acomodação mais lento e possui baixa demanda computacional, quando comparado ao MMQR. Ao levar em consideração as características de cada algoritmo e ter conhecimento prévio sobre a planta que se deseja controlar, tais informações prévias auxiliam na escolha do algoritmo, assim potencializa melhor desempenho do sistema de controle.

Palavras-chave: método dos mínimos quadrados recursivo (MMQR). método do gradiente (MG). controle adaptativo por modelo de referência (CAMR). comparação de métodos paramétricos.

ABSTRACT

This study carried out the design and performance analysis of two parametric estimation algorithms, the Gradient Method (MG) and the Recursive Least Squares Method (MMQR), both applied to the Reference Model Adaptive Control (CAMR) system. The study of design techniques and control analysis, as well as the comparison of the methods presented here, enhance the designer's ability to deal with practical problems efficiently. The main contribution of the article was to apply and clarify the advantages of the presented methods. Thus, the specific objectives were: to identify the plant to be controlled; discretize the plan; build the control law; implement the identification algorithm; and analyze and validate simulated results. Based on numerical simulations, the performance of each algorithm and its respective advantages and limitations were analyzed. The MMQR has a great transient regime, however its computational cost was high. The MG has the slowest settling time and has a low computational demand when compared to the MMQR. By taking into account the characteristics of each algorithm and having prior knowledge about the plant to be controlled, such prior information helps in choosing the algorithm, thus enhancing better performance of the control system.

Keywords: comparison of parametric estimation methods. model reference adaptive control (MRAC). gradient method (GM). recursive least squares method (RLSM).

INTRODUÇÃO

O controle adaptativo surgiu na década de 50, na área de processos de automação e na aviação. Ao longo das últimas décadas, esse tipo de estratégia de controle tem se destacado e motivado aplicações em modelos variantes no tempo. O motivo para o avanço do controle

adaptativo foi para desenvolver sistemas de controle que pudessem se adaptar às mudanças na dinâmica do processo (ÅSTRÖM; WITTENMARK, 2008).

Há uma classe de controladores adaptativos que faz uso de métodos de estimação paramétrica e em tempo real. Assim, a partir da estimação de parâmetros, esses controladores usam os valores estimados na lei de controle para ajustar os ganhos do controlador ou regulador, cuja finalidade é atender aos critérios de desempenho pré-estabelecidos pelo projetista (LANDAU *et al.*, 2011).

Ao considerar esse contexto, a área de pesquisa de controle adaptativo se encontra em franca expansão. Desse modo, torna-se importante a compreensão de métodos de estimação de parâmetros e de estados de sistemas dinâmicos, assim como suas adaptações e extensões, relacionados à área da modelagem matemática e sistemas de controle (AGUIRRE, 2007) (ROSSINI; MARTINS; SILVA GONÇALVES; GIESBRECHT, 2018) (ROSSINI, 2020) (ROSSINI; OLIVEIRA; GIESBRECHT, 2021) (TAKEMOTO; ROSSINI; CORRÊA, 2022). Ao usar técnicas de identificação de sistemas dinâmicos, essas permitem descrever a dinâmica do processo com pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre a planta (ROSSINI, 2020).

O sistema de Controle Adaptativo por Modelo de Referência (CAMR) pode ser caracterizado como indireto ou direto e com lei adaptativa normalizada ou não normalizada. O CAMR é uma estratégia de controle flexível, permite acoplar diferentes métodos de estimação de parâmetros, assim como diferentes lei de controle (CANHAN; BROLIN; ROSSINI, 2022a) (CANHAN; BROLIN; ROSSINI, 2022b) (COLDEBELLA; BROLIN; ROSSINI, 2022a) (COLDEBELLA; BROLIN; ROSSINI, 2022b). No CAMR indireto os parâmetros da planta são estimados em tempo real e a partir dessa estimação os ganhos do controlador são computados. No CAMR direto, o qual é abordado neste trabalho, os ganhos do controlador são estimados a partir do sinal de erro entre as saídas da planta e do modelo. Neste trabalho, foram compostas as leis adaptativas a partir do Método do Gradiente (MG) e do Método dos Mínimos Quadrados Recursivo (MMQR) (IANNOU, 1996).

Aplicou-se a estratégia de CAMR com estrutura direta a uma planta de segunda ordem com grau relativo igual a um. Para o sistema de CAMR, tornou-se necessário projetar um controlador com atualização periódica de ganhos. A partir dos sinais de saída da planta e do modelo, comparam-se os respectivos sinais, assim produz um sinal de erro. Em seguida, são computados e atualizados os ganhos do controlador. O objetivo do CAMR é fazer com que os parâmetros convirjam para valores que conduzam a resposta da planta a tornar-se igual a resposta do modelo de referência (JACOMÉ, 2013; PAULO, 2015).

O estudo se encontra organizado da seguinte maneira: Seção de Materiais e Métodos tratou de demonstrar o conceito do CAMR por meio de diagrama de blocos, descreveu-se sobre a lei de controle e apresentaram-se os métodos de estimação paramétrica; na Seção Resultados e Discussões, apresentaram-se as respostas gerada de cada algoritmo, bem como um comparativo entre os dois métodos de estimação; e a Seção Conclusão, relataram-se as características observadas no sistema de controle em malha fechada.

MATERIAIS E MÉTODOS

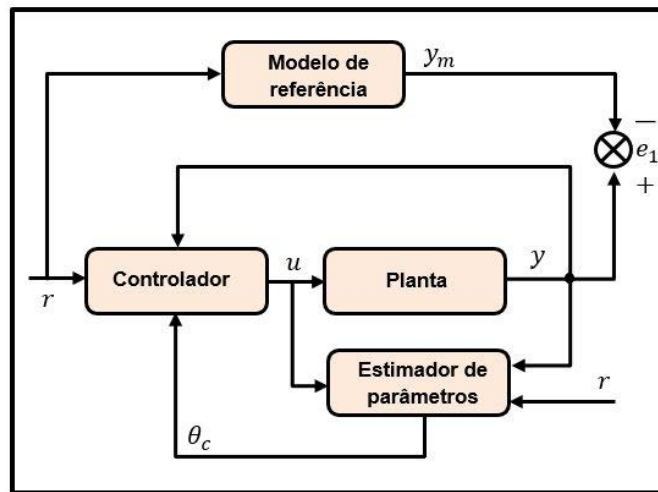
O Controle Adaptativo por Modelo de Referência (CAMR) é uma das principais abordagens no campo do controle adaptativo. Na Figura 1, ilustrou-se o esquema de CAMR, em que o modelo de referência é escolhido para gerar uma trajetória, , que a saída da planta deve seguir, para um dado sinal de referência , expressado por:

$$e_1 = y_p - y_m \tag{1}$$

O sinal de erro, e_1 , mostrado na Equação (1) representa o quanto a planta desviou da trajetória desejada.

Com base nesse erro, Equação (1), os ganhos do controlador são adaptados com o auxílio de estimador de parâmetros. Assim, deseja-se que o erro seja nulo ou o mais próximo de zero possível (IANNOU, 1996) (CANHAN; BROLIN; ROSSINI, 2022a) (CANHAN; BROLIN; ROSSINI, 2022b) (COLDEBELLA; BROLIN; ROSSINI, 2022a) (COLDEBELLA; BROLIN; ROSSINI, 2022b).

Figura 1 - Estrutura básica de um CAMR Direto



Fonte: (CANHAN; BROLIN; ROSSINI, 2022b).

Planta de ordem n com grau relativo arbitrário

Iannou (1996) descreveu uma planta SISO (do inglês, *Single Input Single Output - SISO*), linear invariante no tempo - LIT (do inglês, *Linear Time Invariant*), representada pelas equações de estado e de saída, expressadas respectivamente como:

$$\dot{x}_p = A_p x_p + B_p u_p \tag{2}$$

$$y_p = C_p^T x_p + D_p u_p$$

sendo $x_p \in \mathbb{R}^n$ é o vetor de estados da planta, $u_p \in \mathbb{R}^m$ o sinal de entrada da planta e $y_p \in \mathbb{R}^p$ o vetor de saída da planta, além das matrizes, $A_p \in \mathbb{R}^{n \times n}$ de transição de estados do sistema, $B_p \in \mathbb{R}^{n \times m}$ é a matriz de entrada, $C_p^T B_p \in \mathbb{R}^{p \times n}$ é a saída do sistema e $D B_p \in \mathbb{R}^{p \times m}$ é a matriz de transmissão direta (ROSSINI, 2020).

Iannou (1996) mostrou que a função de transferência da planta é dada por:

$$y_p = G_p(s)u_p \tag{3}$$

sendo $G_p(s)$ a função de transferência, a qual pode ser expandida da forma:

$$G_p(s) = k_p \frac{Z_p(s)}{D_p(s)} \quad (4)$$

sendo Z_p um polinômio mônico e Hurwitz, e K_p é o ganho da função de transferência. O grau relativo é a diferença da ordem do grau do polinômio $D_p(s)$ menos a ordem do grau do polinômio de $Z_p(s)$. Neste trabalho o grau relativo da planta para implementar o algoritmo é igual a 2 ou seja, $n^* = n_p - m_p = 2$.

Iannou (1996), mostrou que modelo de referência possui as mesmas características da planta e representado por equações de estados:

$$\begin{aligned} \dot{x}_m &= A_m x_m + B_m r \\ y_m &= C_m^T x_m \end{aligned} \quad (5)$$

sendo $x_m \in \mathbb{R}^n$ é o vetor de estados da planta, $u_m \in \mathbb{R}^m$ o sinal de entrada da planta e $y_m \in \mathbb{R}^p$ o vetor de saída da planta, além das matrizes, $A_m \in \mathbb{R}^{n \times n}$ de transição de estados do sistema, $B_m \in \mathbb{R}^{n \times m}$ é a matriz de entrada, $C_m^T B_m \in \mathbb{R}^{p \times n}$ é a saída do sistema e $D_m \in \mathbb{R}^{p \times m}$ é a matriz de transmissão direta (ROSSINI, 2020).

De acordo com Iannou (1996) o modelo de referência deve possuir o mesmo grau relativo e as mesmas características da planta, neste trabalho o grau relativo é $n^*=2$. A função de transferência do modelo é dada por:

$$y_m = W_m(s)r \quad (6)$$

$W_m(s)$ é expresso na forma:

$$Q_m(s) = k_m \frac{Z_m(s)}{D_m(s)} \quad (7)$$

DISCRETIZAÇÃO

As discretizações da planta e do modelo de referência foram feitas com o segurador de ordem zero (do inglês, *Zero Order Hold – ZOH*).

A conversão analógica-digital (A/D), é um processo de dois passos. Em um conversor A/D o sinal analógico é convertido em um sinal amostrado e, em seguida, convertido em uma sequência binária, o sinal digital. A taxa de amostragem deve ser ao menos o dobro da faixa de passagem do sinal. Essa frequência mínima de amostragem é denominada de taxa de amostragem de *Nyquist*. Para modelar sistemas digitais, deve-se obter uma representação matemática do processo do amostrador e segurador (NISE, 2013).

O modelo matemático para o amostrador é dado por:

$$\begin{aligned} f_{Tw}^*(t) &= f(t)s(t) \\ f_{Tw}^*(t) &= T_w \sum_{k=-\infty}^{\infty} f(kT)\delta(t - kT) \end{aligned} \quad (8)$$

A amostragem pode ser considerada o produto da forma de onda no domínio do tempo a ser amostrada, $f(t)$, com uma função de amostragem, $s(t)$. Se $s(t)$ é uma sequência de pulsos

de largura T_w , amplitude constante e taxa uniforme, a saída amostrada, $f_{T_w}^*(t)$, consistirá de uma sequência de parte de $f(t)$ em intervalos regulares. Na Equação (8), o termo $\delta(t-kT)$ constitui em funções delta de Dirac. Com isso, o resultado da amostragem com pulsos retangulares pode ser considerado como uma série de funções delta em que suas áreas são o produto da largura do pulso retangular com a amplitude da forma de onda amostrada, ou $T_w f(kT)$ (NISE, 2013).

Para Nise (2013), o segurador de ordem zero produz uma aproximação em degraus para $f(t)$. Assim, a saída do segurador é uma sequência de funções degrau cuja amplitude é $f(t)$ no instante de amostragem, $f(kT)$. Como um único impulso a partir do amostrador produz um degrau durante o intervalo de amostragem, a transformada de Laplace deste degrau, $G_h(s)$, que é a resposta ao impulso do segurador de ordem zero, é a função de transferência do segurador de ordem zero. Ao utilizar um impulso no instante zero, a transformada do degrau resultante que começa em $t = 0$ e termina em $t = T$, expressada por:

$$G_h(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s} \quad (9)$$

Em um sistema físico, as amostras da forma de onda de entrada em função do tempo $f(kT)$, são seguradas durante o intervalo de amostragem. Pode-se verificar a partir da Equação (9), que o circuito segurador integra a entrada e mantém seu valor durante todo o intervalo de amostragem. Como a área da função delta que vem do amostrador é $f(kT)$ ao integrar a forma de onda amostrada ideal e obter o mesmo resultado que para o sistema físico (NISE, 2013).

LEI DE CONTROLE

Silveira (2018) descreveu ao considerar que uma planta $G_p(s)$ de ordem n e grau relativo $n^*=1$, uma lei de controle descrita como:

$$u_p = \theta^T \varphi \quad (10)$$

sendo $\varphi = [\varphi_1^T, \varphi_2^T, y_p, r]^T$ e $\theta = [\theta_1^T, \theta_2^T, \theta_3, c_0]^T$, em que φ_1^T e φ_2^T vetores que compõem os filtros de reconstituição de estado, y_p o sinal de saída da planta e r o sinal de referência; $\theta_1^T, \theta_2^T, \theta_3, c_0$ vetores de ganho.

Os filtros de reconstituição de estado podem ser representados no domínio do tempo discreto como:

$$\varphi_1(k) = (I + \bar{F}T)\varphi_1(k-1) + gTu_p(k-1) \quad (11)$$

$$\varphi_2(k) = (I + \bar{F}T)\varphi_2(k-1) + gTu_p(k-1) \quad (12)$$

NORMALIZAÇÃO DE LEIS ADAPTATIVAS

De acordo com Silveira (2018) para resolver o problema da divergência das leis adaptativas quando o sinal de referência é excessivamente elevado, deve-se utilizar a técnica de normalização. A normalização divide a lei de adaptação por uma função quadrática m^2 . Este sinal m^2 age como um freio que evita a divergência dos parâmetros estimados. A solução frequentemente, dada por:

$$m^2 = 1 + \varphi^T \varphi \quad (13)$$

O uso de sinal de normalização, além de contribuir com a convergência da lei adaptativa, também melhora a robustez do controlador frente às incertezas da planta.

MÉTODO DO GRADIENTE – MG

Iannou (1996) descreveu um modelo paramétrico no tempo discreto:

$$z(k) = \theta^{*T} \psi(k) \quad (14)$$

sendo θ^* um vetor de parâmetros desconhecidos de ordem n , e $z \in \mathbb{R}^n$ é conhecido para cada instantes de $k=1,2,3\dots$. A estimação do erro $e(k)$ é obtida por:

$$\begin{aligned} \hat{z} &= \theta^T(k-1) \psi(k) \\ e(k) &= \frac{z(k) - \hat{z}(k)}{m^2(k)} \end{aligned} \quad (15)$$

a estimação do erro $e(k)$ no tempo k depende da estimativa anterior de θ^* , ou seja, no tempo $\theta(k-1)$, pois $\theta(k)$ é gerado em seguida a partir de $e(k)$.

A lei adaptativa é dada por:

$$\theta(k) = \theta(k-1) - \Gamma \psi(k-1) e(k-1) \text{sgn}(p^*) \quad (16)$$

sendo Γ é um ganho fixo, ψ é um vetor regressor, $e(k)$ o erro entre a resposta estimada e a resposta real e o valor absoluto $\text{sgn}(p^*) = \text{sgn}(K_p/K_m)$.

MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS RECURSIVO – MMQR

De acordo com Åström (2008) neste método, os parâmetros desconhecidos de um modelo matemático devem ser escolhidos de tal forma que a soma dos quadrados de suas diferenças, deve ser mínima. O algoritmo normalizado apresentado por Iannosun (1996) é formado por uma matriz de covariância, expressada por:

$$\dot{P} = \frac{-P \zeta \zeta^T P}{m^2} \quad (17)$$

A Equação (17) pode ser implementada na forma digital como:

$$P(k) = P(k-1) - T \frac{P(k-1) \zeta(k-1) \zeta(k-1)^T P(k-1)}{m^2(k-1)} \quad (18)$$

e a estimativa dos parâmetros:

$$\theta(k) = \theta(k-1) - \frac{P(k-1) \text{sgn}(p^*) \zeta(k-1) e(k-1)}{m^2(k-1)} \quad (19)$$

sendo $\zeta(k)$ um vetor regressor e $e(k)$ é o erro entre a resposta estimada e a resposta real e o valor absoluto $\text{sgn}(p^*) = \text{sgn}(K_p/K_m)$.

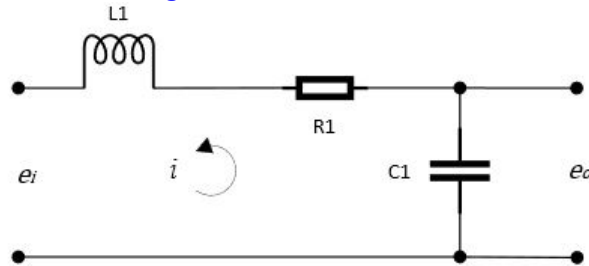
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o presente trabalho, foi desenvolvido algoritmos do CAMR direto, onde foi comparado seu desempenho ao utilizar os estimadores MMQR e do MG (CANHAN; BROLIN; ROSSINI, 2022a) (CANHAN; BROLIN; ROSSINI, 2022b) (COLDEBELLA; BROLIN; ROSSINI, 2022a)

(COLDEBELLA; BROLIN; ROSSINI, 2022b).

Para a análise dos algoritmos, as funções de transferência da planta e do modelo de referência utilizadas neste trabalho, foram baseadas em um circuito LRC apresentado na Figura 2:

Figura 2 – Circuito LRC.



Fonte: Adaptado de Ogata (1995).

Segundo Ogata (1995), o circuito consiste em um indutor L_1 (henry), um resistor R_1 (ohm) e um capacitor C_1 (farad), i a corrente do circuito, e_i a entrada do circuito e e_o a saída do circuito. Segundo Ogata (1995) para encontrar a função de transferência dessa planta deve-se aplicar a lei das tensões de Kirchhoff no circuito. Ao se considerar que e_i seja a entrada e que e_o seja a saída, assim, a função de transferência do circuito será:

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1} \quad (20)$$

A Equação (20) na forma de espaço de estado é dado por:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{LC} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{LC} \end{bmatrix} u \quad (21)$$

$$y = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Para o modelo de referência, foi utilizado um modelo, observável e controlável, que possui um tempo de pico de 0,2s (segundos), um fator de amortecimento de 0,69, uma ultrapassagem de 5%, um tempo de acomodação de 0,3s (segundos) e tempo de subida de 0.1s (segundo). Tendo esses dados, a função de transferência pode ser descrita como:

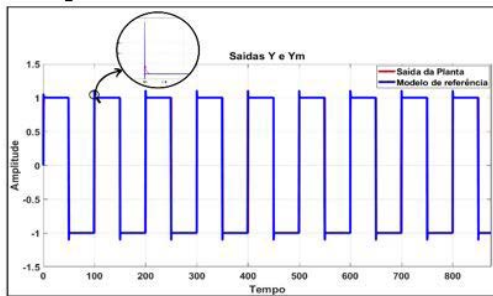
$$Q_m(s) = \frac{471,1}{s^2 + 29,96s + 471,1} \quad (22)$$

Para o desenvolvimento do algoritmo do MMQR, utilizou-se uma onda quadrada como sinal de referência. A função de transferência para a planta e para o modelo de referência são mostradas nas Equações (20) e (22), respectivamente. Esse método possui um ótimo regime transitório, devido a sua matriz de covariância P ser atualizada a cada recursão. A matriz de covariância deve ser inicializada com valores suficientemente elevados, pois quanto mais alto o valor, mais rápido será a convergência, contudo valores extremamente elevados podem levar a divergência numérica.

Na Figura 3, apresentou-se a saída da planta juntamente com o modelo de referência, onde pode-se notar a capacidade desse método. A planta acompanha o modelo de referência com um erro muito próximo a zero. A cada atualização, o tempo de acomodação do sinal da planta é de 3 s (segundos), um tempo de pico de 0,2 s (segundos) e uma ultrapassagem de 1,2%.

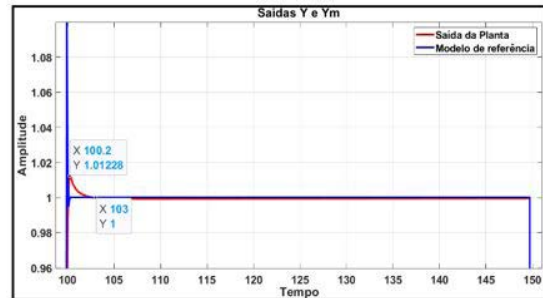
O erro entre o sinal de saída da planta e o sinal de saída do modelo de referência é relativamente pequeno. Assim, para se ter uma melhor visualização dos dois sinais a imagem é ampliada do local indicado na Figura 3 e apresentada na Figura 4.

Figura 3 - Saídas do estimador MMQR.



Fonte: Autoria Própria

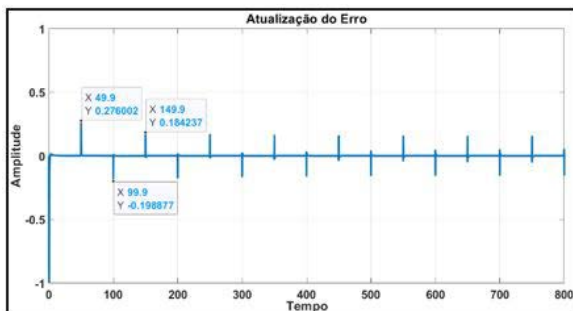
Figura 4 – Saídas Identificador MMQR Ampliado.



Fonte: Autoria Própria

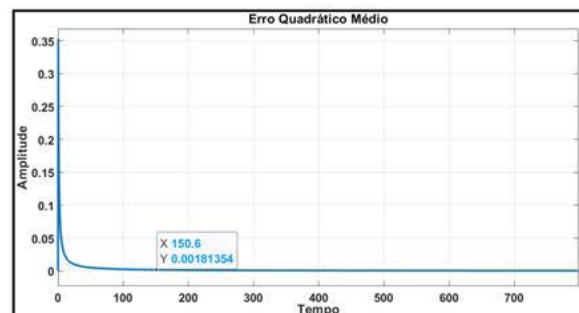
Na Figura 5, ilustrou-se a atualização do erro para o MMQR. No primeiro instante, o erro é alto, com a amplitude 100%, com valor 1 de pico. Contudo, na primeira atualização do erro, em 50 s, com 0,27 de pico, esse erro cai de forma considerável. Também, nota-se que em 50 s a amplitude é maior em relação a atualização seguinte, pois o erro entre a planta e o modelo de referência é maior. A partir de 150 s a atualização do erro passa a ter uma amplitude menor, com 0,18 de pico, e a cada nova atualização o erro é ajustado de modo a chegar próximo de zero, assim, confirmou-se a convergência da planta com o modelo de referência.

Figura 5 – Atualização do erro para o MMQR.



Fonte: Autoria Própria

Figura 6 – Erro Quadrático Médio para o MMQR.



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 6, apresentou-se o Erro Quadrático Médio (EQM), notou-se que o erro tende zero de forma rápida. Em 150 s, o erro é desprezível e, portanto, observou-se a eficiência do algoritmo.

Para uma melhor análise dos dados, na Tabela 1 apresenta-se os valores utilizados para o modelo de referência e os valores obtidos pelo comportamento da planta frente ao MMQR.

Tabela 1 – Valores para o Modelo de Referência e para o MMRQ.

	Tempo Pico (s)	Acomodação (s)	Ultrapassagem (%)	Amostragem (s)	Adaptação (s)	Ganho (P_0)
Modelo	0,2	0,3	5	0,1	-	-
MMQR	0,2	3	1,2	0,1	150	10

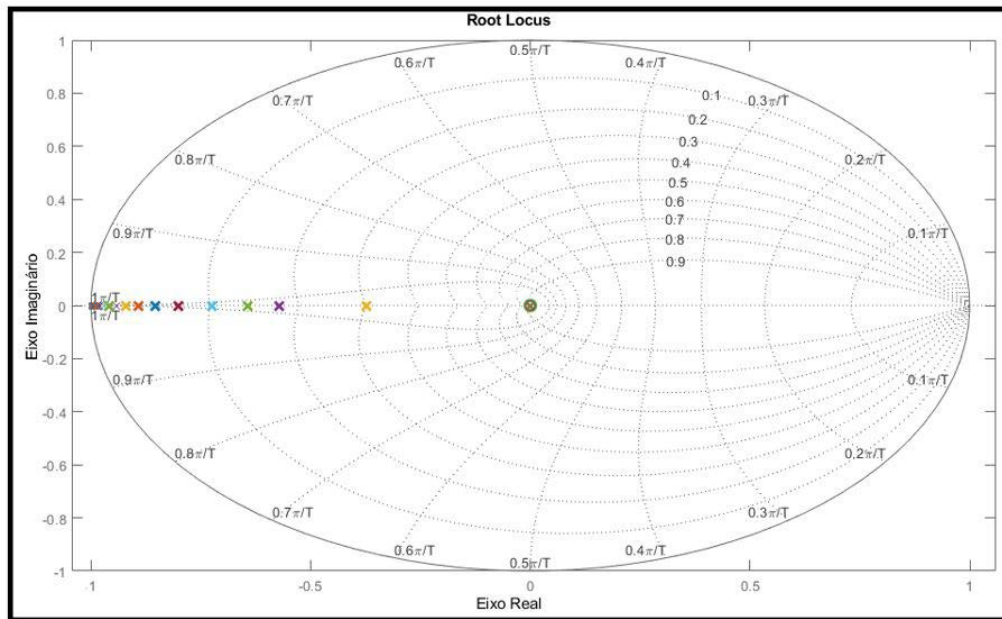
Fonte: Autoria Própria.

Segundo Nise (2013), o lugar geométrico das raízes é uma representação gráfica dos

polos em malha fechada à medida que um parâmetro do sistema sofre variação. Usou-se o lugar das raízes para análise e projeto para a estabilidade e a resposta transitória. O lugar geométrico das raízes pode ser utilizado para descrever, de forma qualitativa, o desempenho de um sistema à medida que diversos parâmetros são alterados.

Na Figura 7, apresenta-se o lugar geométrico das raízes para o MMQR. Na figura pode-se observar o polo e o zero da planta próximos ao centro do círculo unitário, conforme o processo sofre variações os polos são realocados para a esquerda, tendendo ao valor de -1 no eixo real. O motivo dos polos não possuírem parte imaginária deve-se ao fato de que a planta escolhida também não possuir parte imaginária.

Figura 7 – Root Locus para o MMQR.



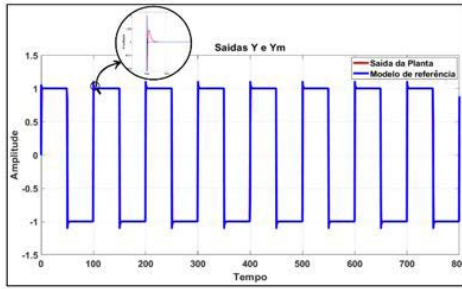
Fonte: Autoria Própria

Para o desenvolvimento do algoritmo do MG, usou-se também uma onda quadrada como sinal de referência e a planta e modelo de referência apresentadas nas Equações (20) e (22), respectivamente. Esse método possui um regime transitório mais lento do que o MMQR, mas é eficiente quando os ganhos do controlador são próximos dos reais. O algoritmo diverge, se possuir ganho muito elevado. Por possuir ganho fixo com isso, dispensa a atualização dessa constante, ele tem baixo custo computacional ao comparar com o MMQR.

Na Figura 8, apresentou-se a saída da planta juntamente com o modelo de referência. Como o MG, o sinal de saída da planta rastreia o sinal de saída do modelo de referência com um erro próximo a zero. A cada atualização, o tempo de acomodação do sinal é de 3 s, o tempo de pico de 0,2 s e uma ultrapassagem de 3,25%.

Devido ao erro entre o sinal de saída da planta e o sinal de saída do modelo de referência tender a zero, assim para se ter uma melhor visualização dos dois sinais a imagem é ampliada do local indicado na Figura 8 e apresentada na Figura 9.

Figura 8 - Saídas do estimador MG.



Fonte: Autoria Própria

Figura 9 – Saídas Identificador MG Ampliado.

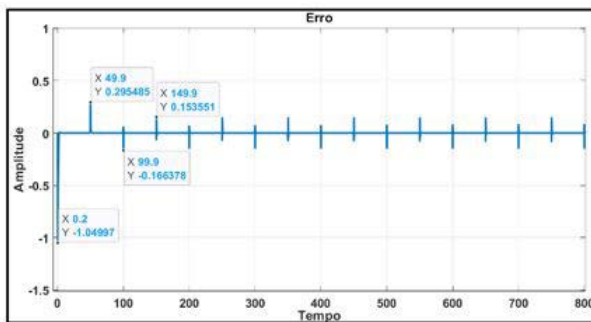


Fonte: Autoria Própria

Na Figura 10, mostrou-se a atualização do erro para o MG. No primeiro instante, o erro é menor que o MMQR, com 105% da amplitude total ou -1,05 de pico. Contudo, nas atualizações seguintes apresentou-se baixa diminuição do erro em relação ao MMQR. Na primeira atualização do erro, em 50 s, tem-se um pico de 0,29, um erro mais elevado que o MMQR no mesmo instante. Também é válido destacar que em 50 s a amplitude é maior em relação a atualização seguinte, pois o erro entre a planta e o modelo de referência é maior. A cada atualização o erro é ajustado de modo a chegar mais próximo de zero. Assim, confirma-se a convergência da planta com o modelo de referência.

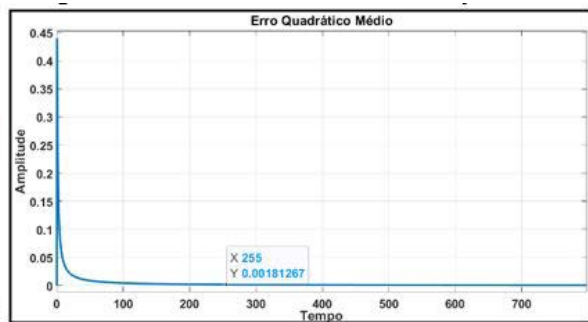
Na Figura 11, apresentou-se o Erro Quadrático Médio (EQM), este exige um tempo maior para que o erro fique equivalente ao MMQR, em 255 segundos.

Figura 10 – Atualização do erro para o MG.



Fonte: Autoria Própria

Figura 11 – Erro Quadrático Médio para o MG.



Fonte: Autoria Própria

Para uma melhor análise dos dados, na Tabela 2 apresenta-se os valores utilizados para o modelo de referência e os valores obtidos pelo comportamento da planta frente ao MMQR. Nota-se que no campo “Adaptação” o tempo necessário para a planta chegar o mais próximo de zero foi de 255 segundos.

Tabela 2 – Valores para o Modelo de Referência e para o MG.

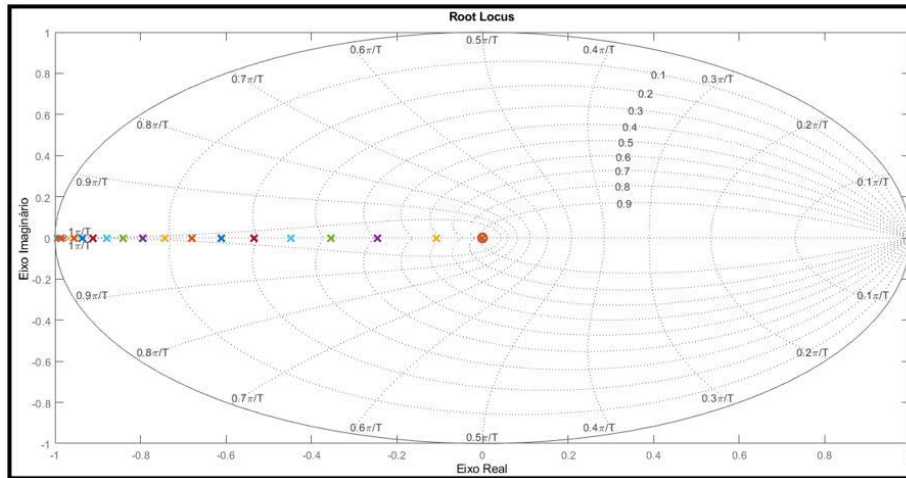
	Tempo Pico (s)	Acomodação (s)	Ultrapassagem (%)	Amostragem (s)	Adaptação (s)	Ganho (T)
Modelo	0,2	0,3	5	0,1	-	-
MG	0,2	3	3,25	0,1	255	3

Fonte: Autoria Própria

Na Figura 12, apresenta-se o lugar geométrico das raízes para o MG. Assim como acontece no MMQR, pode-se notar o polo e o zero da planta próximo ao centro do círculo unitário.

Conforme o processo sofre variações os polos são realocados para a esquerda, tendendo a -1 no eixo real. O motivo dos polos não possuírem parte imaginária deve-se ao fato de que a planta escolhida também não possuir parte imaginária.

Figura 12 –Root Locus para o MMQR.



Fonte: Autoria Própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi realizado um estudo comparativo entre dois métodos de estimação paramétrica aplicados ao CAMR direto, o MMQR e o MG, assim analisou-se o desempenho em malha fechada de cada algoritmo ao serem aplicados a uma mesma planta e modelo de referência.

Os resultados obtidos se mostram atrativos, visto que, cada método de estimação tem sua característica de desempenho particular. O MG possui seus ganhos próximos dos ganhos verdadeiros e baixa demanda de processamento. Já o MMQR possui maior estabilidade numérica, mas tem um custo computacional muito maior que o MG apresentado. Cabe ao projetista decidir qual a melhor opção a se usar.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, L. A. Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não- Lineares: 3ª Edição. Editora UFMG, 2007.
- ÅSTRÖM, Karl J.; WITTENMARK, Björn. Adaptive control. 2ª Edição. Mineola, N.Y: Dover Publications, 2008.
- CANHAN, D. C. ; BROLIN, L. C. ; ROSSINI, F. L. . Aplicação do Método do Gradiente e do Método dos Mínimos Quadrados Recursivo para Análise de Desempenho do Controle Adaptativo por Modelo de Referência. In: João Dallamuta; Henrique Ajuz Holzmann. (Org.). Engenharia elétrica: Sistemas de energia elétrica e telecomunicações 2. 1ed.Ponta Grossa: Atena Editora, 2022a, v. 1, p. 91-100.
- CANHAN, D. C. ; BROLIN, L. C. ; ROSSINI, F. L. . Comparação Entre Algoritmos De Adaptação Paramétrica Aplicados ao Projeto de Controlador Adaptativo por Modelo de Referência. XII Seminário De Extensão e Inovação (SEI) & XXVII Seminário De Iniciação Científica e Tecnológica (SICITE) da UTFPR, Santa Helena. 2022b.
- COLDEBELLA, H. ; BROLIN, L. C. ; ROSSINI, F. L. . Análise De Algoritmos de Estimação Paramétrica Aplicados ao Projeto de Controlador Adaptativo por Modelo de Referência. Engenharia Elétrica: Sistemas De Energia Elétrica e Telecomunicações 2. 1ed.Ponta Grossa: Atena Editora, 2022a, v. 1, p. 47-58.

COLDEBELLA, H. ; BROLIN, L. C. ; ROSSINI, F. L. . Comparação entre Algoritmos de Adaptação Paramétrica aplicados ao Projeto de Controlador Adaptativo por Modelo de Referência. XII Seminário De Extensão e Inovação (SEI) & XXVII Seminário De Iniciação Científica e Tecnológica (SICITE) da UTFPR, Santa Helena. 2022b.

CORRÊA, Yago P.; GUALHANO, Mariana A. . Controle Adaptativo por Modelo de Referência Direto. VI Congresso de ensino, pesquisa e extensão. Instituto Federal Fluminense. 2019.

DONADOM, Lázaro V. Estudo de métodos de estimação de parâmetros aplicados ao controle adaptativo auto-sintonizado. 1998. 154 f. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1998.

IOANNOU, Petros A.; SUN, Jing. Robust Adaptive Control. Prentice Hall, Inc. 1996.

IOANNOU, Petros; BARIS, Fidans. Adaptive Control Tutorial. Society for Industrial and Applied Mathematics: Philadelphia. 2006.

JÁCOME, Isael C. Controle adaptativo por modelo de referência e estrutura variável discreto no tempo. 2013. 71 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2013.

ROSSINI, F. L.; MARTINS, G. S.; SILVA GONÇALVES, J. P.; GIESBRECHT, M. Recursive Identification of Continuous Time Variant Dynamical Systems with the Extended Kalman Filter and the Recursive Least Squares State-Variable Filter. In Proceedings of the 15th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics - Volume 1: ICINCO (2018), ISBN 978-989-758-321-6; ISSN 2184-2809, SciTePress, pages 458-465. DOI: 10.5220/0006865504580465

NISE, Norman S. Engenharia de sistemas de controle. 6ª Edição. Tradução e revisão técnica: Jackson Paul Matsuura. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

OGATA, Katsuhiko. Discrete-Time Control Systems. 2ª Edição. Prentice Hall. New Jersey. 1995.

PAULO, Thiago F. Controle adaptativo com desacoplamento aplicado a um sistema de tanques acoplados MIMO. 65 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2015.

ROSSINI, Flávio Luiz. Métodos de filtragem, estimação e controle adaptativo indireto aplicados a sistemas de teleoperação bilateral. 93f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2020.

ROSSINI, Flávio Luiz; OLIVEIRA, Luiz Fernando Pinto de; GIESBRECHT, Mateus. Identificação Recursiva de Sistemas Dinâmicos Contínuos Variantes no Tempo através do Filtro de Kalman Estendido e da Filtragem de Variáveis de Estado pelo Método dos Mínimos Quadrados Recursivos. In: Julianno Pizzano Ayoub; Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira. (Org.). Desvendando a Engenharia sua abrangência e multidisciplinaridade. 1ª Edição. Guarujá: Editora Científica Digital, 2021, v.2, p. 284-302.

SILVEIRA, Wagner da S. Aplicativo de projeto e análise de desempenho de controladores adaptativos por modelo de referência. 2018. 104 f. Trabalho de Conclusão de curso.

TAKEMOTO, V. S. ; ROSSINI, F. L. ; CORRÊA, W. J. . Modelagem de um sistema caixa-cinza por meio do método dos mínimos quadrados a partir de identificação ARX. In: XXVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica (SICITE). Santa Helena, 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço pelo apoio e por toda a ajuda ao professor Dr. Leandro Castilho Brolin e em especial ao Dr. Flávio Luiz Rossini, pelo trabalho que tem realizado como orientador.



Aumento da capacidade produtiva na prática usando a teoria das restrições

Rogério dos Santos Moraes

Alexandre Vieira da Silva

Jair Rottini

Lilian Forasteiro Dias

Diogo Rosa da Silva

José Dirnece Paes Tavares

Helianna Barbosa Lourenço

Flávia Chaves Valentin Rodrigues

Anderson Doniseti de Araújo

Robson Paz Vieira

DOI: 10.47573/cya.5379.2.186.4

RESUMO

A Administração da Produção é a ciência que gerencia e controla todos os processos dentro de uma empresa, desde a matéria-prima até o produto final, garantindo que a saída seja de qualidade para seus clientes, trabalhando com competitividade no mercado. Para isso, os departamentos da empresa precisam trabalhar com sinergia em busca de um objetivo em comum, a Gestão da Cadeia de Suprimentos trabalha para que isso ocorra de maneira eficaz, pois gerencia a ligação entre os fornecedores e matéria-prima, zelando para que a transformação no produto final ocorra da melhor maneira possível. Este trabalho teve a intenção de abordar os conceitos de administração da produção e sua estratégia organizacional, como foco em um plano de melhoria em uma empresa, identificando uma restrição no sistema de produção, com a ajuda de uma pesquisa de campo, pois em todo processo existe pelo menos uma restrição, ou melhor, um gargalo. Após a identificação da restrição, foi apresentado um plano de melhoria, propondo ações que visem o aumento da capacidade produtiva, contribuindo para aumentar a oferta, flexibilidade e rapidez do produto ao cliente.

Palavras-chave: estratégia. gargalo. processos de produção.

ABSTRACT

The Production Management is the science that manages and controls all processes within a company, from raw material to finished product, ensuring that the output quality is to its customers, working with market competitiveness. For this, the company departments need to work with synergy in pursuit of a common goal, the Supply Chain Management works for this to happen effectively, it manages the connection between suppliers and raw material, ensuring that the transformation occurs in the final product in the best possible way. This work was intended to address the concepts of operations management and its organizational strategy, focused on an improvement plan in a company by identifying a constraint on the production system, with the help of a field survey, as in every process there is at least one constraint, or rather a bottleneck. After identifying the constraint, an improvement plan was presented, proposing actions aimed at increasing production, helping to increase supply flexibility and speed of the product to the customer.

Keywords: bottlenecks. production process. strategy.

INTRODUÇÃO

De acordo com Moreira (2008) a partir da Revolução Industrial dos séculos XVIII e XIX, com a utilização mais intensa de máquinas e a criação de fábricas, a produção artesanal transformou-se em produção em massa (início da produção da linha de montagem dos automóveis de Henry Ford) e com sistemas de produção *Just In Time* (criada por Taiichi Ohno no Japão).

Atualmente, uma organização que pensa em objetivos, metas e técnicas de trabalho deve estar alinhada à estratégia empregada, com foco na busca da vantagem competitiva. Segundo Barney e Hesterly (2011) uma empresa adquire vantagem competitiva quando se torna capaz de gerar mais valor econômico que suas concorrentes, que nada mais é que a diferença entre os benefícios que o cliente adquire na compra de um produto e seu custo econômico total.

Para Costa (2007) quando se busca modelos de gestão visando resultados, o modelo baseado na Teoria das Restrições torna-se adequado.

Restrições podem ser consideradas como algo que possa limitar que o processo tenha o seu melhor desempenho. Os tipos de restrições são: restrições de natureza física, restrições ligadas às políticas da organização e a restrição de comportamento. A partir da implementação dessa ferramenta é possível medir os sistemas com indicadores, visando o objetivo desejado (BERTAGLIA, 2010).

Segundo Goldratt (*apud* QUEIROZ E RENTES, 2010) em todo sistema existe pelo menos uma restrição que limitará o processo em seu desempenho máximo e por esse motivo é necessário que a restrição seja identificada. Quando isso acontece é preciso fazer uma otimização contínua, sem que haja desperdícios. O processo gargalo determina o tempo com que o processo seguirá. Os processos não gargalos não podem trabalhar mais devagar que o gargalo, para que o sistema não pare, porém não podem trabalhar mais rápido, pois, assim, o número de estoque em processo aumentaria.

O objetivo da teoria das restrições, segundo Cogan (2007), é o foco no aumento do ganho pela eliminação das restrições e pela redução de ambos, inventário e despesas operacionais.

Dessa forma, os objetivos do presente trabalho foram pesquisar e descrever alguns dos principais fatores estratégicos da produção organizacional de uma empresa que produz disjuntores, interruptores e tomadas, bem como considerar a importância da gestão da cadeia de suprimentos como fator estratégico organizacional; conceituar a importância da teoria das restrições; demonstrar o gargalo na prática organizacional e desenvolver um plano de melhoria na prática com base na restrição.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo a coleta de dados foi realizada através da pesquisa sobre o volume da demanda e utilização da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor, em uma empresa de médio porte e que faz parte de um grupo francês que atua em vários países e que produz disjuntores, interruptores e tomadas.

A Tabela 1 mostra as operações, equipamentos e tempo de ciclo no processo de fabricação da base da tomada.

Tabela 1- Fabricação da Base da Tomada

Fabricação da Base da Tomada			
Operação	Equipamento	Quantidade de Turnos	Tempo de Ciclo (1 produto por segundo)
Fabricação do contato	Máquina 24	1	0,9
Fabricação da Plaqueta	Máquina 17	1	0,6
Retirada de rebarbas	Tambor	1	0,6
Retirada de óleo	Óleo	1	0,2
Montagem da plaqueta com o contato	Montagem 1	1	0,3
Montagem do contado na base	Montagem 2	1	1,3

A Figura 1 mostra o *layout* atual do processo de fabricação da base da tomada e a Tabela 2 apresenta a capacidade mensal atual na montagem 2 da base.

Observando os dados da demanda (Tabela 2) e *layout* atual (Figura 1), identificou-se um gargalo na montagem 2 do processo produtivo, conforme apresentado na Figura 2. Verificou-se que uma máquina com o maior tempo de produção, em comparação aos processos anteriores, possui capacidade inferior a média da demanda mensal.

Figura 1- Layout atual do processo de fabricação da base da tomada

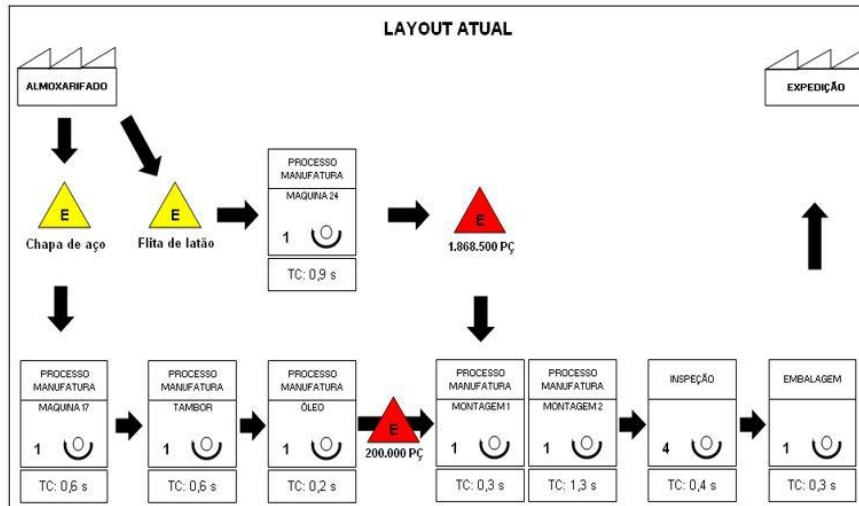
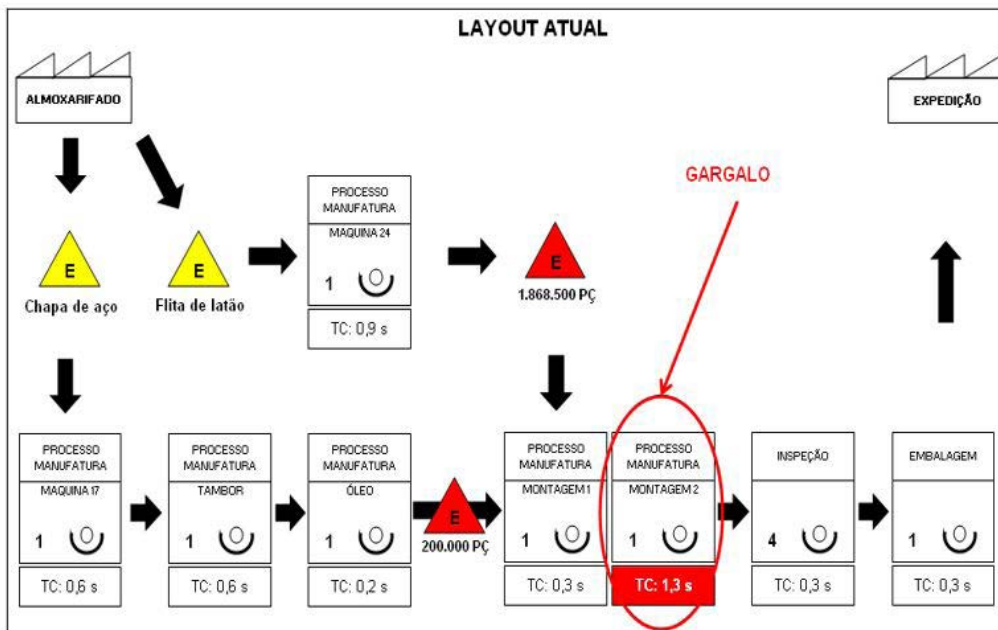


Tabela 2- Capacidade Mensal Atual - Montagem 2

Capacidade Mensal Atual - Montagem 2		
Qtde. Máquina	Tempo (segundos)	Capacidade Mês (peças)
1	1,3	609.231

Figura 2- Layout atual do processo de fabricação da base da tomada – Gargalo



O gargalo identificado na Figura 2 pode ser comprovado pelo acúmulo de estoque encontrado nos processos anteriores.

Como proposta de melhoria para a restrição encontrada, a compra de mais uma máquina para atender o fluxo de material demandado dos processos anteriores, reduziria o tempo de

processo, duplicando a capacidade de produção.

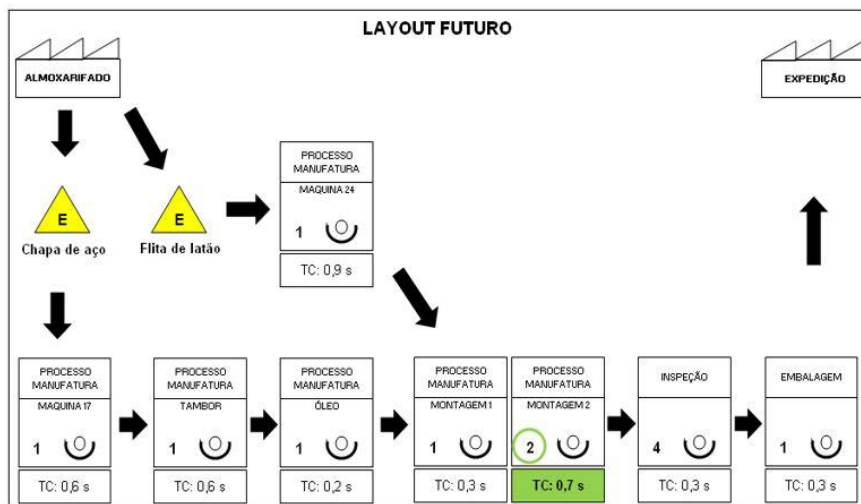
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 mostra a capacidade de produção mensal futura com a aquisição de uma segunda máquina e a Figura 3 apresenta o *layout* futuro.

Tabela 3 - Capacidade Mensal Futuro – Montagem 2

Capacidade Mensal Futuro - Montagem 2		
Qtde. Máquina	Tempo (segundos)	Capacidade Mês (peças)
2	0,7	1.131.429

Figura 3 - Layout Futuro



De acordo com dados da empresa o faturamento anual atual gira em torno de R\$ 402.092,31. Com a proposta de melhoria no aumento da capacidade de produção o faturamento anual passaria a R\$ 746.742,86, gerando retorno de R\$ 344.650,55.

O investimento na compra de uma máquina Eletropneumática Linear (Torino OTS – *Italy*) seria de R\$420.000,00 (€140.000,00). A Figura 4 mostra o cálculo do *Payback* descontado para avaliar se o investimento na compra de uma nova máquina é viável.

O cálculo do *Payback* descontado deu-se com base na Taxa mínima de atratividade apresentada na Tabela 4.

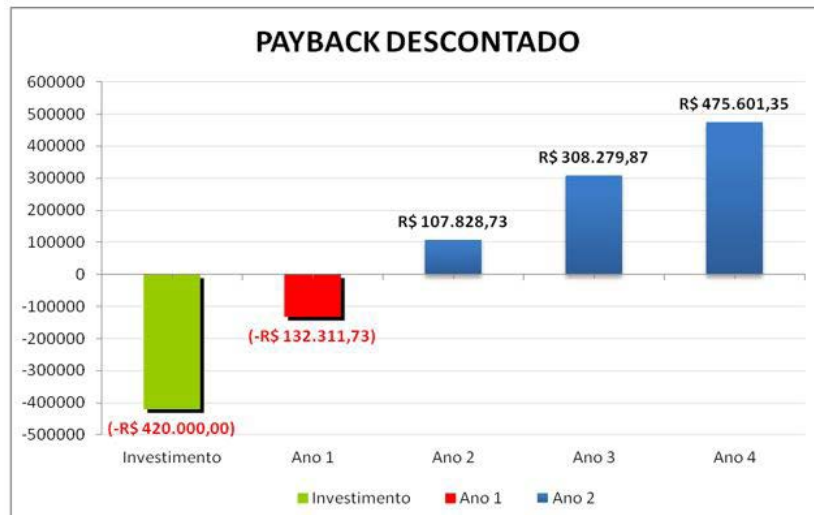
Observou-se, pela Figura 4, que o investimento é viável, já que o retorno ocorre no segundo ano.

Tabela 4 – Taxa Mínima de Atratividade.

Taxa Mínima de Atratividade	
Selic	10%
TR a.a	1%
CDI a.a	9%
Total	19,8%

Fonte: Uol Economia (2013).

Figura 4 - Payback Descontado.



A realização do estudo permitiu observar que com o uso dos conceitos da Teoria das Restrições é possível obter ganhos de eficiência da capacidade de produção.

Verificou-se, também, que a Teoria das Restrições é um método importante de gestão para identificar gargalos que, normalmente, passam despercebidos devido à rotina de trabalho, reforçando a necessidade de administração constante.

Com relação aos resultados obtidos, percebe-se que a empresa pesquisada poderá ser mais competitiva com o aumento da produção, gerando rapidez na entrega, uma vez que o produto estará disponível em menos tempo, bem como melhoria na flexibilidade em atender as demandas variadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir, considerando a pesquisa bibliográfica e de campo desenvolvida, que a produção é um importante elo da organização com visão estratégica, com capacidade de ajudar muito na geração de lucro em um mercado cada vez mais exigente. Tal conclusão dá em função da importância:

- comprovada pelos autores
- dos resultados obtidos na pesquisa de campo.

O fator estratégico positivo de destaque na produção é a gestão de materiais em consonância com a disponibilidade das máquinas, o controle de estoque é bem controlado e com bom acordo com os fornecedores para evitar custos com estoque.

A empresa estudada trabalha bem a estratégia de gestão da cadeia de suprimentos, onde trabalha a qualificação de fornecedores até distribuição dos produtos aos clientes finais.

Um estudo detalhado comprou um gargalo na linha de produção e que a compra de uma nova máquina trará benefícios financeiro em um prazo curto de tempo.

REFERÊNCIAS

BARNEY, J. B; HESTERLY, W. S. Administração Estratégica e Vantagem Competitiva. São Paulo: Pearson, 2011.

BERTAGLIA, Paulo Roberto. Logística da Cadeia de Abastecimento. São Paulo: Saraiva, 545p, 2010.

COGAN, Samuel. Contabilidade Gerencial: uma Abordagem da Teoria das Restrições. São Paulo: Saraiva, 294p, 2007.

COSTA, Eliezer A. Gestão Estratégica: da Empresa que temos para a Empresa que queremos. São Paulo: Saraiva, 403p, 2007.

MOREIRA, Daniel A. Administração da Produção. São Paulo: Cengage Learning, 624p, 2008.

QUEIROZ, José Antonio; RENTES, Antonio Freitas. Contabilidade de Custos Vs. Contabilidade de Ganhos: respostas às exigências da produção enxuta. São Carlos: Gest. Prod., v. 17, n. 2, p. 377-388, 2010.

UOL ECONOMIA- Índices econômicos. Disponível em: <http://economia.uol.com.br/cotacoes/indices-economicos>. Acessado em: 29 out. 2013.



A importância da compatibilização de projetos

The importance of project compatibility

Kézia Brasilino de Souza
Nailde de Amorim Coelho

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.5

RESUMO

O potencial avanço da construção civil demanda por melhores metodologias na elaboração e comunicação entre as diferentes disciplinas dos projetos envolvidos de uma edificação. Isso decorre porque os projetos são cada vez mais complexos, necessitando de aprimoramento, a fim de reduzir as falhas ocasionadas na execução das obras, encarecendo os empreendimentos. A compatibilização é uma solução moderna, inovadora e atrativa para esta problemática, pois, por meio desta metodologia é possível a redução de retrabalho e manifestações patológicas, originadas pelos conflitos entre os projetos. No entanto, mesmo com o avanço de ferramentas que facilitam e auxiliam a compatibilização, essa atividade ainda não é totalmente comum entre projetistas. No intuito de mostrar a importância da compatibilização de projetos e motivar profissionais da construção civil, este artigo utilizou de pesquisas bibliográficas que relatam a importância deste tema e destacam os principais cenários das interferências entre os projetos da construção civil, com objetivo de pontuar a eficiência e eficácia da prática de compatibilização

Palavras-chave: compatibilização. projetos. construção civil. BIM.

ABSTRACT

The potential advance of civil construction demands better methodologies in the elaboration and communication between the different disciplines of the projects involved in a building. This is because the projects are increasingly complex, requiring improvement in order to reduce the failures caused in the execution of the works, making them more expensive. Compatibilization is a modern, innovative, and attractive solution to this problem, because through this methodology it is possible to reduce rework and pathological manifestations, caused by conflicts between projects. However, even with the advance of tools that facilitate and assist the compatibilization, this activity is still not totally common among designers. In the intention of showing the importance of the projects compatibilization and to motivate professionals of the civil construction, this article used bibliographical research that report the importance of this theme and highlight the main scenarios of the interferences among the projects of the civil construction, with objective of punctuating the efficiency and effectiveness of the practice of compatibilization

Keywords: compatibility. projects. construction. BIM.

INTRODUÇÃO

A construção civil é marcada por constante competitividade e para se destacar no mercado, é necessário ter um diferencial. Algumas empresas com visão de futuro estão optando por novas tecnologias e metodologias, buscando se sobressair entre as demais em virtude dos produtos ofertados. Desse modo, as corporações estão focando no processo construtivo para melhorar seu desempenho e eficiência, inserindo mais interações entre projetos, projetistas e execução de obra, utilizando a compatibilização. Através disso, é evidente que os projetos compatíveis entre si, proporcionam que evite custos desnecessários para a etapa da execução da obra ou atraso do cronograma, condicionados ao desenvolvimento dos projetos.

Segundo Chippari (2021), o custo do investimento para a compatibilização dos projetos

é estimado entre 1% a 2% do custo do empreendimento, em contrapartida realiza uma redução entre 5% e 8% no custo total da obra.

Consoante Callegari (2007), a compatibilização de projetos é a solução para parte dos problemas relacionados à execução da obra, erros originados e negligenciados na etapa de elaboração dos projetos. Felizmente, a compatibilização dos projetos trabalha visando gerenciar e integrar os projetos envolvidos na execução de uma edificação, de modo a evitar conflitos existentes, desperdício de materiais, mão de obra, tempo. Ademais, com isso é possível evitar atraso no cronograma do planejamento da obra, como também evadir o aumento desnecessário do custo final do projeto.

Assim, a finalidade deste trabalho é apresentar por meio de estudos de casos, projetos elaborados por uma empresa de engenharia, analisando como esta utiliza a compatibilização de projetos, para resultar em concepções de maior qualidade e credibilidade para sua execução. Com isso, este artigo se justifica em apresentar e motivar os engenheiros, arquitetos e as empresas a optarem por projetar edificações utilizando ferramentas de compatibilização de projetos.

ESTADO DA ARTE

Compatibilização de projetos

De acordo com Nascimento (2014), compatibilizar projetos está relacionado com o aperfeiçoamento e planejamento, visando cessar as interferências entre os diversos tipos de layouts. A compatibilização é um meio de gerenciamento, ela trabalha para que os projetos interligados não interferiam na qualidade e finalidade um dos outros, de forma que todos atuem de maneira fluida. Dessa forma, ela cria soluções integradas entre as diversas áreas tornando o empreendimento viável.

A compatibilidade é a qualidade que existe em projeto para que os componentes de sistemas não conflitem entre si. Tem-se, nesta metodologia a disponibilização e o compartilhamento de dados de forma consistente, eficaz, garantindo a confiabilidade da execução do projeto do início ao fim do processo da obra (GRAZIANO, 2003).

Segundo Tavares Júnior (2001), a “compatibilização de projetos torna-se uma ferramenta necessária para a melhoria da qualidade do projeto pela eliminação das não-conformidades apresentadas pelos mesmos”. Esta faz parte do gerenciamento e integração de projetos, com a finalidade que ocorra o perfeito ajuste entre os projetos envolvidos, para minimizar, ou até mesmo, anular os conflitos entre tais. Diante desse cenário, é possível a eficiência e eficácia no processo de execução da obra, otimizando a utilização de materiais, tempo e mão de obra (CALLEGARI, 2007).

Para Horostecki (2014), a compatibilização serve como forma de analisar, verificar, confrontar e conferir, simultaneamente, todos os projetos em produção para execução de um empreendimento. Sendo assim, a compatibilização considera a existência dos sistemas multidisciplinares atuantes de um projeto, e que estes normalmente são produzidos por profissionais específicos de cada origem. Com isso, tem-se a probabilidade de aumentar os problemas construtivos. Portanto, a compatibilização surge com a finalidade de identificar possíveis conflitos

antes do início da construção, para que seja evitado retrabalho por erros de projeto e assim respeitar os prazos e custos estimados.

Importância da compatibilização de projeto na execução da obra

Consoante Fabricio (2002), o planejamento de obra é “responsável pela definição e acompanhamento do cronograma das etapas de obra e pelo fluxo de caixa do empreendimento, a fim de cumprir prazos da obra”. Além disso, ele comenta que o planejamento é realizado por meio de experiências práticas e que o pensamento e a execução das práticas ocorrem de forma experimental e empírica, no entanto, faz parte da mesma finalidade, a realização da eficiência do planejamento.

Rodriguez (2005) destaca sobre as ocorrências causadas pela falta de compatibilização e como essa escassez pode contribuir para o aumento dos custos relativos ao desperdício com os seguintes fatores:

- Superdimensionamento ou subdimensionamento dos sistemas;
- Atrasos e retrabalhos devido a interferências entre os projetos, ou por falta ou incorreção de informações;
- Baixa produtividade devido ao emprego de componentes não padronizados;
- Desperdício de recursos materiais e de mão de obra devido à falta de construtibilidade e para a operação e a manutenção.

De acordo com Horostecki (2014), o Brasil tem o costume de requerer soluções imediatas, mas sem o devido planejamento. Diante deste contexto, tem-se projetos realizados com rapidez e com custos reduzidos/duvidosos, com uma falsa impressão de economia no projeto. No entanto, ocorre o inverso, ao optar por essa metodologia, os custos na obra são elevados devido as negligências do projeto. Sendo evidente que em relação ao custo/benefício é melhor custear um projeto de maior qualidade para que não encareça a parte de execução da edificação. Também fica clara a necessidade de não encarar os projetos como gastos, mas sim como investimentos, pois através deles é possível reduzir os custos que mais influenciam no final do produto: a execução da obra.

Portanto, o processo de compatibilização de projetos é indispensável e muito valioso, pois ele possibilita visualizar de maneira antecipada os prováveis problemas e resserviços que poderiam surgir durante a realização da obra, em decorrência dos conflitos entre os projetos. Sendo assim, a compatibilização permite analisar soluções e realizar propostas durante a fase de projeto, a fim de que as interferências entre os projetos possam ser anuladas. Diante desse contexto, os custos e prazos da obra são mantidos de acordo com o estabelecido.

Tecnologia aplicada por projetos de engenharia

Rezende e Abreu (2013) explicam que tecnologia de informação (TI) trata dos recursos tecnológicos e computacionais, tratamento, armazenamento e uso da informação.

Outra definição de Tecnologia da Informação é descrita por Silva (2008), ele destaca que ela envolve do uso de recursos tecnológicos e computacionais. Os componentes inclusos são:

hardware (computador e seus periféricos), software (programas de computador), sistemas de comunicação e organização das informações.

Segundo Souza (2010), os projetos de edificações estão em constante aprimoramento, tornando-os mais complexos. Ademais, devidos os projetos serem multidisciplinares, é necessário que haja uma comunicação eficiente entre todos os envolvidos. Diante disso, computadores e tecnologias da informação inovaram o processo de confecção de documentos. É evidente que a maioria dos profissionais da área da construção civil desenvolve seus projetos em um computador. Portanto, computadores e tecnologias da informação fazem parte dos processos de projeto e construção.

Sistema CAD

De acordo com Florio (2007), por meio da Tecnologia da Informação é possível melhorar a qualidade de softwares, aumentando seu potencial, tornando-os mais inteligentes e práticos, a fim de contemplar as exigências e carências do mercado. Com isso, contribui para o desenvolvimento de *hardwares* mais eficientes. Dentre eles, os sistemas CAD, que vem sendo um transformador na indústria da construção civil.

Ayres e Scheer (2007) afirmam que na época, o CAD geométrico foi o que entregou melhores resultados ao potencial *hardware*, sendo possível a elaboração de desenhos no plano bidimensional (2D) virtual. No entanto, o seu formato representativo ainda é uma dificuldade para a leitura de clientes leigos.

Segundo Ávila (2011), o sistema CAD obtém ferramentas que possibilitam a compatibilização de projetos em 2D. Ela é realizada através da sobreposição dos projetos complementares e projetos de arquitetura. Por meio disto, se averigua o posicionamento de pilares e vigas, prumadas, instalações hidráulicas e elétricas, *shafts*, e se existe divergentes entre seus elementos.

Tecnologia BIM

Para Takim e Harris (2013), o BIM é uma tecnologia de gerenciamento. Ela fornece soluções integradas ao mercado da construção civil, que em consequência, é possível vislumbrar clientes mais satisfeitos em relação a qualidade dos projetos, obra, tempo, custo e segurança.

Para Souza (2009) e Goes (2011), a tecnologia BIM serve para localizar e visualizar as incompatibilidades entre os projetos envolvidos. Ademais, facilita para que os conflitos entre os projetos sejam solucionados.

Consoante Eastman *et al.* (2014), a metodologia BIM acarreta vantagens significativas para a construção civil, trazendo maior agilidade nos prazos para entrega de obras, estas com qualidade e desempenho superior. A ferramenta BIM, trabalha por meio da sincronia entre as partes envolvidas do projeto, com isso seus benefícios se destacam: redução de erros nos projetos, diminuição das modificações em obra, processo de entrega mais eficiente e confiável, redução de prazos. Diante desse contexto, o empreendimento evitará gastos desnecessários, mantendo a qualidade da edificação, tornando-o mais desejável para o cliente.

Ferramentas e métodos

O presente estudo respaldou-se de pesquisa qualitativa, por meio de produções de trabalhos acadêmicos, com objetivo de realizar um estudo teórico bibliográfico, enfatizando as principais incompatibilidades encontradas nos projetos de engenharia civil e projetos de arquitetura. Desse modo, as pesquisas encontradas, para identificar as interferências entre os projetos, utilizam com frequência o uso da plataforma BIM, por exemplo as ferramentas Revit e Navisworks, além disso, faz uso da ferramenta Cad: o AutoCad.

Em suma, para que seja realizado os projetos de engenharia é necessário obter primeiramente o projeto arquitetônico em mãos, pois por meio dele os projetos de engenharia contemplam de informações precisas e adaptadas a ele. Desse modo, os projetos arquitetônicos realizados em ferramentas BIM, após concluídos são disponibilizados por um arquivo chamado IFC (*Industry Foundation Classes*), este é um formato de arquivo que relaciona os objetos em dados em um modelo 3D.

Ao realizar os projetos de engenharia é levado em consideração os aspectos e definições estabelecidas pelo projeto arquitetônico, para que o máximo do que foi estimado nele seja obedecido. Quando este caso não é possível, é realizado um relatório de compatibilização. Para identificar as incompatibilizações. Atualmente o mais utilizado é a ferramenta BIM, pois ela vem se destacando pela sua praticidade e inovação na elaboração de projetos da construção civil. Desse modo, faz-se a elaboração do relatório com as imagens das divergências, elas podem ser geradas pela superposição dos projetos dos arquivos em DWG, no AutoCAD, ou pela integração dos seus respectivos IFC's para a visualização 3D. O relatório é fundamental para que discordâncias entre os projetos sejam registradas e posteriormente debatidas entre os profissionais envolvidos, a fim de obter a melhor solução.

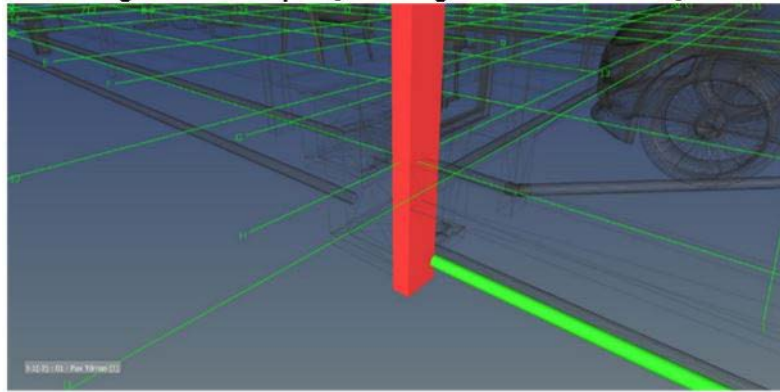
Por outro lado, a compatibilização entre os projetos de engenharia não necessariamente precisa de relatórios, pois a melhor compatibilização é feita quase que instantaneamente quando estes projetos são elaborados. Isto ocorre, quando os projetos de engenharia são realizados em um mesmo escritório, otimizando tempo. Exemplos, quando os projetos de instalações elétricos ou hidrossanitários são finalizados estes são integrados na ferramenta BIM com o projeto de Estruturas. Desse modo, as incompatibilidades são discutidas e estudadas entre os profissionais envolvidos do escritório e assim chegado a uma solução, logo o projeto é reajustado e finalizado. Caso os projetos sejam realizados por diferentes escritórios, o relatório e compatibilização deve ser considerado como uma atividade indispensável.

Diante desse contexto, o trabalho em questão, visou em apresentar uma revisão dos casos mais frequentes de incompatibilização de projetos. Sendo eles:

Inconsistência estrutural/hidrossanitário

No trabalho de Oliveira (2023), foi observado por meio da compatibilização certas interferências entre os elementos do projeto hidrossanitário com os elementos do projeto estrutural. Dentre eles, observa-se que havia algumas tubulações que cruzavam as vigas baldrame (Figura 1), um modo para cessar a interferência é deslocar a tubulação de modo que não passe pela viga baldrame.

Figura 1 – Sobreposição de viga baldrame e tubulação.

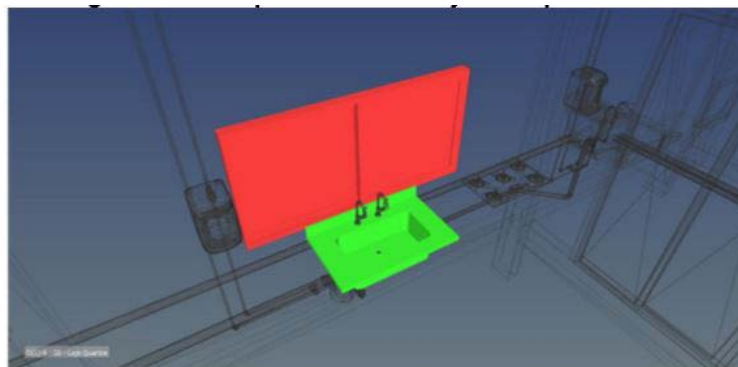


Fonte: Oliveira (2023).

Inconsistência arquitetônico/hidrossanitário

Através da compatibilização o projeto hidrossanitário e do projeto arquitetônico, certas incongruências podem ser afirmadas no trabalho de Oliveira (2023), Guerra (2022) e do Ávila (2011). Na primeira pesquisa observa-se a interceptação da janela e da pia da cozinha (Figura 2), sendo possível sanar a interferência com a redução da janela ou o deslocamento da janela, de modo a se distancia da pia da cozinha. O segundo trabalho destaca que a altura do forro de gesso não é suficiente para que a viga fique exposta (Figura 3), desse modo, é necessário haver o rebaixamento da altura do forro a fim de ocultar a viga. E por fim, o último estudo destaca o mal posicionamento do ralo no box dos banheiros em relação ao projeto arquitetônico, ocasionando o desconforto ao utilizar o chuveiro. Sendo necessário como intervenção a mudança do local do ralo. Além do mais, o posicionamento do chuveiro sobrepondo o pilar, desse modo não sendo viável a instalação do ponto hidráulico além do misturador, como sugestão deslocar o pilar da estrutura em poucos centímetros (Figura 4).

Figura 2 – Incompatibilidade entre janela e pia de cozinha.



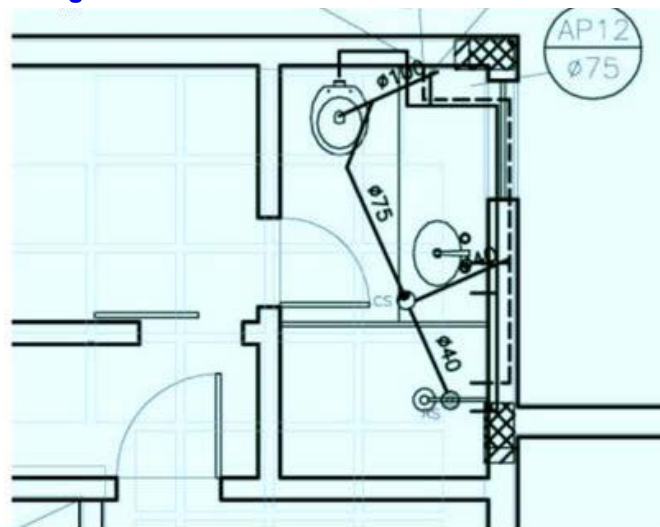
Fonte: Oliveira (2023).

Figura 3 – Forro de gesso entre Sala de Jantar e Varanda Gourmet



Fonte: Guerra (2022).

Figura 4 – Posicionamento do ralo e chuveiro.

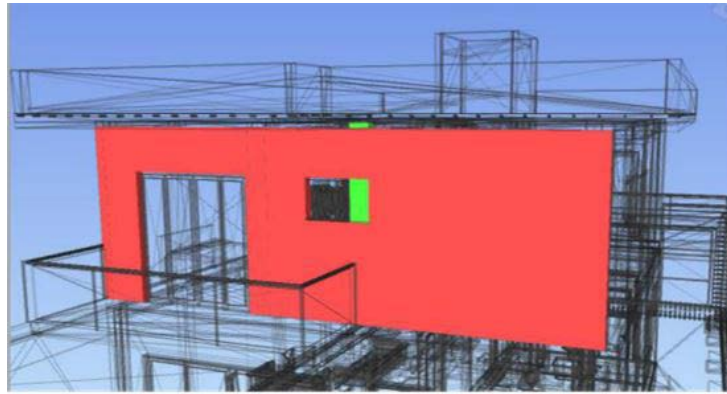


Fonte: Ávila (2011).

Inconsistência estrutural/arquitetônico

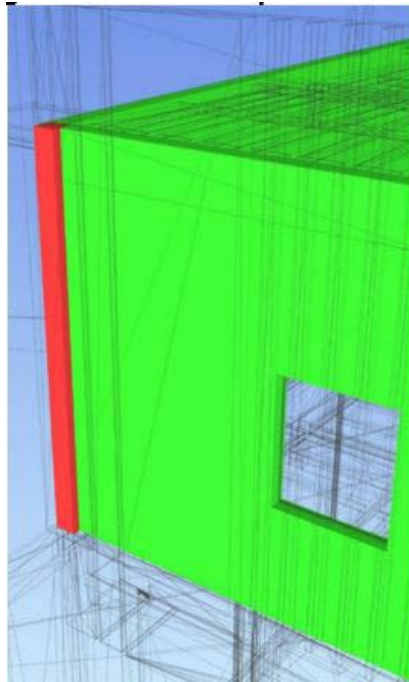
Silva (2022) e Dantas (2022) realizaram a compatibilização entre o projeto estrutural e o projeto arquitetônico e constataram certas interferências entre eles. O primeiro consta pilar posicionado em local conflitante com a janela (Figura 5). Para evitar essa incompatibilidade, é recomendável o deslocamento da janela ou redução do seu vão. O segundo pesquisador destaca a confronto do pilar com a alvenaria (Figura 6), e como proposta intervenção a alteração da dimensão do bloco cerâmico para um de maior dimensão.

Figura 5 – interferência entre janela e pilar.



Fonte: Silva (2022).

Figura 6 – Pilar sobrepondo alvenaria.

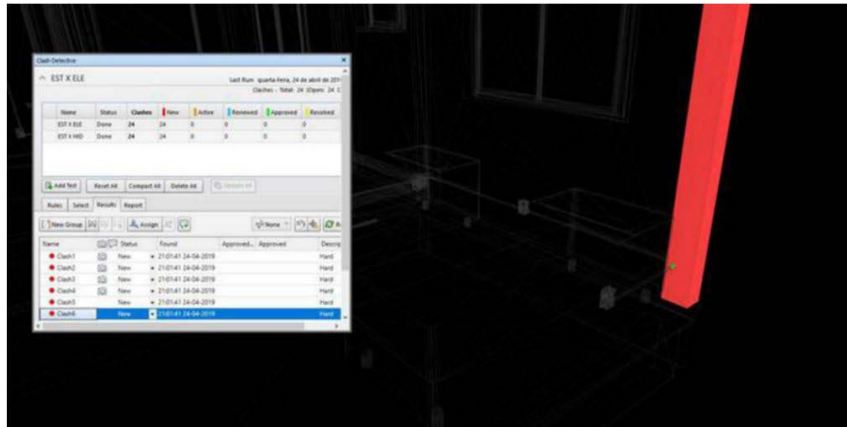


Fonte: Dantas (2022).

Inconsistência elétrico/estrutural

Salomão (2019) ressalta importância da compatibilização do projeto estrutural em conjunto com o projeto de instalações elétricas, isso porque muita vez as instalações podem ser projetadas de modo que as fiações confrontem elementos estruturais (Figura 7). Sendo assim, é possível evitar isso durante a construção dos projetos, por meio do desvio do eletroduto do pilar. Sendo esta uma resposta mais econômica, comparado ao dimensionamento de um furo no pilar.

Figura 7 – Instalação elétrica passando por pilar.

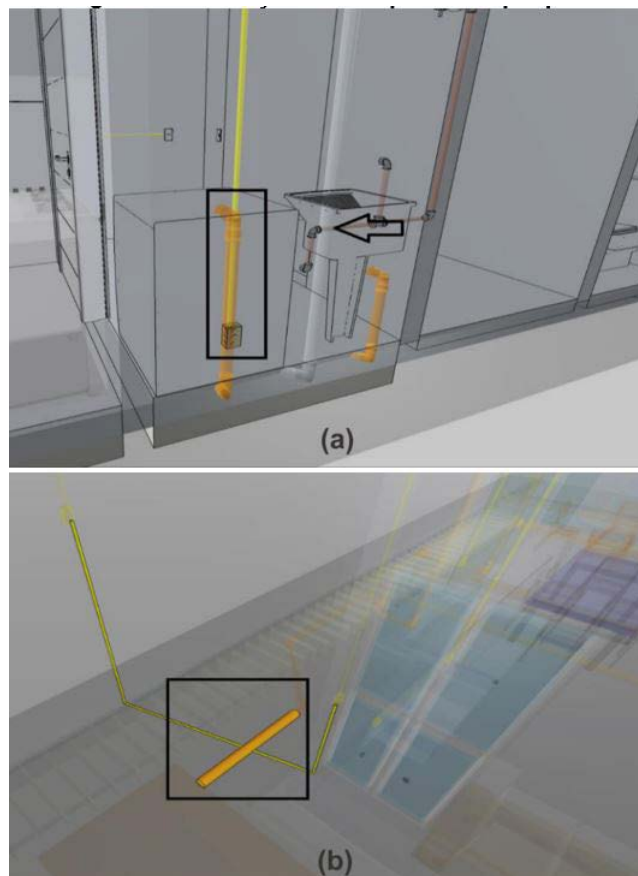


Fonte: Salomão (2019).

Inconsistência elétrica/hidrossanitária

O trabalho de Bandeira (2023), realizou a compatibilização entre o projeto de instalações elétricas com o projeto de instalações hidrossanitárias. Com isso, foi possível notar a interferência entre o eletroduto juntamente com a tomada da instalação elétrica confrontando a rede de esgoto (Figura 8a). Desse modo, é alcançável reparar a incompatibilidade por meio do deslocamento da instalação elétrica. Na Figura 8b a incompatibilização é semelhante, onde tubulação da rede sanitária fica sobreposta a fiação de iluminação externa do edifício, sendo possível solucionar a interferência com a elevação ou rebaixamento da fiação, a fim que não haja confronto com o elemento hidrossanitário.

Figura 8 – Instalação elétrica passando por pilar.



Fonte: Bandeira (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É evidente que a construção civil é um dos setores que mais crescem no Brasil. Desta forma, são necessários profissionais especializados, bem como aprimoramento das técnicas e metodologias na elaboração de projetos. Sendo assim, é possível evitar problemas e eventuais surpresas indesejáveis que poderiam afetar diretamente a qualidade do planejamento/cronograma e execução da obra, adotando a compatibilização ainda na fase de preparação dos projetos.

Por meio dos trabalhos apresentados observou-se a compatibilização de projetos, estes apresentaram interferências entre os elementos das especialidades. Dentre os conflitos recorrentes foram verificados: entre estrutura com arquitetura, posicionamento de pilares que comprometeriam a utilização do edifício; entre hidrossanitários/elétrico e estrutura, com tubulação/eletroduto passando dentro do pilar, afetando o dimensionamento da estrutura; e hidrossanitário com arquitetura, tubulações passando em locais em que não foram previstas alvenarias. Sendo propostas soluções para sanar os conflitos entre os projetos, que na realidade é possível por meio da comunicação dos profissionais envolvidos, estes realizando análises e estudos, para adotar a melhor metodologia para cada situação de interferência, e posteriormente atualizar os projetos com as devidas correções.

As identificações das incompatibilidades foram realizadas com auxílio de ferramentas computacionais. Embora pouco exposto, a ferramenta CAD, pelo método de sobreposição dos desenhos CAD em 2D. O mais explorado, ferramenta BIM, que utiliza o 3D para comunicação entre os projetos envolvidos. Os programas serviram como grandes facilitadores para a visualizar as incompatibilidades dos projetos, e assim possível tratar os conflitos, que poderiam gerar potenciais manifestações patológicas na construção.

No processo de compatibilização, foi observado os benefícios para a melhora da entrega de projetos, conseqüentemente, a melhoria na execução das obras. Desta forma, através da compatibilização, é notável que o retrabalho em obra é evitado, além de diminuir o consumo imprevisto de materiais e o aumento dos custos da obra. Sendo assim, é possível também obter um cliente mais satisfeito e a propagação de um trabalho bem elaborado.

Portanto, a importância da compatibilização e como ela é versátil, é indiscutível. A escolha de como pode decorrer a compatibilização é diversa, sendo disponibilizado no mercado diversas ferramentas que auxiliam esse processo. Sendo assim, é importante que independente do ramo do empreendimento, seja realizada a compatibilização de projetos e que haja uma comunicação eficiente e contínua entre os profissionais envolvidos. Com isso, é possível obter um resultado final de maior qualidade para os projetos, obras e clientes mais satisfeitos.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, V.M. Compatibilização de projetos na construção civil: Estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar, Belo Horizonte, 2011.

AYRES FILHO, C. SCHEER, S. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Curitiba, 2007.

- BANDEIRA, LUDSON LIMA. AS VANTAGENS DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS POR MEIO DA METODOLOGIA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING). 2023.
- CALLEGARI, S. Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2007.
- CHIPPARI, P. Compatibilização de projetos economiza tempo e dinheiro. Disponível em: <<http://www.aecweb.com.br>>. Acesso em: 02 abril de 2023.
- CRUZ, T. Sistemas de informações gerenciais: tecnologias da informação e as organizações do século XXI & Introdução ao BPM & BPMS Introdução ao CMM-I / Tadeu Cruz. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- DANTAS, Júlio César. A metodologia BIM para compatibilização de projetos: estudo de caso em obra de pequeno porte. 2022.
- DE GOES, R.H.T.B, Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo, 2011.
- EASTMAN, C. M. LISTON, K. SACKS, R. TEICHOLZ, P. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Tradução de AYRES FILHO, C. G. Revisão Técnica de E. T. Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- FABRICIO, M.M. Projeto simultâneo na construção de edifícios. 2002. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007.
- GUERRA FILHO, Elder dos Santos *et al.* Compatibilização de projetos complementares de uma residência através do BIM. 2022.
- GRAZIANO, F. P. Compatibilização de Projetos. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003.
- HOROSTECKI, A. R. N. Compatibilização de projetos de engenharia/arquitetura em empresas de pequeno porte. UNICSUL (Dissertação). Florianópolis, 2014.
- NASCIMENTO, J. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil, 2014. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, nº 7 v..01,2014.
- OLIVEIRA, Henrique Nascimento de. Metodologia BIM aplicada ao desenvolvimento de projetos. 2023.
- REZENDE, D. A.; ABREU, A. F. Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais: o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- RODRIGUEZ, M. A. A. Coordenação Técnica de Projetos: Caracterização e Subsídios para sua Aplicação na Gestão do Processo de Projeto de Edificações. Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC. 2005. 172p

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador *et al.* Modelagem e compatibilização de projetos de uma residência Minha Casa Minha Vida em software de plataforma BIM. *Research, Society and Development*, v. 8, n. 8, p. e33881230, 2019.

SILVA, Uiliam Humberto Oliveira da. *Compatibilização de projetos através da metodologia BIM*. 2022.

SOUZA, F.J. *Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares – Estudo de caso*. Universidade Católica de Pernambuco (Dissertação). Recife, 2010.

SOUZA, L. L. A. AMORIM, S. L. R. LYRIO, A. M. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 26-58, nov. 2009.

TAKIM, R. HARRIS, M. NAWAWI, A. H. Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, 2013.

TAVARES JUNIOR, W. *Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte*. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.



Gerenciamento de serviços de manutenção predial

Management services building maintenance

Lúcio Rogério Júnior

Departamento de Engenharia Elétrica – Laboratório de Eletrônica e Automação - Universidade de Uberaba

Guilherme Henrique Alves

Departamento de Engenharia Elétrica – Laboratório de Conversão de Energia - Universidade de Uberaba

Marcelo Costa Dias

Departamento de Engenharia de Produção – Laboratório de Mecânica do Fluidos - Universidade de Uberaba

Antônio Manoel Batista da Silva

Departamento de Engenharia de Elétrica – Laboratório de Máquinas Elétricas - Universidade de Uberaba

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.6

RESUMO

Nos últimos anos acompanhamos um crescimento acelerado da construção civil, o que possibilitou um aumento na construção de edifícios comerciais, condomínios e grandes empreendimentos imobiliários de alto padrão. Em paralelo observamos a evolução tecnológica aplicada à construção, conservação e manutenção dos sistemas prediais, o que exigiu de os gestores de manutenção predial atualizar-se, desenvolvendo habilidades de gestão de pessoas, conhecimento de manutenção preventiva, utilização de ferramentas de software, controle de indicadores de manutenção e gestão de serviços e fornecedores. Nos dias atuais torna-se essencial gerenciar atividades de manutenção predial tendo como resultado diversos benefícios como redução de custos com manutenção corretiva, ganhos em segurança nas instalações, redução de custos com reformas, entre outros. O artigo tem como objetivo apresentar conceitos de gerenciamento de serviços de manutenção predial, abordando conceitos de manutenção preventiva, planos de manutenção e ferramentas de controle.

Palavras-chave: manutenção predial preventiva. planejamento da manutenção. softwares de manutenção predial.

ABSTRACT

In recent years we follow an accelerated growth in construction which allowed an increase in the construction of commercial buildings, condominiums and large estate buildings standard auto. In parallel we observed technological developments applied to construction, repair and maintenance of building systems, which demanded managers building maintenance upgrade itself, developing people management skills, knowledge of preventive maintenance, using software tools, track maintenance indicators and manage services and suppliers. Nowadays it becomes essential manage building maintenance resulting in several benefits: cost reduction with corrective maintenance, security gains in the premises, reducing retirement costs, among others. The article aims to present concepts of management of building maintenance services, addressing concepts of preventive maintenance, maintenance plans and control tools.

Keywords: building maintenance software. maintenance planning. preventive building maintenance.

INTRODUÇÃO

O conceito de manutenção está cada dia mais presente em nossas vidas, seja no trabalho, em nossas atividades domésticas, nos meios de transporte, na informática ou no cuidado com o corpo e a mente, necessitamos de realizar ações para restabelecer algo que perdeu sua função, prevenir algo que possa nos causar algum dano ou garantir seu desempenho e funcionalidade.

De acordo com a NBR 5462 de 1994, o conceito de manutenção é descrito como a “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo a supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida.” (ABNT NBR 5462/94).

Há algumas décadas a manutenção vem tendo sua importância ampliada, sendo que uma série de fatores foram determinantes para que as empresas mudassem sua ótica e sua posição em relação às práticas de manutenção, entendendo a manutenção como um investimento e não um custo direto (KARDEC E NASCIF, 2009).

Os principais fatores que exigiram a mudança de postura das empresas com relação à importância que a manutenção representava foram: o aumento da qualidade dos produtos e processos, a redução de custos de produção, a necessidade de gerenciar de forma eficaz os estoques, o aumento da disponibilidade de equipamentos, a redução de aquisições, entre outros.

Toda empresa necessita de uma área que promova a disponibilidade de suas máquinas, edifícios e serviços buscando melhor desempenho de suas atividades. Esta área, a manutenção, deve ser considerada parte das organizações e ter sua importância ampliada à medida que há o aumento das exigências de qualidade e disponibilidade dos equipamentos (MORILHA, 2011).

Os serviços de manutenção predial possuem uma importância muito grande e estão cada vez mais sendo realizados em edificações e grandes empreendimentos imobiliários. Até algumas décadas atrás a manutenção de edificações era realizada de forma improvisada, sem nenhuma ferramenta de gerenciamento e controle das atividades.

Devido à importância dos serviços de manutenção em prédios, condomínios, edificações públicas e privadas há uma grande necessidade de se realizar boas práticas, tendo como objetivo a redução de custos com a manutenção, aumento da segurança, confiabilidade e qualidade de toda as instalações e infraestrutura das edificações em geral.

Este trabalho tem como objetivo reforçar a importância do gerenciamento de serviços e atividades de manutenção em edificações, mostrando todos os benefícios que um plano de manutenção oferece e apresentando algumas ferramentas existentes para realizar este gerenciamento.

MANUTENÇÃO PREDIAL

Os estudos sobre manutenção predial começaram a ser realizados em alguns países europeus no final da década de 50, ainda de forma bastante modesta. Em 1965, a importância das pesquisas focadas neste assunto foi reconhecida pela criação do Comitê de Manutenção das Construções pelo Ministério de Construções e Serviços Públicos do Governo Britânico (SE-ELEY, 1987).

A manutenção predial é conjunto de práticas que possuem o objetivo de conservar ou reparar a capacidade funcional de uma edificação, visando oferecer o máximo de disponibilidade de equipamentos e instalações, segurança e confiabilidade para os usuários.

Através de práticas saudáveis e uma boa gestão dos serviços de manutenção predial podemos prolongar a vida útil de edificações, reduzir os gastos com aquisição e reparos de equipamentos, reduzir o custo de manutenções corretivas e evitar o alto custo social gerado pela indisponibilidade de equipamentos e instalações das edificações.

A manutenção corretiva possibilita reparar ou substituir um componente, equipamento ou parte de uma edificação após o problema ter ocorrido, isto aumenta o custo da manutenção

consideravelmente, pois na maioria dos casos o pior poderia ter sido evitado através de um planejamento e acompanhamento dos elementos existentes em uma edificação.

Se realizada sem critérios técnicos, a manutenção pode causar falhas, gastos indevidos sem os benefícios esperados, danos materiais, físico e psicológicos aos usuários e terceiros, além de desvalorização acentuada do imóvel, indenizações acidentárias, considerações jurídicas por negligência ao uso, interdições etc. (COLEN, GOMIDE E FLORA, 2022).

Em edificações o gerenciamento de atividades de manutenção é fundamental para que os usuários possam evitar grandes desembolsos e sérios transtornos causados pela ineficiência ou inexistência de um plano de manutenção. A gestão de atividades de manutenção oferece ferramentas para controlar, evitar e minimizar problemas nas edificações, garantindo maior segurança e qualidade dos recursos.

GESTÃO DA MANUTENÇÃO PREDIAL

Diversas atividades de manutenção poderiam ser evitadas caso todos os envolvidos no processo construtivo estivessem comprometidos com a qualidade do produto final, mas ocorre que grande parte das patologias nas edificações é resultante de erros concebidos ainda na fase de projeto ou execução do edifício, causados por imperícia técnica ou mesmo pela comunicação insuficiente entre profissionais e usuários da edificação.

Geralmente as atividades de manutenção são realizadas porque algum equipamento ou sistema da edificação já apresentou problemas, ou seja, quando quebra, conserta. No entanto, a falta de manutenção preventiva ou mesmo o mau uso do imóvel pode acarretar diversos problemas patológicos na edificação. A NBR 5674:1999 nos alerta da necessidade do planejamento dos serviços de manutenção, para que sejam empregadas estratégias adequadas, como o controle de custos e melhoria da satisfação dos usuários quanto às condições ambientais do edifício (BARBOSA, 2011).

A manutenção deve gerir os serviços, e possuir três tipos ações: preventiva, corretiva e de melhoria. Objetivando o bom desempenho da edificação e a comunicação eficiente entre todos os envolvidos nas atividades, o sistema deve compreender manutenções rotineiras e planejadas e deve buscar minimizar serviços não planejados ou emergenciais, previstos através de um cronograma de realização dos trabalhos, bem como por previsão dos custos para implantação do programa.

Segundo Morilha (2011) o sistema de gerenciamento da manutenção foi criado a partir da necessidade de planejar e avaliar os procedimentos, promover a integração com outros programas da empresa, reduzir custos, aumentar a disponibilidade, evitar o acaso, reduzir a manutenção corretiva, reduzir o desperdício e administrar estoques das empresas.

O proprietário ou gerente do estabelecimento possui a responsabilidade de gerenciar a manutenção, porém é mais prudente que atividades de manutenção em edificações sejam confiadas a profissionais ou empresas especializadas, pois gerir um sistema de manutenção predial requer conhecimento técnico, tempo e capacidade gerencial. O gerenciamento da manutenção predial contempla as seguintes atividades:

- Providenciar e manter atualizados os registros e documentos da edificação;
- Realizar ou supervisionar a execução de inspeções periódicas;
- Realizar previsões de custos;
- Definir planos de manutenção;
- Realizar ou assessorar a contratação dos serviços de manutenção;
- Realizar ou supervisionar a execução dos serviços de manutenção;
- Orçar os serviços de manutenção;
- Definir e implementar um sistema de gestão da qualidade dos serviços de manutenção;
- Orientar os usuários quanto à correta utilização do imóvel, de acordo com o Manual de Operação, Uso e Manutenção da edificação e
- Assessorar o proprietário em situações emergenciais.

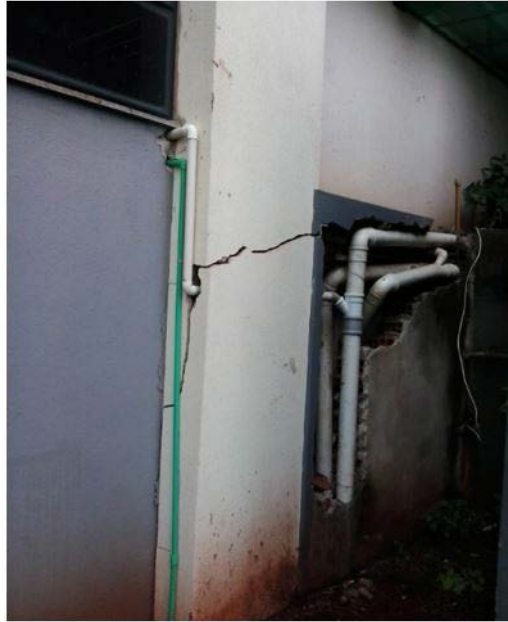
Inspeções Prediais

O aumento de tragédias provocadas pela falta de manutenção tem despertado o interesse de empresas e grandes administradoras de empreendimentos da construção civil reconhecendo a importância das inspeções prediais.

No caso da inspeção predial, primeiramente são diagnosticadas as anomalias e falhas construtivas através de um *check-up* da edificação, ou seja, uma vistoria detalhada dos sistemas e/ou elementos do edifício. É importante salientar que o planejamento da vistoria deve ter início com uma entrevista com o responsável da edificação, seja o proprietário, gerente ou síndico, bem como com a análise de todos os documentos disponíveis e existentes referentes ao edifício, tanto administrativos quanto técnicos (BARBOSA, 2011).

Durante a inspeção predial as anomalias e falhas mais comuns encontradas em todas as partes de uma edificação são rachaduras e trincas ao longo de toda construção (Figura 1), acabamentos defeituosos, infiltração em paredes e lajes, tubulações expostas, painéis elétricos em áreas abertas e sem trancas, fios elétricos expostos, iluminação deficiente, extintores vencidos ou vazios, ausência de iluminação de emergência, ausência de SPDA, entre outros.

Figura 1 - Exemplo de rachaduras e trincas na parede, tubulações de esgoto apoiadas com madeira e fiação elétrica exposta.



Fonte: Acervo do Autor.

Para Barbosa (2011), o resultado da inspeção realizada e do correto diagnóstico, através do *check-up* da edificação, é o Laudo de Inspeção Predial, que avalia as condições técnicas, funcionais e de manutenção da edificação, classificando os problemas constatados pelo grau de risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio, dispostos em ordem de prioridades. Por fim são elaborados os planos de reparos e de manutenção predial, ou seja, o apontamento de orientações técnicas voltadas à recuperação do imóvel. Sendo assim, o sucesso de um Plano de Manutenção depende em primeiro lugar de corretos diagnósticos dos problemas identificados no ambiente construído.

Plano da Manutenção

Segundo Gomide (2008), o plano de manutenção consiste em uma atividade intelectual, onde serão aplicados conhecimento, experiências e informações, onde se estabelece uma previsão detalhada dos métodos de trabalho, ferramentas e equipamentos necessários, condições de acesso, cronograma de realização, duração dos serviços e recursos disponíveis.

As atividades manutenção de uma edificação devem ser realizadas de forma planejada e por profissionais habilitados. Através de um plano de manutenção é possível criar um conjunto de informações e procedimentos que orientam as atividades de manutenção e estabelecem diversos critérios para que elas sejam realizadas.

Para Castro (2007), os principais itens que devem estar integrados em um plano de manutenção são: detalhamento de rotinas, detalhamento de procedimentos, periodicidades, parâmetros de fabricantes quanto ao uso e inspeção rotineira de componentes, dados sobre eventuais falhas decorrentes de uso, operação ou deficiência nos procedimentos listados, observações quanto a procedimentos de urgência, periodicidades para o *feedback* e nível de suficiência das informações que serão coletadas e registradas, registro e histórico de atividades de manutenção, dados de referência quanto ao custo médio de cada atividade do plano, entre outros.

A figura apresentada abaixo (Figura 2) exemplifica um plano de manutenção para um reservatório de água em um edifício vertical multi-familiar. Outros elementos e componentes de uma edificação podem seguir esse mesmo padrão de tabela. O plano estabelece a periodicidade da manutenção preventiva e da inspeção para diversos sistemas, equipamentos, instalações e componentes de uma edificação.

Figura 2 - Exemplo de Plano de Manutenção de um Reservatório de Água.

PLANO DE MANUTENÇÃO				
ITEM: RESERVATÓRIO SUPERIOR DE ÁGUA				
ROTINAS: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limpeza da caixa d'água superior ▪ Verificação e regulagem da bóia ▪ Verificação da existência de vazamentos no barrilete ▪ Verificação da existência de fissuras e rachaduras na parede interna da caixa d'água 				
PROCEDIMENTOS: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Feche o registro de comando para que a alimentação de água a este reservatório seja interrompida; ▪ Continue usando a água do reservatório até terminar; ▪ Para usar a reserva de incêndio abra o registro do hidrante da garagem e use a água para lavar o piso da mesma; ▪ Faça, então, a limpeza do reservatório. 				
PERIODICIDADE: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Semestral 				
EMERGÊNCIA: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Em caso de necessidade de interromper o fluxo de água nos apartamentos, fechar o registro geral da caixa d'água. 				
HISTÓRICO				
DATA	ATIVIDADES EXECUTADAS	OBSERVAÇÕES	PROFISSIONAL	VALOR (R\$)

Fonte: Castro (2007).

Manutenção Preventiva

Procedimentos regulares e programados de manutenção são essenciais para a conservação e eficácia da edificação. Evitam o surgimento de problemas ou deteriorações inesperadas, permitindo previsão segura de gastos periódicos (COLEN, GOMIDE E FLORA, 2022).

As atividades programadas de manutenção preventiva consistem em inspeções e verificações periódicas, apesar de aparentemente simples, podem evitar altos custos de reforma e manutenções corretivas. Serviços de limpeza corretos e utilizando produtos e equipamentos adequados, aumentam seguramente a vida de sistemas e materiais de acabamentos.

Segundo Barbosa (2011), a estratégia previne a ocorrência da falha, agindo antes que o edifício e seus componentes atinjam níveis de qualidade insuficientes. A manutenção preventiva deve ser planejada e periódica, por estar inserida em um programa pré-estabelecido de atividades ao longo da vida útil do edifício, sem haver a necessidade de ser resposta a patologias já identificadas ao longo do uso da edificação. Esta estratégia, que também depende das informações providas dos profissionais responsáveis pela produção do edifício, é vantajosa por reduzir a incidência de manutenções corretivas futuras.

As principais justificativas para a viabilidade dos investimentos com a manutenção preventiva são:

- Diminuição dos desgastes naturais, com o consequente aumento da vida útil e recuperação de níveis de desempenho de sistemas, considerados os níveis de segurança, conforto e confiabilidade dos mesmos;
- Evitar deteriorações precoces das instalações devido à ausência de recursos para se

praticar a manutenção corretamente, quando esta não foi definida dentro de um plano empresarial (plano de manutenção) e

- Reduzir custos e despesas em geral.

Indicadores de Manutenção

Os indicadores de manutenção nos possibilitam acompanhar o desempenho e avaliar a eficácia das atividades de manutenção tendo como principal objetivo medir e quantificar parâmetros relacionados ao custo de manutenção, segurança, satisfação dos clientes e disponibilidade dos equipamentos.

Diante da diversidade de indicadores disponíveis é comum que os gestores fiquem em dúvida com relação aos que serão mais importantes para obter resultados de melhoria. Muitas vezes a opção por controlar muitos indicadores dificulta o correto entendimento das atividades provocando perdas da qualidade do trabalho.

A escolha pelos indicadores adequados e que mais se ajustam ao gerenciamento das atividades de manutenção é, sem dúvida, uma etapa muito importante e deve ser realizada pelo gestor de manutenção predial considerando os principais critérios que são relevantes para o custo, qualidade e segurança. A seguir são apresentados os principais indicadores de manutenção que são utilizados na área predial:

Satisfação do Cliente

Este indicador é obtido a partir de uma pesquisa, reflete a visão do cliente final sobre os serviços realizados avaliando a rapidez, qualidade e segurança. A pesquisa de satisfação do cliente normalmente é realizada através de formulários, do preenchimento da ordem de serviço ou através de consultas telefônicas efetuadas pelo Call Center.

Custo de manutenção total em relação ao custo fixo do contrato

Este indicador trata-se de uma análise entre o custo total de manutenção (Preventiva, Corretiva e Peças) e o custo fixo pago ao fornecedor ou prestador de serviço em um mesmo período de avaliação. Este indicador é expresso pela seguinte fórmula:

$$\text{RCTM} = (\text{CTMN} / \text{CFCM}) \times 100$$

Onde:

RCTM à Relação entre o custo total de manutenção e o valor fixo pago ao fornecedor

CTMN à Custo total de Manutenção

CFCM à Custo fixo do Contrato

Backlog

Backlog é o tempo que a equipe de manutenção deverá trabalhar para realizar os serviços pendentes, supondo que não sejam lançados novos pedidos de trabalho ou Ordens de Serviço durante a execução dessas pendências, tendo como referência para execução das atividades

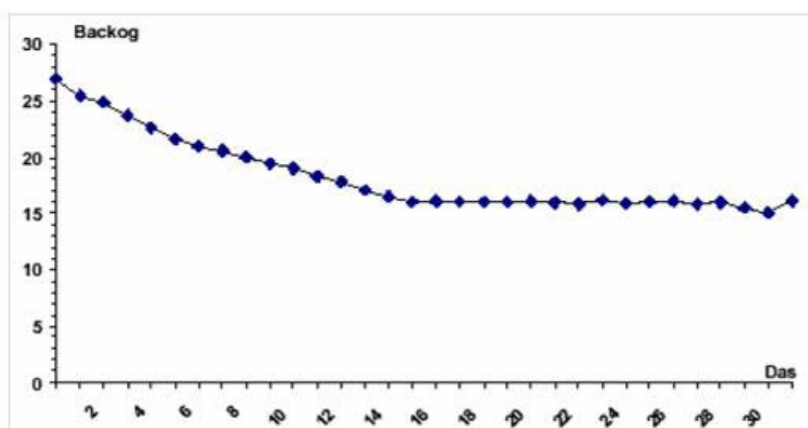
um número específico de mão de obra.

Não há uma unidade de tempo padrão para se medir o *backlog*, porém cabe ao gestor de manutenção determinar qual unidade é mais adequada para trabalhar, normalmente é utilizado 'dias' como unidade de tempo. O *backlog* é calculado por equipe, sendo um grupo de colaboradores que executam determinado tipo de atividade.

Quando utilizamos um gráfico para avaliar uma situação, consideramos que a precisão do valor de *backlog* não é fundamental para as decisões gerenciais, uma vez que a análise tem como principal objetivo determinar as tendências de variação do gráfico conforme mostrado no gráfico a seguir (Figura 3).

O gráfico de *backlog* pode se apresentar sob seis formas: estável, crescente, decrescente, crescente por patamares, decrescente por patamares e dentes de serra. Nessas configurações, devem merecer maior atenção dos gerentes o *backlog* crescente, que pode indicar insuficiência de pessoal, má qualificação, deficiência de ferramentas ou má gestão direta e o *backlog* decrescente que certamente indica superdimensionamento da equipe com a consequente geração de excessivas horas ociosas (LARA, 2004).

Figura 3 - Exemplo de Gráfico de *Backlog* com configuração decrescente (1ª Quinzena) e estável (2ª Quinzena)



Fonte: Lara (2004).

Disponibilidade de Equipamentos

Representa a probabilidade de um equipamento estar disponível caso seja necessária sua utilização, sendo a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função. Este indicador representa a possibilidade de garantir o atendimento das metas de produção, sendo o reflexo do indicador de horas de parada. Pode ser obtido através da expressão a seguir:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{(\text{Tempo útil de trabalho} - \text{Tempo de paradas não programadas})}{(\text{Tempo útil de trabalho})} \times 100$$

A expressão representa o percentual do tempo no qual o equipamento esteve disponível para a operação em relação ao tempo total previsto no período. Outra expressão que representa a Disponibilidade de equipamentos é obtida pela relação entre o Tempo Médio Entre Falha (MTBF), o Tempo Médio Para Reparo (MTTR) e os Tempos Ineficientes da Manutenção (TIMN) que representam os tempos de preparação para desligamento, religamento e tempos de espera. Pode ser obtido através da expressão a seguir:

$$\text{Disponibilidade} = (\text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{TIMN})) \times 100$$

MTBF – Tempo Médio entre Falhas (*Mean Time between Failure*)

Representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima falha. Este indicador é obtido através de três variáveis sendo o número de itens ou equipamentos avaliados, os tempos de operação dos itens e o número total de falhas detectadas nesses itens durante o período avaliado. A relação entre as três variáveis é dada pela expressão:

$$\text{MTBF} = (\text{N}^\circ \text{ Itens} \times \text{HO}) / \text{NTF}$$

Onde:

HO à Tempo total de operação em horas

NTF à Número total de falhas (Ações corretivas)

MTTR – Tempo Médio para Reparo (*Mean Time to Repair*)

Mede a eficiência das ações corretivas, quanto tempo a equipe de manutenção leva para reparar um equipamento e recolocá-lo novamente em operação. Este indicador é obtido através de duas variáveis, sendo o tempo total de ações corretivas (em horas) em equipamentos que apresentaram falhas e o número total de falhas registradas neste mesmo período avaliado. A relação entre as três variáveis é dada pela expressão:

$$\text{MTTR} = \text{HTMC} / \text{NTMC}$$

Onde:

HTMC à Número total de horas de manutenção corretiva

NTMC à Número total de falhas registradas no período

Ferramentas de Software

A questão da manutenção preventiva está tão em voga atualmente que já existem, inclusive, softwares que auxiliam na prática da mesma. O que esses programas fazem nada mais é do que estabelecer um plano de manutenção para o equipamento desejado tendo como base as peculiaridades do mesmo. Em meio a vários tipos de softwares que têm essa finalidade, é possível encontrar os que são específicos para a manutenção predial (CASTRO, 2007).

Como existem diversas ferramentas de software utilizadas pelas equipes de manutenção das indústrias, algumas destas ferramentas são construídas para gestão da manutenção predial, possibilitando um grande avanço no cenário das ferramentas de controle e gerenciamento de serviços de manutenção em edifícios.

Através do software é possível realizar o registro de diversas informações como relatórios de equipamentos, gráficos com indicadores de manutenção, ocorrências de falhas, registro de troca de peças, custo de manutenção, mão de obra utilizada, tempo gasto nas atividades, listas de verificação, entre muitos outros.

A possibilidade de se realizar o controle de estoque e custos faz com que a utilização

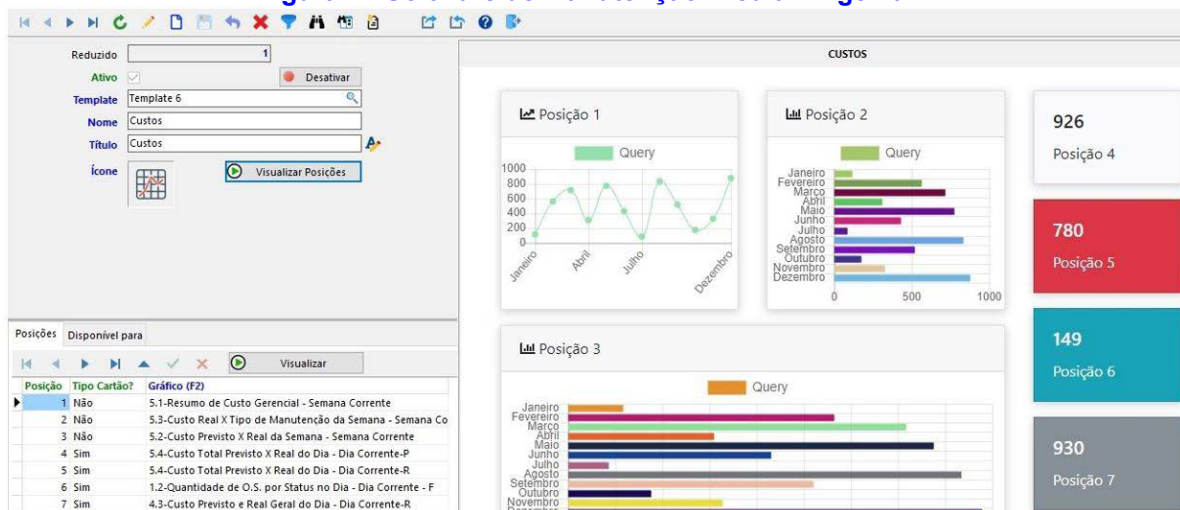
de um programa de computador seja uma grande ferramenta facilitando bastante o trabalho do gestor das atividades de manutenção. O outro benefício é que com a utilização de um software é possível tomar melhores decisões, deixando os procedimentos de manutenção corretiva e passando a aplicar manutenções preventivas, reduzindo serviços de emergência e aumentando o tempo de utilização de equipamentos e toda infraestrutura.

Os softwares de manutenção predial são utilizados por shoppings centers, edifícios, grandes condomínios residenciais e comerciais, instalações industriais, hotéis, instituições financeiras, instituições de ensino, dentre outros, possibilitando o gerenciamento e planejamento da manutenção.

Os programas de manutenção predial disponibilizam ferramentas de controle de manutenção de equipamentos como: equipamentos de refrigeração, elevadores, equipamentos de bombeamento, rede elétrica, rede hidráulica, telecomunicações, estruturas civis, sistema de segurança, sistema de combate a incêndio, escadas rolantes, dentre outros.

Conforme mostrado na figura a seguir (Figura 4) os fabricantes de softwares de manutenção predial disponibilizam diversos módulos para controle de equipamentos, fornecedores, empresas, procedimentos do plano de manutenção e muitos outros, possibilitando grande interatividade através de interfaces gráficas, *Dash boards* e janelas animadas, o que facilita o acesso e o controle das informações.

Figura 4 - Software de Manutenção Predial Engeman.



Fonte: ENGEMAN (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do gerenciamento eficaz de um sistema de manutenção predial é possível eliminar ou reduzir significativamente anomalias que afetam uma edificação, tendo como benefícios economia com os custos de manutenção, maior segurança, qualidade dos serviços, valorização imobiliária, entre outros.

Gerir as atividades de manutenção seguindo um planejamento através de rotinas de inspeção, tendo como objetivo realizar manutenções preventivas, respeitando um cronograma, controlando custos, desenvolvendo fornecedores e parceiros, utilizando ferramentas para automatizar etapas e documentando todas as atividades, sem dúvida é a receita para alcançar

ótimos resultados na manutenção predial.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: 1994.

BARBOSA, P. B. Da intenção do projeto ao uso do edifício: a busca da excelência profissional. 2011. Programa de Excelência em Projetos CREA-PR, Curitiba, 2011.

CASTRO, U.R. Importância da manutenção predial preventiva e as ferramentas para sua execução. 2007. 44f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ENGEMAN. Software de Manutenção Predial. 2023. Disponível em: <<https://engeman.com.br/pt-br/>> Acesso em: mar. 2023.

COLEN, I. F.; GOMIDE, T. L. F.; FLORA, S. M. D. Manual de Manutenção em Edificações: Estudos, técnicas e aplicações. 1.ed. São Paulo: Ed. Leud, 2022. 440 p.

GOMIDE, T. L. F. Engenharia Legal: novos estudos. 1.ed. São Paulo: Leud, 2009. 168 p.

KARDEC, A.; NASCIF J. Manutenção: função estratégica. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

LARA, A. M. F. O Software de manutenção como ferramenta de gestão Predial. 2004. Material apresentado no 5º Seminário Paulista de Manutenção da ABRAMAN, São Paulo, 2004.

MORILHA, A.M. Gerenciamento da Manutenção Predial: escolha e implantação de um sistema informatizado. 2011. 21f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Manutenção) – Centro Universitário da FEI, São Paulo, 2011.

SEELEY, I. H. Building maintenance. London: Macmillan Press LTD, 1987.



**Análise de abertura em vigas de
concreto armado utilizando o método
dos elementos finitos**

**Opening analysis in reinforced
concrete beams using the finite
element method**

Kézia Brasilino de Souza
Nailde de Amorim Coelho
Tarciane Milena Gomes Galdino

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.7

RESUMO

No cenário da compatibilização dos projetos de engenharia é comum furos em elementos estruturais para saciar os conflitos entre os projetos envolvidos. No entanto, quando os furos não são calculados na fase de planejamento, podem comprometer o desempenho da viga, podendo causar manifestações patológicas e até mesmo o colapso da viga. Diante disso, o trabalho visa analisar o desempenho estrutural de vigas de concreto armado quando sujeitas a furos horizontais não previstos em projeto. Foi realizada uma análise numérica utilizando o método dos elementos finitos por meio da ferramenta ANSYS, comparando o resultado da tensão normal da viga em seu estado pleno, sem furos, e após a inserção de furos em diferentes situações ao longo da viga. Com isso, é possível testificar que o desempenho das vigas é comprometido devido às descontinuidades submetidas, pois quando a viga é submetida a furos que não foram planejados durante a elaboração do projeto, as tensões ao longo da viga sofrem um impacto, que comprometem o funcionamento pleno de sua estrutura.

Palavras-chave: concreto armado. tensão normal. furos horizontais. Ansys. elementos finitos.

ABSTRACT

In the scenario of compatibility of engineering projects, it is common to drill holes in structural elements to settle conflicts between the projects involved. However, when the holes are not calculated in the planning phase, they can compromise the beam performance, causing pathological manifestations and even beam collapse. Given this, this paper aims to analyze the structural performance of reinforced concrete beams when subjected to horizontal holes not foreseen in the design. A numerical analysis was performed using the finite element method through the ANSYS tool, comparing the result of the normal stress of the beam in its full state, without holes, and after the insertion of holes in different situations along the beam. With this, it is possible to testify that the performance of the beams is compromised due to the discontinuities submitted, because when the beam is submitted to holes that were not planned during the design development, the stresses along the beam suffer an impact, which compromises the full operation of its structure.

Keywords: reinforced concrete. normal stress. horizontal holes. Ansys. finite elements.

INTRODUÇÃO

O projeto de estrutura de concreto armado de uma edificação é realizado a fim de suportar a carga que a estrutura demanda. Em alguns casos, tais projetos precisam ser ajustados para que se adequem aos projetos de instalações prediais, com a finalidade de que ambos possam trabalhar em harmonia, ou seja, ocorra a compatibilização entre os projetos trabalhados. Esse cenário é comum nas vigas, em que no ato da compatibilização é evidenciada a necessidade de aberturas na posição horizontal da viga, para a passagem de tubulações.

No entanto, quando não acontece a compatibilização na fase de planejamento da obra, a indicação de imprevistos durante o processo executivo é praticamente certa. Como exemplo podemos citar a continuidade das tubulações hidrossanitárias que, muitas vezes, necessita de furos e/ou aberturas em vigas de concreto armado. Para isso, é necessário seguir as especifi-

cações da NBR 6118 (ABNT, 2014) de como deve ser executado os furos e o modo de realizar armadura complementar na região das descontinuidades para garantir o desempenho da peça, caso não sejam atendidas, a estrutura da edificação pode apresentar manifestações patológicas e comprometer a estabilidade do elemento estrutural ou até mesmo causar o colapso do sistema.

De acordo com Agostinho (2009), a ausência de planejamento nas obras no Brasil ocorre de modo excessivo. Diante disso, a qualidade dos projetos é comprometida, afetando diretamente o desempenho da execução das obras. Deste modo, o profissional da engenharia civil deve conhecer o comportamento estrutural da viga sujeita a furos e aberturas ao longo da estrutura.

Desse modo, o Método dos Elementos Finitos (MEF), vem sendo empregado como solução inovadora na engenharia civil. Com o MEF é possível realizar análise estrutural numérica do comportamento de estruturas em função das condições de contorno e forças (ALBIERO, 2023).

O ANSYS Workbench é uma ferramenta computacional que utiliza o MEF para estudo do comportamento das estruturas. Essa ferramenta visa a partição de algumas partes da estrutura a serem analisadas em elementos finitos, cada elemento é interligado entre si, o processo em que o objeto é dividido em frações é chamado malha (PRATAMA, 2023).

Diante do que foi explanado, o objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho estrutural de vigas de concreto armado sujeitas a furos não previstos em projeto, e comparar com a viga plena adaptada do estudo de Bresler e Scordelis (1963), utilizando o MEF. Para isso, verificou-se o comportamento em relação à redistribuição das tensões ao longo da viga submetida pelos furos e comparada com viga similar sem furo. Além disso, este trabalho tem como finalidade incentivar os profissionais da área da construção civil a se atentar para esse problema e mostrar um caminho alternativo de análise das estruturas, antes da execução dos procedimentos em obra.

ANÁLISE DE VIGAS

É comum as vigas de concreto armado serem submetidas a furos, seja de forma prevista ou não. A compatibilização dos projetos proporciona que os furos possam ser planejados ainda na fase de cálculo do projeto. A análise do impacto que os furos ocasionam na peça pode ser realizada por meio das tensões normais atuantes no concreto. Neste trabalho, essa análise foi feita com auxílio da ferramenta ANSYS.

Compatibilização de projetos

Segundo Callegari (2007), a compatibilização corresponde ao gerenciamento e assimilação dos projetos, a fim de eliminar os conflitos relacionados aos projetos e simplificar a execução.

De acordo com Ávila (2011), a compatibilização visa a verificação de conflitos entre os projetos atuantes, a fim de realizar as adequações necessárias para facilitar a execução.

Ademais, o art. 1º da Legislação Federal do Brasil (decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020), reforça a importância da compatibilização de projetos. Consta que as obras e serviços de engenharia realizados pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, sejam obrigados a elaborar os projetos utilizando a plataforma BIM, tendo em vista a detecção dos conflitos físicos e funcionais entre os projetos envolvidos, com propósito de compatibilizá-las.

Vigas de Concreto Armado

O conceito de concreto armado pode ser entendido como o trabalho conjunto do concreto simples aderido às barras de aço, sendo que o concreto simples é composto por agregado grosso, agregado fino, cimento e água. O concreto atua resistindo à compressão e as armaduras de aço à tração, uma vez que o concreto possui baixa resistência à tração (cerca de 10% da compressão). Consoante a NBR 6118 (ABNT, 2014), o concreto armado é caracterizado por possuir comportamento estrutural no qual é sujeito à aderência entre concreto e armadura. Além do mais, nele não são aplicáveis alongamentos iniciais das armaduras antes que ocorra tal aderência.

O dimensionamento de uma estrutura denota compreender os efeitos das ações que uma peça é submetida, e então analisar os Estados de Limite Último - ELU e Estado de Limites de Serviço - ELS, com objetivo de garantir a segurança, além de manter as características que tornam a peça capaz de atuar satisfatoriamente durante toda a vida útil da edificação, sendo o ELU caracterizado por domínios. A NBR 6118 (ABNT, 2014) abrange um conjunto de procedimentos sobre o dimensionamento do concreto, também define os conceitos que mantêm os requisitos básicos que definem o projeto das estruturas de concreto simples, armado e protendido.

Elementos dimensionados no domínio 4 são associados a ruptura frágil, com ou sem armadura de compressão, enquanto os domínios 2 e 3 não resultam em elementos com ruptura frágil. As vigas de flexão pura podem ser dimensionadas nos domínios 2, 3 e 4.

Um ponto que é bastante importante no dimensionamento das vigas é o seu comportamento à flexão, este é obtido através de um carregamento crescente em seu centro até a ruptura, durante este processo a viga é submetida a momentos fletores e assim é obtido o momento fletor máximo que a peça resiste. Durante o decorrer dessa ruptura a viga passa pelos três Estádios limite, no Estádio I - Estado Elástico é caracterizado pela não fissuração do concreto, as tensões atuantes são menores que a resistência do concreto à tração, no Estádio II - Estado de Fissuração, iniciam as fissuras e o concreto já não resiste aos esforços de tração terminando com a plastificação do concreto, no Estádio III a peça é comprimida até a ruptura, o concreto apresenta-se plastificado e com muitas fissuras (FARIAS, 2019).

A viga de concreto armado é dimensionada no Estádio III, que é onde ocorre a ruína da peça, podendo ser resultante da ruptura do concreto ou da deformação excessiva do aço, nesse estágio é definido o momento fletor máximo que a peça resiste. O momento fletor é resultante da flexão na peça e causa tensões normais perpendiculares à seção (CARVALHO E FIGUEIREDO, 2016). Neste trabalho temos um caso de flexão simples, pois não há esforços normais à seção.

Para vigas a tensão a ser analisada é a tensão normal que resulta na força pela área. O concreto armado pode ser considerado um material homogêneo e ser considerado os conhecimentos de resistência dos materiais para a determinação do valor da tensão normal (FARIAS, 2019). Para um elemento reto com simetria em relação a um eixo, situação que pode ser utilizada para a viga em estudo com seção retangular, pode ser utilizada a seguinte fórmula:

$$\sigma = \frac{M \times y}{I} \quad (1)$$

Onde:

σ = Máxima tensão normal;

M = Momento de flexão máximo da viga;

y = A distância entre o eixo neutro e a extremidade da viga;

I = Momento de inércia da viga.

Análise da viga de concreto armado com furos ou abertura

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a diferença entre furos e aberturas é que os furos têm dimensões pequenas comparadas ao elemento estrutural, no caso das aberturas não. Sendo assim, uma série de furos muito próximos deve ser considerada como uma abertura.

A inclusão de aberturas nas vigas de concreto causa efeitos no comportamento dela. Os cantos das aberturas estão sujeitos à uma concentração de tensões que podem ocasionar fissuras e assim, afetar a durabilidade da peça. Porém esses efeitos podem ser minimizados quando há previsão dessas aberturas, dimensionando os reforços de armadura adequadamente (MANSUR, 2006).

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) no item 13.2.5.1 determina: a distância de um furo à face mais próxima da viga deve ser, no mínimo, igual a 5 cm e duas vezes o cobrimento previsto para esta face. A seção remanescente nessa região, descontada a área ocupada pelo furo, deve ser capaz de resistir aos esforços previstos no cálculo, além de permitir boa concretagem. Para mais, as recomendações da norma constam a desobrigação da averiguação de resistência e deformação, quando acontecer, simultaneamente, os seguintes casos, sendo h a altura da viga:

- Abertura em zona de tração e uma distância da face do apoio de, no mínimo, 2h, onde h é altura da viga;
- Dimensão da abertura de, no máximo, 12 cm e h/3;
- Distância entre faces de aberturas (em um mesmo tramo) de, no mínimo, 2h;
- Cobrimentos suficientes e não seccionamento das armaduras.

Ferramenta ANSYS

O ANSYS Workbench 19.2 é um programa de simulação computacional que analisa diversos tipos de problemas da engenharia, por meio dos conhecimentos sobre o MEF.

No desenrolamento deste trabalho, faz-se uso da análise estática linear, a fim de obter as tensões normais ao longo da viga.

O ANSYS trabalha modelando a estrutura solicitada por meio de nós e malhas. De acordo com Souza (2008), a união dos elementos finitos que dividem o domínio computacional denomina-se malha. A discretização pode ser feita por meio de elementos geométricos, como de formato hexaédrico ou tetraédrico.

O ANSYS utiliza os elementos finitos de forma adquirir resultados de análises numéricas

dos mais variados tipos. Segundo a biblioteca do software, o programa possui diversos tipos de elementos para as mais diversas análises, contendo um total de 170 elementos diferentes e variados modelos de análises e representação das características e comportamento dos materiais que serão analisados. Neste trabalho em específico, utilizou os elementos SOLID185 e o BEAM188 que representam bem as características do concreto e do aço, respectivamente.

METODOLOGIA

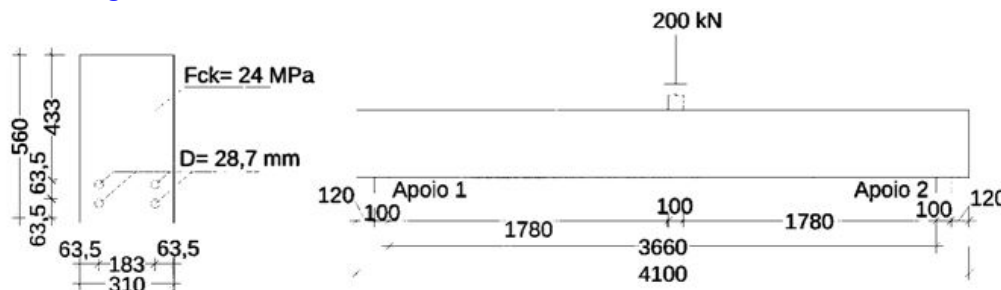
A metodologia proposta foi dividida em quatro etapas que se completam: na primeira etapa, foi elaborada a revisão bibliográfica sobre a temática, a segunda etapa foi destinada ao aprendizado da ferramenta ANSYS, para que fosse possível a análise das tensões ao longo da viga. Em seguida, foi definida a viga de estudo, e por meio dela e as demais vigas, diferenciando uma das outras segundo a localização de furos na estrutura. Por fim, as vigas foram modeladas no ANSYS a partir das condições de contorno do sistema estrutural, as especificações do concreto e da barra de aço, e, submetidas a uma carga central de 200 kN.

Definição da viga

Neste estudo foi modelada a viga OA1 estudada por Bresler e Scordelis (1963). A viga possui um vão livre de 3,66 m e seção transversal de 56 cm de altura e 31 cm de largura, conforme apresentado na Figura 1. Apresenta diâmetro da barra de 28,7 mm, espaçamento entre as barras de 63,5 mm em y e 183 mm em x e a distância do centro da armadura até a borda externa do concreto de 63,5 mm.

A viga apresentada é uma viga biapoiada, ou seja, a área de atuação da tração é somente na parte inferior da seção transversal da viga, não sendo necessária armadura de aço na área superior para resistir aos esforços. Mesmo não sendo um trabalho recente, o estudo apresentado é bastante relevante, sendo bastante citado por outros autores, há exemplos de Bittencourt Júnior (2009), Rampinelli (2018) e de Rodrigues (2021) que comparam os resultados experimentais com os computacionais. Neste trabalho há uma abordagem diferente, além de ter a viga plena, foram introduzidos furos para analisar a tensão no decorrer da viga em diferentes situações.

Figura 1 – Elementos finitos nos formatos hexaédrico e tetraédrico



Fonte: Adaptada de Bresler e Scordelis.

Foram adotados os seguintes parâmetros no programa ANSYS, segundo a viga de Bresler e Scordelis (1963). Concreto com módulo de elasticidade de 28,76 GPa, coeficiente de poisson 0,2, resistência à tração de 2,64 MPa e à compressão de 22,5 MPa, e o tipo de “tension softening” linear. O aço com módulo de elasticidade de 218 GPa e coeficiente de poisson 0,3.

Validação da viga

Faz-se necessária à validação do modelo computacional da viga, para verificar se a simulação segue o comportamento esperado. Deste modo, a viga foi simulada tanto no ANSYS como também no Ftool para comparação entre os valores das reações de apoio. Nas Figuras 2 e 3, encontram-se os valores das reações obtidas no ANSYS e no Ftool, respectivamente. Para a comparação entre os valores das reações de apoio constadas no ANSYS e no Ftool, segue a Tabela 1.

Além da verificação das reações, os valores de tensão normal foram avaliados, partindo do gráfico de momento fletores da viga (Figura 4). Optou-se por verificar o valor da tensão na posição do momento máximo, sendo assim no meio do vão da viga. Para isso, a avaliação utiliza a relação que define a distribuição de tensão nas regiões em que a área da seção transversal é constante, para poder calcular a máxima tensão normal do concreto, dessa forma tem-se a equação 2:

$$\sigma = \frac{M \times y}{I} \quad (2)$$

Sendo assim, para obter a máxima tensão normal da viga, precisa-se calcular a distância entre o eixo neutro e sua extremidade. Diante deste contexto, a viga foi considerada simétrica, e desconsiderou-se a variação dos diâmetros das armaduras, nesta situação. Dessa maneira, o valor de “y” é dado pela equação 3:

$$y \frac{h}{2} = \frac{0,56}{2} = 0,28 \text{ m} \quad (3)$$

Onde:

h = Altura da viga.

Para obtenção da máxima tensão normal, precisou-se calcular o momento de inércia da viga, está também foi considerada simétrica. Desse modo, a inércia de seção retangular é expressada pela equação 4:

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0,31 \times 0,56^3}{12} = 0,004537 \text{ m}^4 \quad (4)$$

Onde:

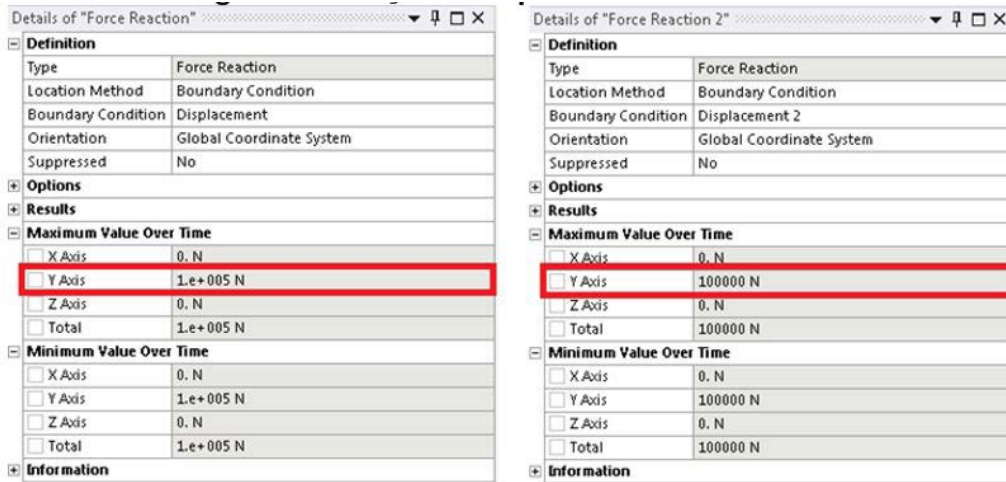
b = base da seção retangular da viga.

Após obtido o valor de y por meio da equação (3), o valor de I pela equação (4) e o valor do momento segundo o Ftool (Figura 4), realiza-se a substituição dos valores na equação (2). Desse modo, encontra-se o valor da máxima tensão normal da viga:

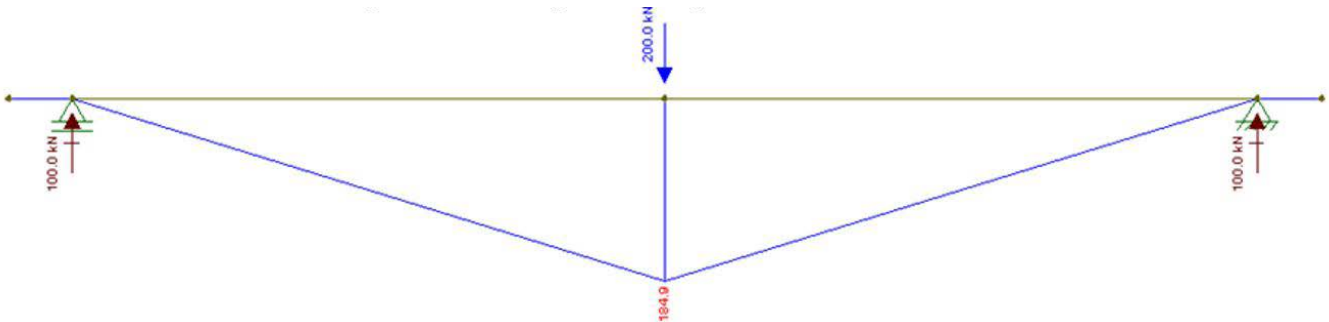
$$\sigma = \frac{M \times y}{I} = \frac{184900 \times 0,28}{0,004537} = - 1,14 \times 10^7 \text{ Pa}$$

O valor encontrado na simulação para máxima tensão normal é de $-1,149 \times 10^7$ Pa, conforme mostra a Figura 4. Validando então, a modelagem computacional

Figura 2 – Reações de apoio obtidas no ANSYS.



Fonte: Autoras (2023).



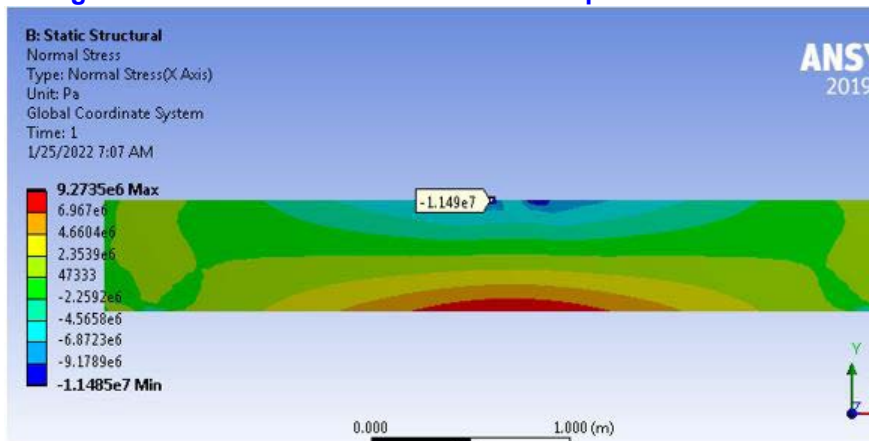
Fonte: Autoras (2023)

Tabela 1 – Verificação dos valores obtidos

	Reação no apoio 1 (kN)	Reação no apoio 2 (kN)
ANSYS	100	100
Ftool	100	100

Fonte: Autoras (2023).

Figura 4 – Valor de tensão máxima de compressão no modelo.



Fonte: Autoras (2023).

Definições para Análise

Para o estudo em questão foram realizados furos no sentido da largura da viga de concreto armado, os quais não foram previstos no dimensionamento da viga, representando tubulações na horizontal. Desta maneira, foram considerados dois cenários e cada um composto por quatro situações para a modelagem da viga.

No primeiro cenário (Figura 5) os furos foram realizados segundo as especificações da NBR 6118 (ABNT, 2014), consoante Tabela 2. No entanto, no segundo cenário (Figura 5) os furos foram realizados sem obedecer as recomendações da norma, segundo a Tabela 3.

Tabela 2 – Nomenclatura utilizada, para o cenário 1

Nomenclatura adotada	Seção do furo	Quantidade de furos	Altura da base	Distância do apoio 1	Distância do apoio 2
VP	Sem furo	0	-	-	-
Viga 1A	100x100 mm	1	230 mm	1120 mm	2440 mm
Viga 2A	100x100 mm	2	230 mm	1170 mm* 2390 mm**	2390 mm* 1170 mm**
Viga 3A	100x100mm	1	230 mm	1780 mm	1780 mm

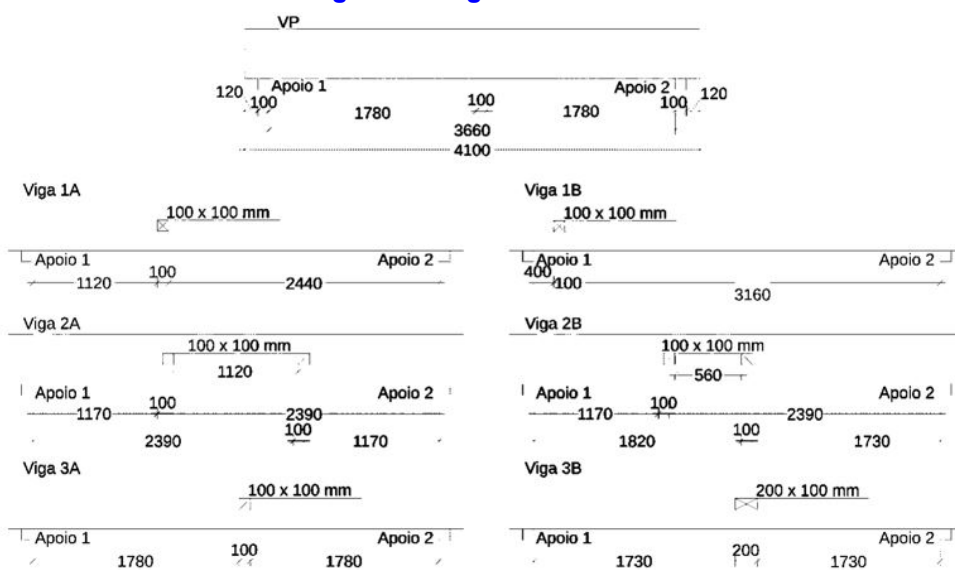
Obs.: (*) Informações do furo 1a, () informações do furo 2a.
Fonte: Autoras (2023).**

Tabela 3 – Nomenclatura utilizada, para o cenário 2

Seção do furo	Quantidade de furos	Altura da base	Distância do apoio 1	Distância do apoio 2	Nomenclatura adotada
Sem furo	0	-	-	-	VP
100x100 mm	1	230 mm	400 mm	3160 mm	Viga 1B
100x100 mm	2	230 mm	1170 mm* 1830 mm**	2390 mm* 1730 mm**	Viga 2B
200x100mm	1	230 mm	1730 mm	1730 mm	Viga 3B

Obs.: (*) Informações do furo 1b, () informações do furo 2b.
Fonte: Autoras (2023).**

Figura 5 – Vigas estudadas



Fonte: Autoras (2023).

A Figura 7 abaixo apresenta a viga com os respectivos furos que foram descritos conforme a Tabela 3, para melhor visualização da posição de cada um.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados apresentados foram registrados a fim de analisar o comportamento da tensão normal máxima próxima dos locais onde os furos foram realizados nas vigas. Precisamente, foi adotada uma linha passando pela região acima de cada furo, por meio da malha de elementos finitos, ao longo do comprimento da peça. Além disso, foi analisado o comportamento da máxima tensão de compressão e tração do concreto, com e sem furos.

As malhas de elementos finitos do aço e do concreto foram determinadas com dimensão igual a 25 mm. O valor da dimensão da malha foi definido segundo pesquisas anteriores, como Soares (2016) e Reis (2018), que apresentaram resultados satisfatórios com as malhas para esse espaçamento. A Tabela 4 mostra o número de elementos e nós gerados em cada uma das vigas simuladas no ANSYS. Devido a malha de elementos finitos se adaptar a cada geometria utilizada, ocorrem diferenças nos números de elementos e nós entre as vigas analisadas.

Após modeladas as vigas, foi possível obter as variações das tensões do concreto, obtidos a cada 0,0854 m do comprimento da peça, comparando a VP com as demais vigas simuladas, evidenciadas Tabela A e B, anexo. Os valores foram obtidos utilizando a mesma linha de tensão, passando próximo a região superior do furo. Posteriormente o gráfico das variações de tensões entre os casos foi elaborado, conforme Gráfico 1 e 2.

Tabela 4 – Número de elementos e nós gerados

	Número de Nós	Número de Elementos
VP	57386	50004
Viga 1A	57400	49939
Viga 2A	56700	49224
Viga 3A	56266	48886
Viga 1B	57358	49913
Viga 2B	56014	48574
Viga 3B	56070	48652

Fonte: Autoras (2022).

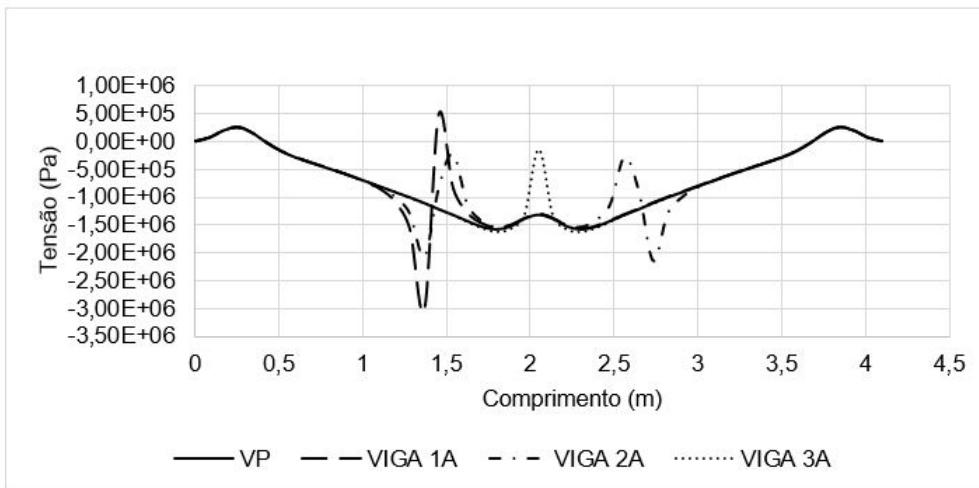
Alterações da Viga 1A e 1B com relação à VP

O furo inserido na Viga 1A segue as recomendações da norma, pois atende ao critério mínimo de distanciamento de 500 mm e 2h (1120mm) dos apoios. No entanto, o furo da Viga 1B não atende as especificações da norma, devido sua distância do apoio 1 ser de 400 mm. O fato de o furo ser próximo do apoio é uma situação crítica, pois este pode comprometer o funcionamento pleno do suporte da estrutura. Desse modo, a melhor situação é o da Viga 1A, em comparação com a Viga 1B.

Consoante a Tabela A e B, anexo, é possível analisar que o local próximo ao furo, aplicado na Viga 1A e Viga 1B, as tensões de compressão tiveram um aumento significativo comparando com a VP.

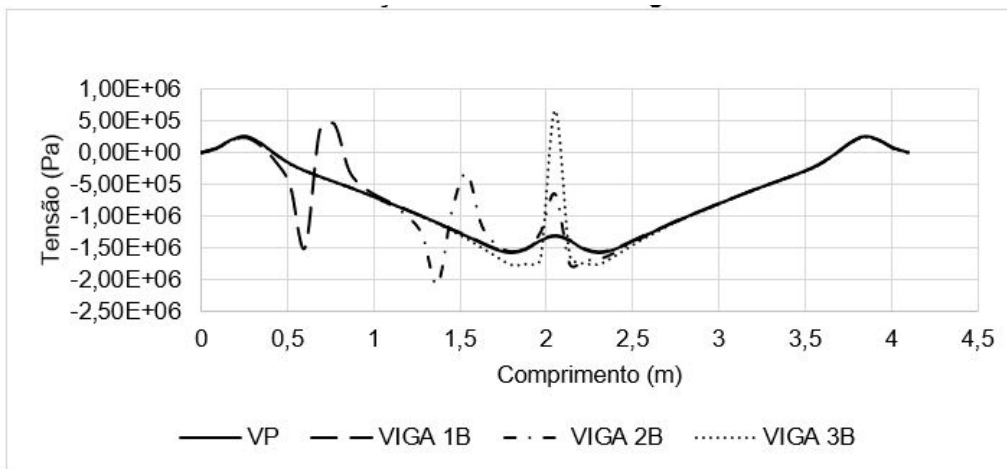
Enquanto as tensões no vão livre de VP são somente de compressão, a Viga 1A consta, próximo a região do furo, um salto da tensão de compressão de $-1,21E+06$ Pa e a Viga 1B de $-3,75E+05$ Pa, para tensão de tração de $4,70E+05$ Pa e $3,49E+05$ Pa, respectivamente. Isso ocorre devido à ausência de aço na região, causando uma perturbação nas tensões. Porém, nota-se que ao longo do comprimento da viga as diferenças entre as tensões da Viga 1A e Viga 1B em relação a VP se tornam menos significativas.

Gráfico 1 – Variações das tensões nas vigas do cenário 1.



Fonte: Autoras (2023).

Gráfico 2 – Variações das tensões nas vigas do cenário 2



Fonte: Autoras (2023).

Alterações da Viga 2A e 2B com relação à VP

A viga 2A é composta por dois furos, ambos estão distanciados a mais de $2h$ (1120 mm) dos apoios e o espaçamento entre os furos com $2h$ (1120 mm), seguindo as orientações da norma. Já a Viga 2B que também é composta por dois furos, embora os furos estejam distanciados a mais de $2h$ dos apoios, observa-se que os espaçamentos entre os furos correspondem a 560 mm, e que o mínimo sugerido pela norma é de 1120 mm.

Segundo a Tabela A e B, anexo, é possível analisar que os intervalos onde os furos estão inseridos nas Vigas 2A e 2B são compostos por uma diminuição das tensões de compressão, e que a demais regiões próximas aos furos sofrem um aumento de tensões de compressão. Ao

decorrer que se distancia das regiões onde os furos estão localizados, as diferenças das tensões de compressão tornam-se menos significativas e tendem acompanhar as tensões da VP.

Alterações da Viga 3A e 3B com relação à VP

O furo da viga 3A está no meio do vão, desse modo ele atende ao quesito da norma dos distanciamentos aos apoios e obedece a seção do furo, pois esta é de 100 mm na base e de 100 mm na altura, segundo a norma a dimensão do furo deve ser até $h/3$ (187 mm). No entanto, o furo da Viga 3B tem seção de 200 mm na base e de 100 mm na altura, não obedecendo a norma.

Consoante a Tabela A e B, anexo, é possível analisar que o local precisamente, antes e após onde o furo foi aplicado na Viga 3A e Viga 3B, as tensões de compressão não tem um impacto tão significativo comparando com a VP.

Desse modo, tem-se que as tensões de compressão que sofreram alterações próximas a região do furo não sofreram um aumento muito significativo, em contrapartida o local exato onde o furo foi inserido, houve um impacto bastante relevante para a Viga 3B e a Viga 3A, em comparação com a VP. Na região próxima do furo houve um salto da tensão de compressão de $-1,31E+06$ Pa, para $-1,39E+05$ Pa na Viga 3A, e de $-1,31E+06$ Pa, para uma tensão de tração de $6,75E+05$ Pa na Viga 3B. Essa alteração da tensão também é influenciada pelo fato de ser um local onde está a máxima tensão de deflexão da viga. Além disso, como a seção do furo da Viga 3B é maior que a da Viga 3A, resultou em uma tensão de tração na Viga 3B, que não foi evidenciada na VP.

Comparações entre as vigas

Após as simulações feitas em todos os casos analisados de furos na direção da largura da viga, é possível comparar as alterações dos resultados. Sendo assim, a Tabela 5 reúne os valores da tensão máxima de compressão e tração do concreto.

Tabela 5 – Comparação da tensão máxima entre as vigas

ID	Tensão máxima de compressão no concreto (Pa)	Tensão máxima de tração no concreto (Pa)
VP	$-1,149 \times 10^7$	$9,274 \times 10^6$
Viga 1A	$-1,733 \times 10^7$	$9,806 \times 10^6$
Viga 2A	$-1,733 \times 10^7$	$9,805 \times 10^6$
Viga 3A	$-1,755 \times 10^7$	$9,651 \times 10^6$
Viga 1B	$-1,734 \times 10^7$	$9,807 \times 10^6$
Viga 2B	$-1,759 \times 10^7$	$9,837 \times 10^6$
Viga 3B	$-1,807 \times 10^7$	$9,496 \times 10^6$

Fonte: Autoras (2022).

A partir dos resultados constados na Tabela 5, observar-se que todas as vigas com furos ultrapassaram o valor da tensão máxima de compressão e tração da viga plena. Embora todos os furos estejam localizados na mesma altura da base da estrutura, percebe-se que a posição dos furos ao longo do comprimento da estrutura, influencia o valor da máxima tensão de compressão e tração do concreto.

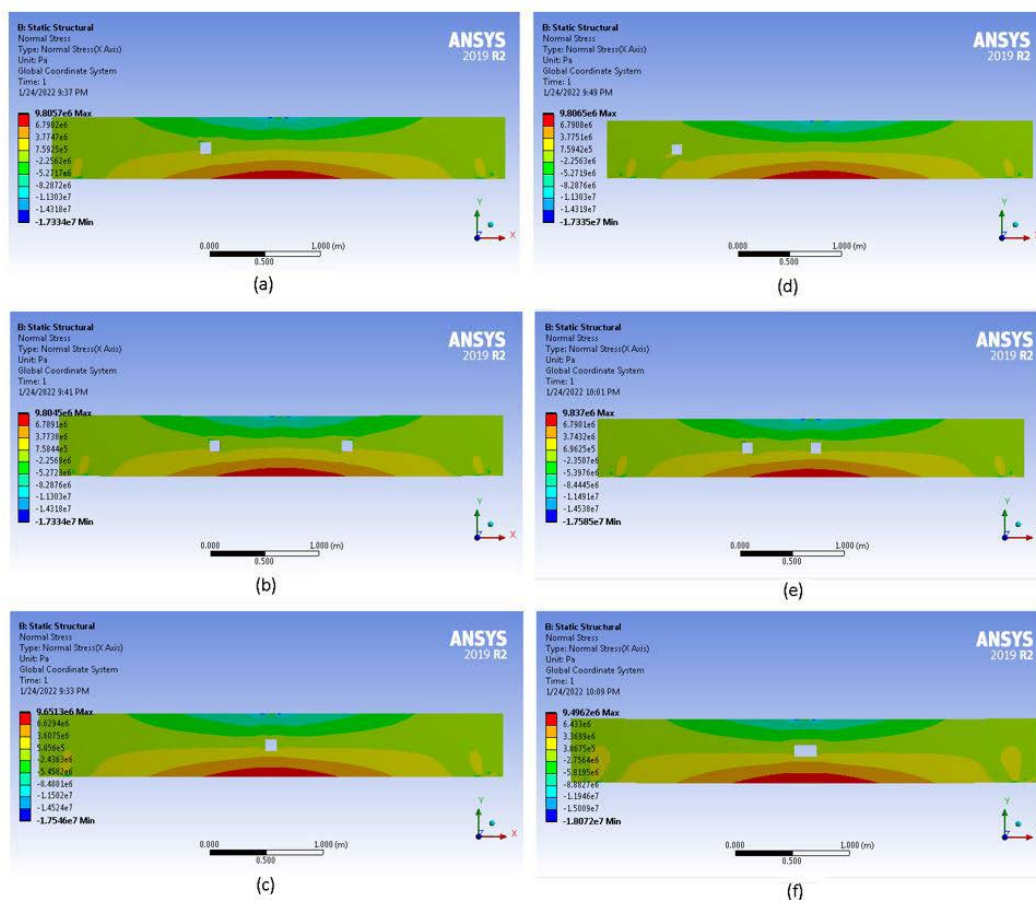
No cenário 1, a Viga 3A é destacada por apresentar a maior tensão de compressão, isso

porque o furo está localizado onde ocorre a maior tensão de deflexão da peça, logo a segunda maior tensão é requerida pela Viga 2A, pois os furos estão mais próximos do meio do vão da viga, comparando com a menor tensão encontrada na Viga 1A, que está mais distante do local da deflexão máxima da viga. Em contrapartida, a maior tensão tração do concreto foi na Viga 1A estando mais próximo do apoio 1 em relação as demais vigas, segundo a Viga 2A e por último a Viga 3A.

No cenário 2, a Viga 3B é destacada por apresentar a maior tensão de compressão, isso porque o furo está localizado onde ocorre a maior tensão de deflexão da peça, logo a segunda maior tensão é requerida pela Viga 2B, pois os furos estão mais próximos do meio do vão da viga, comparando com a menor tensão encontrada na Viga 1B, que está mais distante do local da deflexão máxima da viga. Em contrapartida, a maior tensão de tração do concreto foi na Viga 2B, devido ao distanciamento dos furos serem curtos, resultando uma concentração de acúmulo da tensão. Em segundo a Viga 1B estando muito próximo dos apoios e por fim a Viga 3B com furo no meio do vão.

Os furos do cenário 2 não foram colocados muito diferentes das recomendações da norma, no entanto o suficiente para observar que as tensões máximas de compressão e de tração foram maiores no cenário 2 (não segue as especificações norma), do que no cenário 1 (obedece às orientações da norma). Exceto na tensão de tração máxima, da Viga 3B que foi menor do que na Viga 3A.

Figura 6 – Diagrama das tensões das vigas com furos: (a) Viga 1A (b)Viga 2A (c) Viga 3A,(d) Viga 1B, (e) Viga 2B e (f) Viga 3B.



Fonte: Autoras (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre o estudo experimental de Bresler e Scordelis (1963) e do Ftool com o computacional (ANSYS) através da VP demonstram que o uso do ANSYS atende ao esperado e tem resultados satisfatórios, sendo assim possível validar a atuação da modelagem computacional para as vigas estudadas.

Após todas as análises realizadas, nota-se que as tensões próximas dos furos, encontram-se superiores as tensões em relação as registradas nas mesmas localizações da VP. Desse modo, pode-se concluir que a inserção de furos em vigas de concreto armado sem a devida verificação pode gerar problemas quanto a geração de esforços não previstos, uma vez que foram analisados furos em todas as vigas.

Percebe-se também que os esforços e as alterações entre as tensões apresentadas nas vigas com furos resultaram em tensões com pouca diferença entre elas. Portanto, deve-se mapear onde será o menor esforço, para que não gere cisalhamento na viga. Dessa forma, analisando o estudo trabalhado, almeja-se, quando possível, “deslocar” o furo, a fim de que este se distancie da maior tensão de compressão da viga, com a finalidade de gerar o menor impacto para a peça estrutural.

O maior e menor valor de tensão de compressão e tração são situações a serem destacadas. O maior valor de tensão máxima de compressão foi evidenciado na Viga 3B, justamente nela o furo está localizado no local de maior deflexão da peça. A menor valor de tensão de compressão constatou-se na viga 1A, o qual esta se distancia da deflexão máxima da viga e obedecem as recomendações da norma em relação à distância aos apoios. Em relação à máxima tensão de compressão foi destacada a Viga 2B, esta é caracterizada por dois furos próximos ao longo do comprimento da peça, resultando no acúmulo de tensões, já a menor tensão de tração foi viga 3B.

Um ponto de destaque a ser analisado é o comparativo entre a viga 3A e 3B, que estão no meio do vão, situação mais crítica por ter o momento fletor máximo. A viga 3A atende as recomendações da norma e possui a maior tensão de tração comparada a Viga 3B, que foge dessas recomendações. Assim, é importante ressaltar que ao ser feito um furo em uma viga a sua seção é alterada resultando na alteração da altura da linha neutra (y). A linha Neutra da Viga 3B é mais elevada do que a Viga 3A, o furo maior faz a linha neutra subir, e com isso reduzir o valor de y e como a tensão é diretamente proporcional à distância do eixo à extremidade, o valor da tensão é reduzido. Embora a tensão de tração máxima tenha sido menor na Viga 3B, nota-se que esta é submetida a maiores tensões próximos dos apoios, tornando sua situação mais crítica comparada a Viga 3A e as demais vigas.

Pode-se concluir, que o não planejamento de furos e aberturas em vigas afeta diretamente a tensão na estrutura, sendo necessário o cálculo de armaduras adicionais ao redor dessas regiões para que o aço trabalhe resistindo aos esforços ue anteriormente seriam resistidos pelo concreto na região de análise. Esta conclusão somente se tornou possível por meio da análise de vigas com auxílio do MEF, com isso destacando a aplicabilidade para os profissionais da área da engenharia civil.

REFERÊNCIAS

AGUSTINHO, Sérgio Ricardo. Análise da Influência de Furos Horizontais em Vigas de Concreto Armado. Universidade Do Extremo Sul Catarinense – Unesc - Curso De Engenharia Civil. Criciúma, SC, novembro de 2009.

ALBIERO, Igor. Análise da eficiência da discretização hep do método dos elementos finitos aplicados a estruturas aeroespaciais reticuladas. 2023.

ANSYS: inc. Versão 19.2. SAS IP, INC. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118:2014: Projeto de estruturas de concreto –Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ÁVILA, V. M., Compatibilização de projetos na construção civil: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. 2011. 86f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

BITENCOURT JÚNIOR, L. A. G. Desenvolvimento de uma plataforma computacional para análise via método dos elementos finitos de estrutura de concreto armado convencional e reforçado com fibras de aço. 156 f. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica. São Paulo, 2009.

BRASIL. DECRETO Nº 10.306, DE 2 DE ABRIL DE 2020. Diário da União, Brasília,DF, abril 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>>. Acesso em: 22 abril de 2023.

BRESLER, B.; SCORDELIS, A. C. Shear strenght reinforced concrete beams. ACI Journal, v. 60, n. 1, p. 51-72, 1963.

CALLEGARI, S. Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares. Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

CARVALHO, R. C. FIGUEIREDO FILHO, J. R. Concreto armado: Segundo a NBR 6118:2014. 4 ed. São Carlos: edUFSCar, 2016.

FARIAS, I. K. M. G. (2019). Influência de furos e aberturas em estruturas de concreto armado-análise de furos horizontais para passagem de tubulações em vigas convencionais.

FUSCO, P. B. Estruturas de concreto: solicitações normais. Ed. Guanabara, Dois S.A., Rio de Janeiro, 1981. Janeiro: Globo, 1987. 2v.

MANSUR, M. A. Design of reinforced concrete beams with web openings. In: Proceedings of the 6th Asia-Pacific structural engineering and construction conference (ASPEC 2006). Malaysia: Kuala Lumpur, 2006. p. 5-6.

PRATAMA, Anggi; AGUSMAN, Delvis. ANALYSIS KEKUATAN KONTRUKSI RANGKA PADA PERANCANGAN DESIGN BELT CONVEYOR MENGGUNAKAN ANSYS WORKBENCH. Sainteks: Jurnal Sain dan Teknik, v. 5, n. 1, p. 12-21, 2023.

RAMPINELLI, B. G. Simulação numérica tridimensional de vigas em concreto armado pelo método dos elementos finitos. 2018. 186 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia de

Infraestrutura) - Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018.

REIS, L. C. Análise não-linear de lajes em concreto armado com furos submetidas ao puncionamento. Dissertação, Instituto de Tecnologia – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

RODRIGUES, D. M. Avaliação de deformações em vigas de concreto armado simples utilizando o método dos elementos finitos. 2021. 111 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2021.

SOARES, L. S. Análise numérica não linear de ligações pilares laje fungiforme. Dissertação, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, 2016.

SOUZA, Marcelo de. Inclusão do meio UPML no método dos elementos finitos no domínio do tempo aplicado ao eletromagnetismo. 2008.

SOUZA, R. A. Concreto Estrutural: Análise e Dimensionamento de Elementos com Descontinuidades. 2004. 379 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SÜSSEKIND, José Carlos. Curso de concreto: concreto armado. 3.ed. Rio de Janeiro.

ANEXO

Tensões no concreto ao longo do comprimento das vigas

Tabela A – Tensões no concreto das vigas do cenário1

Comprimento (m)	Tensão (Pa)			
	VP	VIGA 1A	VIGA 2A	VIGA 3A
0	4,26E+03	4,25E+03	4,26E+03	4,26E+03
0,0854	7,08E+04	7,07E+04	7,08E+04	7,08E+04
0,1708	2,00E+05	1,99E+05	2,00E+05	2,00E+05
0,2563	2,53E+05	2,52E+05	2,53E+05	2,54E+05
0,3417	1,48E+05	1,48E+05	1,49E+05	1,49E+05
0,4271	-2,67E+04	-2,68E+04	-2,63E+04	-2,63E+04
0,5125	-1,76E+05	-1,76E+05	-1,76E+05	-1,76E+05
0,5979	-2,86E+05	-2,86E+05	-2,86E+05	-2,86E+05
0,6833	-3,75E+05	-3,75E+05	-3,74E+05	-3,75E+05
0,7688	-4,58E+05	-4,58E+05	-4,57E+05	-4,58E+05
0,8541	-5,42E+05	-5,44E+05	-5,43E+05	-5,42E+05
0,9396	-6,30E+05	-6,36E+05	-6,33E+05	-6,30E+05
1,0250	-7,21E+05	-7,43E+05	-7,30E+05	-7,21E+05
1,1104	-8,14E+05	-8,73E+05	-8,45E+05	-8,14E+05
1,1958	-9,09E+05	-1,10E+06	-1,01E+06	-9,09E+05
1,2812	-1,00E+06	-1,59E+06	-1,31E+06	-1,01E+06
1,3667	-1,10E+06	-3,03E+06	-2,08E+06	-1,11E+06
1,4521	-1,21E+06	4,70E+05	-8,46E+05	-1,21E+06
1,5375	-1,31E+06	-8,28E+05	-2,23E+05	-1,32E+06
1,6229	-1,42E+06	-1,28E+06	-1,13E+06	-1,44E+06

1,7083	-1,52E+06	-1,47E+06	-1,43E+06	-1,55E+06
1,7937	-1,57E+06	-1,55E+06	-1,54E+06	-1,62E+06
1,8792	-1,52E+06	-1,51E+06	-1,51E+06	-1,57E+06
1,9646	-1,38E+06	-1,38E+06	-1,38E+06	-1,32E+06
2,0500	-1,31E+06	-1,31E+06	-1,31E+06	-1,39E+05
2,1354	-1,38E+06	-1,38E+06	-1,38E+06	-1,34E+06
2,2208	-1,52E+06	-1,52E+06	-1,51E+06	-1,58E+06
2,3062	-1,57E+06	-1,57E+06	-1,54E+06	-1,62E+06
2,3917	-1,52E+06	-1,52E+06	-1,42E+06	-1,55E+06
Tensão (Pa)				
Comprimento (m)	VP	VIGA 1A	VIGA 2A	VIGA 3A
2,4771	-1,42E+06	-1,42E+06	-1,13E+06	-1,44E+06
2,5625	-1,31E+06	-1,31E+06	-2,83E+05	-1,32E+06
2,6479	-1,21E+06	-1,21E+06	-8,96E+05	-1,21E+06
2,7333	-1,10E+06	-1,10E+06	-2,15E+06	-1,11E+06
2,8187	-1,00E+06	-1,00E+06	-1,31E+06	-1,01E+06
2,9042	-9,09E+05	-9,08E+05	-1,01E+06	-9,09E+05
2,9896	-8,14E+05	-8,14E+05	-8,46E+05	-8,14E+05
3,075	-7,21E+05	-7,21E+05	-7,32E+05	-7,21E+05
3,1604	-6,30E+05	-6,30E+05	-6,33E+05	-6,30E+05
3,2458	-5,42E+05	-5,42E+05	-5,43E+05	-5,42E+05
3,3312	-4,58E+05	-4,57E+05	-4,58E+05	-4,57E+05
3,4167	-3,75E+05	-3,74E+05	-3,74E+05	-3,75E+05
3,5021	-2,86E+05	-2,86E+05	-2,86E+05	-2,86E+05
3,5875	-1,76E+05	-1,76E+05	-1,76E+05	-1,76E+05
3,6729	-2,67E+04	-2,59E+04	-2,62E+04	-2,59E+04
3,7583	1,48E+05	1,49E+05	1,48E+05	1,49E+05
3,8437	2,53E+05	2,54E+05	2,53E+05	2,53E+05
3,9292	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05
4,0146	7,08E+04	7,09E+04	7,08E+04	7,08E+04
4,1000	4,26E+03	4,27E+03	4,26E+03	4,26E+03

Fonte: Autoras (2023).

Tabela B – Tensões no concreto das vigas do cenário 2

Tensão (Pa)				
Comprimento (m)	VP	VIGA 1B	VIGA 2B	VIGA 3B
0	4,26E+03	4,23E+03	4,26E+03	4,26E+03
0,0854	7,08E+04	7,01E+04	7,07E+04	7,08E+04
0,1708	2,00E+05	1,97E+05	1,99E+05	2,00E+05
0,2563	2,53E+05	2,42E+05	2,52E+05	2,54E+05
0,3417	1,48E+05	1,14E+05	1,48E+05	1,48E+05
0,4271	-2,67E+04	-1,35E+05	-2,67E+04	-2,63E+04
0,5125	-1,76E+05	-5,19E+05	-1,76E+05	-1,76E+05
0,5979	-2,86E+05	-1,51E+06	-2,86E+05	-2,86E+05
0,6833	-3,75E+05	3,49E+05	-3,75E+05	-3,75E+05
0,7688	-4,58E+05	4,61E+05	-4,58E+05	-4,58E+05
0,8541	-5,42E+05	-2,78E+05	-5,43E+05	-5,42E+05

Comprimento (m)	Tensão (Pa)			
	VP	VIGA 1B	VIGA 2B	VIGA 3B
0,9396	-6,30E+05	-5,47E+05	-6,33E+05	-6,30E+05
1,0250	-7,21E+05	-6,92E+05	-7,32E+05	-7,21E+05
1,1104	-8,14E+05	-8,05E+05	-8,45E+05	-8,14E+05
1,1958	-9,09E+05	-9,06E+05	-1,01E+06	-9,09E+05
1,2812	-1,00E+06	-1,01E+06	-1,31E+06	-1,01E+06
1,3667	-1,10E+06	-1,11E+06	-2,08E+06	-1,11E+06
1,4521	-1,21E+06	-1,21E+06	-9,10E+05	-1,23E+06
1,5375	-1,31E+06	-1,31E+06	-3,27E+05	-1,35E+06
1,6229	-1,42E+06	-1,42E+06	-1,14E+06	-1,49E+06
1,7083	-1,52E+06	-1,52E+06	-1,45E+06	-1,63E+06
1,7937	-1,57E+06	-1,57E+06	-1,56E+06	-1,76E+06
1,8792	-1,52E+06	-1,52E+06	-1,52E+06	-1,75E+06
1,9646	-1,38E+06	-1,38E+06	-1,26E+06	-1,68E+06
2,0500	-1,31E+06	-1,31E+06	-6,53E+05	6,75E+05
2,1354	-1,38E+06	-1,38E+06	-1,76E+06	-1,62E+06
2,2208	-1,52E+06	-1,52E+06	-1,70E+06	-1,74E+06
2,3062	-1,57E+06	-1,57E+06	-1,68E+06	-1,75E+06
2,3917	-1,52E+06	-1,52E+06	-1,58E+06	-1,63E+06
2,4771	-1,42E+06	-1,42E+06	-1,45E+06	-1,49E+06
2,5625	-1,31E+06	-1,31E+06	-1,33E+06	-1,35E+06
2,6479	-1,21E+06	-1,21E+06	-1,21E+06	-1,23E+06
2,7333	-1,10E+06	-1,10E+06	-1,11E+06	-1,11E+06
2,8187	-1,00E+06	-1,00E+06	-1,01E+06	-1,01E+06
2,9042	-9,09E+05	-9,08E+05	-9,09E+05	-9,09E+05
2,9896	-8,14E+05	-8,14E+05	-8,14E+05	-8,14E+05
3,075	-7,21E+05	-7,21E+05	-7,21E+05	-7,21E+05
3,1604	-6,30E+05	-6,30E+05	-6,30E+05	-6,30E+05
3,2458	-5,42E+05	-5,42E+05	-5,42E+05	-5,42E+05
3,3312	-4,58E+05	-4,57E+05	-4,57E+05	-4,57E+05
3,4167	-3,75E+05	-3,74E+05	-3,76E+05	-3,74E+05
3,5021	-2,86E+05	-2,86E+05	-2,86E+05	-2,86E+05
3,5875	-1,76E+05	-1,76E+05	-1,76E+05	-1,76E+05
3,6729	-2,67E+04	-2,59E+04	-2,58E+04	-2,59E+04
3,7583	1,48E+05	1,49E+05	1,49E+05	1,49E+05
3,8437	2,53E+05	2,54E+05	2,54E+05	2,53E+05
3,9292	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05	2,00E+05
4,0146	7,08E+04	7,09E+04	7,09E+04	7,08E+04
4,1000	4,26E+03	4,27E+03	4,27E+03	4,26E+03

Fonte: Autoras (2023).



Análise de estoque em insumos agrícolas

Stock analysis of agricultural inputs

Bryan Gustavo Voigt
Bruna Pasqualotto

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.8

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é auxiliar na otimização do espaço de estocagem de adubos de uma empresa agrícola que está localizada no oeste do Paraná. Para isso, foi efetuado uma entrevista com roteiro semiestruturado com sete perguntas com responsável do setor de estoque de adubo da empresa. Para definição da quantidade e de quais adubos são necessários manter em estoque, sugeriu-se realizar uma pesquisa com os clientes para que seja possível identificar a quantidade de adubo e quais deles são utilizados no plantio e assim organizar e planejar o estoque de acordo com a demanda. Ao se planejar o estoque foi possível ter um ganho de capacidade de estocagem bem maior, evitando perdas por falta de planejamento na hora da estocagem, já que o local aonde é feito a estocagem é bem limitado. Por meio da simulação realizada no estudo foi possível identificar que capacidade de armazenagem aumentará até 9 bags de adubos se forem alocados ao lado de adubos da mesma formulação. Como limitação de pesquisa tem-se o fato de que no momento em que foi realizado a pesquisa na empresa, o barracão estava praticamente vazio, pois não era época de plantio. Sugere-se em estudos futuros uma nova pesquisa a fim de comparar se houve uma melhoria e se facilitou a organização do recebimento e expedição dos produtos, além de identificar se o aproveitamento de espaço surtiu efeito positivo, aumentando a capacidade de armazenagem, por meio da sugestão relatada neste trabalho.

Palavras-chave: estocagem. pesquisa. adubos. armazenagem.

INTRODUÇÃO

O conceito de estoque é possivelmente claro para todos. Desde o começo da história do ser humano, ele vem usando estoques de diferentes tipos de recursos, como alimentos e ferramentas, para possivelmente auxiliar para a sua sobrevivência e de seu desenvolvimento. A gestão de estoque é amplamente difundida, que está em praticamente em todo o tipo de organização, até mesmo no nosso dia a dia (GARCIA; REIS; MACHADO; FERREIRA FILHO, 2006).

Os processos de gestão de estoques precisam ser planejados para que se obtenham bons resultados. Esse planejamento é uma das principais funções no processo de gestão pelo qual analisamos o presente para podermos fazer planos para o futuro tendo em vista os objetivos já previamente estabelecidos (SILVA, 2020).

Os estoques são considerados todos os bens materiais que são mantidos dentro da empresa para poder suprir futuras demandas. O estoque pode já ser contando já como na matéria prima, produtos inacabados, produtos finalizados, materiais que irão ser ocupados ainda, embalagem para embalar os produtos, e produtos que poderão ser utilizados para futuras manutenção caso venha dar defeito em alguma maquina no processo produtivo (SILVA; MADEIRA, 2004).

A utilização de estoques é necessária para que a empresa consiga suprir o fornecimento e demanda, com isso proporcionando um ambiente mais seguro já que ele é bem amplo e inseguro (ANTONIO; CASTRO; ABENSUR, 2016).

O Brasil é responsável por cerca de 8% do consumo global de fertilizantes, ele está em quarto maior país do mundo em consumo de fertilizantes, perdendo apenas para China, Índia e Estados Unidos. A velocidade que está ocorrendo esse crescimento tem superado o crescimento da oferta nacional e o atendimento de demanda foi atendida por um aumento da importação.

O país deixou de ser exportador de fertilizantes para ser grande importador entre 1992 e 2020, (ALMEIDA; VOLOTÃO, 2020).

Diante disso, o objetivo desta pesquisa é auxiliar na otimização do espaço de estocagem de adubos de uma empresa agrícola que está localizada no oeste do Paraná.

Este trabalho está estruturado nas seguintes seções: nesta primeira seção tem-se a introdução, contextualizando o assunto e é apresentado o objetivo da pesquisa. Na segunda seção, apresenta-se o referencial teórico explanando sobre os principais tipos de estoques e os tipos de entradas e saídas de estoques. Na terceira etapa, relata-se a metodologia para o desenvolvimento da pesquisa. Na quarta é feito a apresentação e discussão dos resultados obtidos através do questionário que foi aplicado ao responsável do estoque. Na quinta seção, tem-se a conclusão, as limitações e as sugestões para estudos futuros.

REFERENCIAL TEÓRICO

No ambiente empresarial cada vez mais é dada importância ao conceito de planejar a quantidade ideal de estoque, pois se a empresa trabalha com um estoque muito baixo podem levar a empresa a ter uma grande perda na economia por falta de produtos, e se a empresa trabalhar com um estoque muito alto ela também poderá estar sendo prejudicada pois os custos poderão ser muito altos (GARCIA; REIS; MACHADO; FERREIRA FILHO, 2006).

Segundo Pacheco, Marteletti e Silveira (2020), em casos particulares de empresas que não fabricam produtos internamente que somente distribuem os produtos para os clientes, a quantidade de produto em estoque é essencial para garantir a comercialização dos produtos no mercado.

Tipos de estoques

Atualmente tem diversos tipos de estoques que os comércios podem trabalhar, para saber qual tipo de estoque se adequa melhor ao seu comércio, os principais estoques que se trabalha hoje nos comércios são: estoque sazonal ou de antecipação, estoque consignado, estoque de contingência, estoque inativo, estoque médio, estoque máximo. Esses tipos de estoques serão explicados cada um deles nos próximos tópicos.

Estoque Sazonal ou de Antecipação

O estoque sazonal é um conjunto de mercadorias ou produtos que é focalizada para uma demanda que está fora do padrão, como por exemplo: dia dos pais, dia das mães, natal, páscoa, etc. (TOSHI, 2017).

Estoque Consignado

Esse tipo de estoque é abastecido por fornecedores que geralmente produzem aquele determinado produto, esse tipo de estoque permanece com o fornecedor, depois no futuro irá disponibilizar para o cliente final (COELHO, 2021).

Estoque de Contingência

Esse estoque ele serve para cobrir possíveis potenciais de falhas no estoque, com isso evitando que o cliente fique esperando pelo produto desejado. Esse estoque é geralmente utilizado em períodos de maior venda daquele determinado produto (BRUNA, 2016).

Estoque Inativo

É itens que não tiveram giro de estoque em determinados períodos (ADDE, 2022)

Estoque Máximo

Esse tipo de estoque é literalmente ter o máximo possível de produtos que cabem em seu estoque. Esse tipo de estoque geralmente é utilizado para empresas de grande movimentação de produtos (ESCOBAR, 2023).

Estoque Médio

Como o nome já se diz, esse tipo de estoque a empresa faz com uma base de tempo (dia, mês ou ano) e faz a divisão para conseguir ter uma base e ter uma média de quanto de estoque a empresa irá ter (ESCOBAR, 2023).

Tipos de recebimentos e saídas de produtos

Método PEPS (Primeiro a Entrar e Primeiro a Sair)

O método PEPS estabelece que os itens de estoques que entrou por primeiro, será o primeiro a sair ou o primeiro a vender, porém o estoque que vai ser mantido terá um custo maior e os que foram vendidos tendo um valor menor (GALLEGOS; CASTELLANOS; QUINTEROS; SOTO, 2018).

Método UEPS (Último a Entrar e Primeiro a Sair)

O método das UEPs tem como objetivo principal de ter uma unificação da produção para poder simplificar os processos de controle de gestão de estoques. Esse método foi desenvolvido com o intuito de solucionar problemas de apropriação dos custos de transformação de empresa multiprodutoras (VALENTIM, 2013).

METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi a pesquisa qualitativa. As pesquisas qualitativas se preocupam com os níveis de realidade que não pode ser quantificado, esse tipo de pesquisa trabalha valores, atitudes e motivações (VERNAGLIA, 2023).

Para isso foi utilizado a técnica de estudo de caso único em uma empresa do ramo agrícola do Oeste do Paraná. Estudo de caso é a estratégia de pesquisa científica que analisa algum fenômeno atual em seu contexto real e as variáveis que podem influenciar. É um tipo de estudo intensivo e sistemático sobre uma instituição, indivíduo ou comunidade que permitem examinar

os fenômenos complexos (MENEZES, 2023).

Foi efetuado uma entrevista com roteiro semi-estruturado com sete perguntas com o responsável do setor de estoque de adubo em maio de 2023. Essa pesquisa foi aplicada para ver como estava sendo realizada a estocagem desses adubos, para ter uma base do que poderá ser melhorado objetivando ter um melhor aproveitamento do espaço, já que ele é limitado pela quantidade de adubo que é estocado no local.

A empresa em que foi realizada a pesquisa concedeu a autorização do uso de imagens para a elaboração da pesquisa e levantamento de dados.

No Quadro 1 apresenta-se a dimensão da pesquisa, por meio das perguntas da entrevista.

Quadro 1 – Dimensão da pesquisa.

1. A empresa mantém um estoque mais elevado, ou mantém um estoque mais reduzido?
2. Quais são as vantagens que contribuem em poder deixar os adubos mais tempo estocados?
3. Como é feita a organização dentro do barracão aonde é estocado esses adubos?
4. Como funciona o sistema de lote dos adubos que são recebidos?
5. Qual a estratégia utilizada para a escolha da quantidade e tipo de adubo manter em estoque?
6. Como que funciona o carregamento de adubo para os produtores rurais?
7. Porque foi escolhido esse local do barracão para deixar estocado os tratos animais?

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A análise dos dados foi realizada por meio da análise de conteúdo. Segundo Bardin (1977), a análise de conteúdo é a manipulação das mensagens e evidenciar os resultados obtidos, que irá permitir fazer uma outra análise diferente do que se obteve na pesquisa.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A empresa que está localizada no oeste do Paraná, é uma empresa do ramo agrícola que trabalha com recebimentos de milho, soja, trigo e mandioca. A empresa também vende insumos agrícolas como: agrotóxicos, adubos e sementes. E também possui uma pequena quantia de vendas para tratos animais.

Outros produtos que a empresa disponibiliza é insumos agrícolas como adubos, sementes e defensivos agrícolas, sendo que na parte de adubo possui grande dificuldade em calcular a quantia de estoque que precisa manter na empresa, para que consiga atender prontamente seus clientes e também não ficar com estoque parado.

Para essa dificuldade sugere-se realizar uma pesquisa com os clientes para que seja possível identificar a quantidade de adubo utilizada no plantio e assim organizar e planejar o estoque de acordo com a demanda.

Nos dias de hoje há grandes variabilidades de adubos nos mercados, com isso é bom ter uma ótima organização em seus estoques, pois se tiver uma grande desorganização no estoque irá ter uma grande perda na capacidade de estocagem do local.

Na empresa em questão além da dificuldade em relação a determinação da quantidade

de produtos em estoque, outro obstáculo encontrado que foi mencionado pelo entrevistado é quais insumos agrícolas obter em estoque para atender as demandas dos produtores rurais, pois varia muito a demanda dos produtos dentro da empresa. De acordo com o entrevistado a empresa acaba tendo um estoque maior de produtos devido essa variação de demanda por parte dos produtores.

“Nosso estoque acaba sendo grande devido a essa variação de demanda, mas como os adubos tem um prazo de validade maior e podem ficar mais tempo armazenado, isso muitas vezes facilita se caso apareça uma demanda não programada desses produtos de última hora” (ENTREVISTADO).

Os produtos que possuem maior saída do que os outros, são mantidos um estoque em grande quantidade, pois se caso o cliente precisar do produto ele não precisará aguardar até o próximo dia, pois produtos que não estão em estoque só é recebido no dia seguinte que for solicitado o produto.

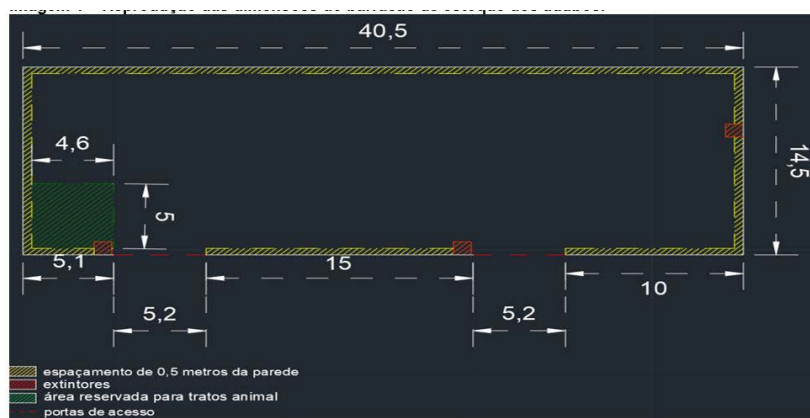
Outro dado identificado por meio da pesquisa é a dificuldade de organizar os estoques, pois segundo o entrevistado os adubos vêm sempre por lotes.

“Cada carga de adubo é um tipo de lote da mesma formulação de adubo, se não for separado corretamente esses lotes, na hora que será efetuado o carregamento irá ter uma perda de tempo para poder gerar as ordens de carregamentos e até mesmo a nota fiscal” (ENTREVISTADO).

Dos tipos de estoque apresentados no capítulo 2, a empresa em questão utiliza os seguintes estoques: estoque inativo, estoque de contingência e estoque sazonal, na armazenagem dos adubos.

A empresa tem bastante dificuldade para conseguir guardar todo o seu estoque de adubo que será utilizado no plantio, pois o barracão em que é estocado os adubos não tem uma área grande. Apesar do barracão não ser tão grande também tem outras limitações, que são os extintores, área já reservada para tratamentos de animais e também o afastamento de 0,5 metros da parede, conforme mostrado na Imagem 1.

Imagem 1 – Reprodução das dimensões do barracão de estoque dos adubos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O espaçamento de 0,5 metros que está em amarelo que contorna o barracão é obrigatório para uma circulação de ar, e também em caso de incêndio possui uma acessibilidade melhor para combatê-lo.

Uma das maiores dificuldades para conseguir armazenar os adubos, é que os extintores

têm que estar sempre a amostra, não podendo colocar nada em frente, como por exemplo o extintor que está na parede de 14,5 metros sempre deve de estar visível, deixando um corredor de acesso do centro do barracão até o extintor.

Outra limitação que possui no estoque é a área reservada para o trato animal, como está demonstrado na imagem acima, esse local já está definido pois já fica logo na entrada da entrada principal do barracão.

“Esse local foi escolhido pois são produtos que entregamos em pequenas quantidades, com isso agilizando a entrega” (ENTREVISTADO).

Diante da entrevista, pode-se identificar que os adubos estão sendo estocados de forma desorganizada e não estão sendo separados corretamente. Os adubos têm uma grande diversidade de fórmulas para isso, é preciso ter um planejamento de como deverá ser estocado, pois alguns possuem saída maior do que outros e se não for feito um bom planejamento, haverá perda de capacidade de estocagem desses produtos.

Na Imagem 2 tem-se a reprodução de como está disposto os adubos no estoque atualmente.

Imagem 2 – Disposição do estoque de adubos atualmente.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Como mostrado na Imagem 2, identificou-se que o adubo Mosaic 4-24-12 está ao lado do adubo Mosaic 2-20-18, sendo que o adubo Mosaic 2-20-18 possui uma saída maior do que o 4-24-12.

Sugere-se que para os adubos com maior saída deve-se deixar uma área maior já pré-reservada para o recebimento, só tomando cuidado para não misturar os lotes dos produtos.

Na Imagem 3, tem-se uma foto real de como está disposto os adubos no estoque.

Imagem 3 – Foto dos adubos no estoque atualmente.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na Imagem 3, pode-se notar o espaçamento que se perde ao colocar adubos de formulação diferente juntos, pois não é possível colocar um próximo ao outro, devido à dificuldade que a empilhadeira teria ao acessar os pallets de bags de adubos, que precisam ter um espaço entre um e outro para que não se misturem.

Como sugestão para essa questão, o adubo de menor quantidade deverá ser realocado em outro espaço do barracão, pois quando chegar mais adubo da fórmula 2-20-18 que está em maior quantia na Imagem, será possível alocar próximo ao estoque já existente, ganhando um espaço a mais no armazém.

O local que onde irá ser colocado esses bags de menor quantia foi simulado e pode ser visto na Imagem 4.

Imagem 4 – Sugestão de realocação dos adubos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Com essa simulação de organização dos adubos, colocando as fórmulas diferentes em locais separados, será obtido um ganho de estocagem de 9 bags a mais por cada carga de adu-

bos que chegar da mesma fórmula, pois não irá precisar espaçamento entre as cargas de adubos, como é deixado atualmente. Para saber a área aproximada que se deve deixar reservado sugere-se ter acesso a um extrato de pré-vendas dos adubos para ter uma melhor organização.

Segundo Andav (2017) deve ser feito a armazenagem de produtos de forma planejada, requer um esforço a mais, para uma melhor manutenção do estoque de acordo com o plano. Com tudo isso pode-se trazer grandes benefícios, se o plano de conformidade com as necessidades logística poderá ser mantido em qualquer situação, incluindo até mesmo os picos das safras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi auxiliar na otimização do espaço de estocagem de adubos de uma empresa agrícola que está localizada no oeste do Paraná.

Por meio da entrevista foi possível identificar várias dificuldades relatadas pelo responsável do setor de estoque. Uma delas é em relação a definição da quantidade e de quais produtos manter em estoque, para que não haja perdas, mas também para que seja possível atender o cliente a pronta entrega. Para essa dificuldade sugeriu-se realizar uma pesquisa com os clientes para que seja possível identificar a quantidade de adubo e quais deles são utilizados no plantio e assim organizar e planejar o estoque de acordo com a demanda.

Outra dificuldade está relacionada a armazenagem de todo o seu estoque de adubo que será utilizado no plantio, pois o barracão em que é estocado os adubos não tem uma área grande.

Ao se planejar o estoque foi possível ter um ganho de capacidade de estocagem bem maior, evitando perdas por falta de planejamento na hora da estocagem, já que o local aonde é feito a estocagem é bem limitado.

Com o método de organizar os adubos colocando as formulações iguais no mesmo local ficará mais fácil a identificação do tipo de adubo e seu respectivo lote. Além disso, por meio da simulação realizada no estudo foi possível identificar que a capacidade de armazenagem aumentará até 9 bags de adubos por cada carga que chegar da mesma fórmula.

Como limitação de pesquisa tem-se o fato de que no momento em que foi realizado a pesquisa na empresa, o barracão estava praticamente vazio, pois não era época de plantio, mas por meio da entrevista com o responsável de estoque foi obtido os resultados demonstrados e identificado que o principal obstáculo é a dificuldade de armazenagem dos adubos por conta de falta de espaço.

Sugere-se em estudos futuros uma nova pesquisa a fim de comparar se houve uma melhoria e se facilitou a organização do recebimento e expedição dos produtos, além de identificar se o aproveitamento de espaço surtiu efeito positivo, aumentando a capacidade de armazenagem, por meio da sugestão relatada neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ADDE, Talitha. 12 tipos de estoque para fazer a gestão de mercadorias. 2022. Disponível em: <https://www.mandae.com.br/blog/tipos-de-estoque-qual-e-o-melhor-para-a-sua-empresa/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

ALMEIDA, Julia Pera de; VOLOTÃO, Romilson de Almeida. PRODUÇÃO NACIONAL DE FERTILIZANTES. Desenvolvimento Econômico, Santa Catarina, v. 10, n. 1, p. 3-3, 2 jul. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf. Acesso em: 07 jun. 2023.

ANDAV. MANUAL DE ARMAZENAMENTO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E MEDICAMENTOS VETERINÁRIOS. Campinas: Andav, 2017. 54 f. 1 v. Disponível em: https://www.andav.com.br/wp-content/uploads/2015/11/manual_DIGITAL_armazenamento_ANDAV_2017.pdf. Acesso em: 08 jun. 2023.

ANTONIO, Caroline Sequeira Paiva; CASTRO, Danielly Ribeiro; ABENSUR, Eder Oliveira. Gestão de Estoques: Um estudo de caso da indústria de pneumáticos. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), v. 36, 2016.

BARDIM, Laurence. Análise de Conteúdo. LISBOA EDIÇÕES, 1977. n. 70, p. 46-46.

BRUNA. Tipo de Estoque: conheça os principais e como gerenciá-los. conheça os principais e como gerenciá-los. 2016. Disponível em: <https://blog.sigecloud.com.br/tipo-de-estoque-principais/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

COELHO, Camila. Entenda o que é estoque consignado e como ele funciona. 2021. Disponível em: <https://www.iset.com.br/blog/entenda-o-que-e-estoque-consignado-e-como-ele-funciona/#:~:text=O%20estoque%20consignado%20%C3%A9%20abastecido,a%20aquisi%C3%A7%C3%A3o%20do%20cliente%20final..> Acesso em: 17 nov. 2022.

ESCOBAR, Pedro Henrique. Tipos de estoque: conheça os 14 principais tipos e qual o melhor. 2023. Disponível em: [https://blog.egestor.com.br/tipos-de-estoque/#:~:text=Quais%20s%C3%A3o%20os%204%20tipos,tr%C3%A2nsito%3B%204\)%20Estoque%20sazonal..](https://blog.egestor.com.br/tipos-de-estoque/#:~:text=Quais%20s%C3%A3o%20os%204%20tipos,tr%C3%A2nsito%3B%204)%20Estoque%20sazonal..) Acesso em: 01 jun. 2023.

GALLEGOS, Daniel Salas; CASTELLANOS, Alejandro Martinez; QUINTEROS, Maria Marcela Solis; SOTO, Karina Cecilia Arredondo. Control de inventarios implementando el método PEPS a través del Kaizen. Investigación Básica y Aplicada, Baja California, v. 6, n. 12, p. 3-3, jan. 2018. Disponível em: <http://fcqi.tij.uabc.mx/usuarios/revistaaristas/numeros/N12/articulos/244-248.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2023.

GARCIA, Eduardo Saggiore; REIS, Leticia Mattos Tavares Valente dos; MACHADO, Leonardo Rodrigues; FERREIRA FILHO, Virgílio José Martins. Gestão de estoque: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos. Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais, 2006. 144 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=AvfRM51NLcQC&oi=fnd&pg=PA3&dq=o+que+%C3%A9+estoque%3F&ots=ZZdlCXOHq&sig=R_d72eZq461zXyjf-6rcCjL3aYQ#v=onepage&q=o%20que%20%C3%A9%20estoque%3F&f=false. Acesso em: 16 nov. 2022.

MENEZES, Pedro. Estudo de Caso. 2023. Disponível em: <https://www.significados.com.br/estudo-de-caso/>. Acesso em: 05 jun. 2023

PACHECO, Diego Augusto de Jesús; MARTELETTI, Carina; SILVEIRA, Renata Matos da. Desafios para a gestão de estoques em empresas de distribuição de bens de consumo. 2020. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v17n1/1794-4449-rlsi-17-01-371.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022

SILVA, Kátia Beatriz Amaral da; MADEIRA, Geová José. GESTÃO DE ESTOQUES E LUCRO DA EMPRESA. 2004. Disponível em: <https://anaiscbc.abcustos.org.br/anais/article/view/2402/2402>. Acesso em: 16 nov. 2022.

SILVA, Bráulio Wilker. Gestão de estoque: planejamento agregado e estratégias para lidar com a demanda. In: SILVA, Bráulio Wilker. Gestão de estoque: planejamento, execução e controle. 2. ed. João Monlevade: Bws Consultoria, 2020. Cap. 5. p. 103-103. (4779468). Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EUe_DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA103&dq=gest%C3%A3o+de+estoques&ots=oRzBdktaEB&sig=ycjvs5JHpQj2V7CDoAap0hNsDtM#v=onepage&q=gest%C3%A3o%20de%20estoques&f=false. Acesso em: 06 jun. 2023.

TOSHI, Roger. Estoque sazonal: qual a melhor forma de fazer a gestão? 2017. Disponível em: <https://sgsistemas.com.br/estoque-sazonal-melhor-forma-gestao/#:~:text=Mas%2C%20afinal%2C%20qual%20a%20defini%C3%A7%C3%A3o,in%C3%ADcio%20e%20fim%20de%20ano..> Acesso em: 17 nov. 2022.

VALENTIM, Thiago Leal Sümmchen. Proposta de sistmática de aplicação do método das UEPs: estudo de caso em empresa de produção sob encomenda. estudo de caso em empresa de produção sob encomenda. 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/97387/000920359.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 jun. 2023.

VERNAGLIA, Taís Veronica C. PESQUISA QUALITATIVA. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/581071/4/Pesquisa%20Qualitativa.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2023.



Cronoanálise em processos da sala de miúdos em abatedouro avícola

Chronoanalysis in processes in the offals rooms in a poultry slaughterhouse

Juliano Scheuer

Acadêmico de Engenharia de produção da Faculdade ISEPE/RONDON

Jeferson Carlos Carvalho

Professor Orientador da Faculdade ISEPE/RONDON

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.9

RESUMO

Este estudo traz a análise de um recorte de uma coleta de dados dentro de um abatedouro de aves na região de Marechal Candido Rondon - Paraná, onde foi notada uma dificuldade em mensurar se o desempenho dos colaboradores ativos e registrados era suficiente para o cumprimento das atividades produtivas de forma otimizada. Sendo assim, o objetivo é determinar se o processo produtivo atual se encontra otimizado com a quantidade de funcionários atual. Para isso, foi aplicado a cronoanálise, fazendo o cruzamento de tempo utilizado para atingir o peso pré-determinado em cada um dos processos produtivos. Com os valores obtidos pelo processo de cronometragem foram obtidos valores como média, desvio padrão, fadiga, entre outros, e a partir disso foi possível entender de forma matemática o quanto o processo encontra-se otimizado dentro das condições presentes no momento da coleta. Os resultados apontam para um desempenho satisfatório e alinhado com a carga exigida pela capacidade de produção da planta, estando, assim, otimizado.

Palavras-chave: análise. processo produtivo.

ABSTRACT

This study brings the analysis of a data collection clipping inside a poultry slaughterhouse in the region of Marechal Candido Rondon - Paraná, where it was noted a difficulty in measuring whether the performance of active and registered employees was sufficient for the fulfillment of activities productive in an optimal way. Therefore, the objective is to determine whether the current production process is optimized with the current number of employees. For this, chronoanalysis was applied, crossing the time used to reach the predetermined weight in each of the production processes. With the values obtained by the timing process, values such as average, standard deviation, fatigue, among others, were obtained, and from this it was possible to understand mathematically how much the process is optimized within the conditions present at the time of collection. The results point to a satisfactory performance aligned with the load required by the plant's production capacity, thus being optimized.

Keywords: analysis. productive process.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que o Brasil é um país com grande importância no cenário de exportações mundiais de produtos alimentícios, desde 2014 órgãos como a OECD e a FAO previam o aumento na parcela de envio de produtos derivados de cana de açúcar e carnes (FREITAS, 2020). Dentro desse cenário, quando se analisam os valores arrecadados em exportações pelo país no ano de 2020 que foram de US \$209,921 bilhões o que coloca o Brasil na 25ª posição entre os exportadores mundiais de bens (PORTAL DA INDUSTRIA, 2023).

Hoje o Brasil é campeão em exportação de soja, petróleo, minério de ferro, celulose, milho, café e carnes bovina e de frango. Sendo o frango o 7º produto na lista de exportação, contribuindo com mais de quatro mil toneladas; quando falamos desses produtos tratamos de carnes de aves e suas miudezas comestíveis, frescas, refrigeradas ou congeladas. Assim, esse produto

tem grande destaque na balança comercial do agronegócio nacional (PORTAL DA INDUSTRIA, 2023)

Dentro desse posicionamento de grande produtor e exportador de frangos, nota-se que a relação entre produção, consumo interno e envio para exportação, entre os anos de 2010 e 2020, mantiveram-se proporcionalidades muito semelhantes, enquanto a quantidade de produção aumentou entre 10 e 13% ao longo da década. Assim, nota-se um crescimento do consumo da carne de frango, aumentando a necessidade de produtos para a exportação e isso colabora para o aumento da cadeia produtiva de frangos (ABPA, 2021)

Sabendo que desde 2004 o Brasil é o líder de exportação do produto, representando no ano de 2022 35% do cenário mundial de frango in natura (resfriado e congelado). No ano de 2021 o país produziu 14,3 milhões de toneladas de carne de frango, e exportou 31% deste total, gerando uma receita de US \$7,6 bilhões. De janeiro a julho de 2022, foram produzidas 2,8 milhões de toneladas de carne de frango exportadas, o que gerou uma receita de US \$5,6 valor este 33,3% maior do que o registrado no mesmo período do ano anterior (FREITAS, 2020).

Dentro deste cenário destaca-se o estado do Paraná, que hoje é o maior produtor de frangos do país, que produziu mais de um terço de toda a produção nacional de 6 bilhões de galináceos no ano de 2022. Do mesmo modo encontra-se a região oeste do estado que colabora com ao menos $\frac{1}{3}$ do total produzido, ainda em 2020 esta região teve um plantel estimado de 7,5 milhões de aves.

Nessa condição vale analisar a constante expansão da produção que possui grande representatividade no PIB estadual. Na última década o estado teve um incremento de mais de 50% no abate de frangos, saltando de cerca de 1,3 bilhões em 2010 para quase 2 bilhões de frangos em 2020, valor 13% superior ao registrado no ano de 2015. O estado do Paraná é o líder nacional na produção e abate de frangos, de acordo com dados comparativos divulgados pelo governo paranaense, o estado é responsável por 27% de toda a produção nacional. O gráfico abaixo retrata a evolução da produção e das exportações do estado nos últimos 5 anos, que também passaram por uma evolução significativa de cerca de 12% no período de 5 anos (PARANÁ, 2023).

Os principais destinos de exportação da carne de frango são a China e os Emirados Árabes Unidos. Onde cerca de 70% dessas exportações são cortes, como peito, coxas e sobrecoxas e até pés e asas, vendidos para a China a preço superior à de partes mais nobres, como o peito. Embora muito exportada, a carne de frango representa mais de 60% do consumo de carnes do país, o que agrega ainda valor à produção deste animal. (PARANÁ, 2023).

Neste contexto, há uma grande geração e demanda por mão-de-obra nos complexos avícolas para a execução de atividades relacionadas a atividades como pendurar, os animais, abater, inspecionar e realizar os cortes que ainda requerem a manufatura humana, mas vale ressaltar que se tem dentro das linhas de produção máquinas que colaboram com o processo. Mesmo com o quadro de funcionários completo, as indústrias estão constantemente em busca de mais pessoas interessadas em trabalhar no setor, isso porque, as indústrias possuem o constante desejo de aumentar seus números de produção uma vez que, entendem a necessidade de mercado.

Diante da necessidade de grande produtividade, a padronização dos métodos de tra-

balho e a definição do tempo-padrão de cada atividade são fatores fundamentais para que as empresas consigam otimizar suas operações e aumentar a sua produtividade (BORTOLI, 2013). O tempo-padrão, conforme Martins e Laugeni (2000), trata da quantidade de tempo que é despendida por um trabalhador para executar uma determinada função, em ritmo normal. A partir da definição do tempo-padrão para cada atividade desenvolvida, torna-se possível identificar a capacidade de produção da linha de montagem ou mesmo de uma máquina.

Diante disso, Baraldi (2006) cita a existência de dois modos de determinação do tempo padrão. Um deles sendo a cronoanálise outro a de tempos pré-determinados. Utiliza a cronometragem para coleta das informações e chama-se cronoanálise. A outra maneira utiliza de tempos pré-determinados para os movimentos realizados durante uma operação, sendo o primeiro o mais aplicado nos dias de hoje.

O objetivo deste trabalho é apontar se, matematicamente, o desempenhar das atividades do cotidiano de uma indústria abatedouro está alinhado com a capacidade produtiva da planta

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a metodologia de cronoanálise, para otimização do processo produtivo de frangos de uma agroindústria localizada no município de Marechal Cândido do Rondon no estado do Paraná.

O processo de cronoanálise tem inúmeras aplicações dentro da indústria, e esta é uma ciência voltada para a melhoria dos processos produtivos, e foi desenvolvida inicialmente pelos trabalhos desenvolvidos por Frederick Taylor, que focou o estudo de tempos com a divisão das operações em elementos bem definidos e também na avaliação do ritmo do operador. (SASSI JUNIOR, 2012).

Esta técnica também é aplicada de forma a determinar o tempo ótimo para que o operador realize uma atividade e assim, é possível também obter o valor de produção máxima nesta linha com determinado número de operadores.

Com os valores ótimos parametrizados, é possível através de cronoanálises obter os valores dentro da linha de produção para entender se o processo está em suas melhores condições de operação. Dentro disso, e o já abordado o presente trabalho realizou a coleta de dados de uma linha de produção de aves, e através da análise desses valores obtidos, verificar se o processo se encontra em sua melhor condição de operação. E então, após análise dos resultados propor melhorias, caso os valores obtidos não se encontrem dentro dos ideais.

A coleta de dados foi realizada na linha de corte e embalagem de frangos, mais precisamente no processo produtivo de miúdos como; pés, moela, coração e fígado e também foram coletados os tempos para a rependura das aves. As medidas de tempo foram coletadas a cada intervalo necessário para atingir o valor pré-determinado para cada um dos processos a serem avaliados, na Tabela 1 apresentam-se os valores que determinavam os intervalos de medidas.

Dessa forma, com os valores devidamente coletados, e organizados, foram realizados cálculos simples de produção por hora, fadiga, capacidade produtiva diária e peso de carne produzida em um dia. Com os valores e os cálculos realizados, foi feito também um estudo campo

a fim de compreender os valores esta cooperativa pretende produzir nos próximos ciclos. Dessa forma, ao final deste trabalho será apresentada uma sugestão para otimização do processo para que assim os valores pretendidos no futuro sejam atingidos.

Tabela 1 – Valores Determinados para os processos produtivos.

Processo	Peso Por Embalagem	Repetições	Valor Determinado
Embalar e Pesar Pés	5kg	10	50kg
Selar Pés	5kg	10	50kg
Classificar e Embalar Moelas	0,7kg	10	7kg
Pesar Moelas	0,7kg	10	7kg
Classificar, Embalar e Pesar Corações	0,7kg	10	7kg
Classificar, Embalar e Pesar Figados	0,7kg	10	7kg
Embalar Figado PET Food	20kg	5	100kg
Rependura	-	50	50 carcaças

Fonte: O autor (2023).

Os resultados obtidos foram tabulados e submetidos a análise de desvio padrão com o auxílio do software Excel, e após realizado análise descritiva dos resultados.

RESULTADOS

Dessa forma, com os métodos apresentados na sessão anterior foram obtidos os resultados a partir da cronometria simples para os processos listados na Tabela 1. Os valores obtidos estão presentes nos Anexos A à H

Para melhor análise dos dados coletados foram retirados das amostras os valores de máximo e mínimo de cada uma delas e também foram calculados os desvios padrões de cada um dos processos afim, de matematicamente entender o quanto o processo se encontra dentro de uma condição otimizada. Os valores de desvio padrão estão apresentados na Tabela 2, nota-se os processos analisados encontram-se dentro da otimização, uma vez que os valores coletados estão ao menos 80% dentro da soma de média de tempo mais desvio padrão, o que estatisticamente demonstra um equilíbrio dentro dos processos produtivos industriais em geral.

Tabela 2 – Resultados obtidos a partir dos dados presentes nos Anexos A-H.

Processo	Emblar e pesar pés	Selar pés	Classificar e embalar moela	Pesar moela	Classificar, embalar e pesar coração	Classificar, embalar e pesar figado	Figado PET	Rependura
Média de tempo (M) (s)	420,8	188,9	20,7	176,3	255,2	286,4	385,5	140,7
Valor máximo de tempo (s)	721	250	366	304	427	489	740	183
Valor mínimo de tempo (s)	240	130	95	109	161	166	139	116
Desvio padrão (Dp)	132,6	34,4	72,5	53,1	64,4	84,0	169,7	19,9
Valores dentro de (M ± Dp)	85%	80%	85%	80%	85%	90%	82%	89%
Valores dentro de (M ± 2 Dp)	95%	100%	100%	95%	95%	90%	91%	89%

Fonte: O autor (2023).

Assim, após o estudo de campo descobriu-se que a indústria no mês de agosto de 2023 irá aumentar sua produção para 185 mil aves ao dia, o que resulta em cerca de 463 mil quilos de frango (considerando que uma ave pesa cerca de 2,5 Kg quando abatida), e junto disso vai aumentar o período de abate adicionando ao regime de trabalho os finais de semana. Para isso a indústria que hoje conta com um total de 2.100 funcionários pretende abrir 400 novas vagas

de trabalho. Dessa forma, entende-se que a indústria que hoje tem seus processos produtivos bem otimizados está com um cálculo dentro das proporções e valores que atendam essa nova demanda. Vale ressaltar que este estudo possui apenas uma pequena amostra dos valores coletados para a análise que a indústria estava realizando durante o mês outubro de 2022; assim concluímos que a indústria realizou inúmeros cálculos com a amostra completa de valores o que talvez tenha se diferido em alguns pontos do obtido por esse estudo.

Além disso vale ressaltar que esta indústria ainda pretende dentro dos próximos meses aumentar o portfólio de produtos, o que colabora com este estudo quando falamos de processo otimizado uma vez que muitas indústrias apenas aumentam seus números de processos quando os demais se encontram em sua melhor condição.

Neste ponto, é de valia ressaltar que em função da complexidade e do posicionamento das máquinas e esteiras, é improvável imaginar que uma mudança de layout represente um aumento nos desempenhos individuais dos colaboradores.

Há de se considerar também que existe um rodízio das atividades, ora por exigência do departamento de ergonomia, ora por escalas de pausas. Determinados colaboradores demonstravam maior aptidão para processos específicos e, embora muito similares, os processos sofriam pequenas modificações onde se dava a necessidade de aumento de pessoas desempenhando.

Produtos como moelas, corações e fígados contam com resfriadores idênticos, mesas de tamanho similar e necessitam de uma balança ao final da linha para serem ajustado às medidas comerciais da empresa e assim serem enviados às seladoras, dentro de uma margem de peso aceitável; porém, usam-se métodos distintos de classificação e embalagem para serem pesados. Isso justifica as moelas receberem dois levantamentos de dados independentes.

O fígado PET (embalagem enviada para produção de farinha para alimentação animal) é produzida por demanda, algumas poucas unidades por dia; neste momento cessa a produção de fígado pacote de 700g. Por se tratar de uma embalagem de difícil manuseio e maior peso (20kg), a atividade passa a ser desempenhada por um colaborador do sexo masculino, que realiza desde a classificação até a selagem da embalagem, enviando para a esteira que conduz para a câmara de congelamento. Neste momento, acaba por gerar uma ociosidade entre as mulheres que faziam a classificação e pesagem dos pacotes menores, e estas passam a auxiliar e otimizar os processos nas seladoras espalhadas pela sala.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, pode-se concluir que os resultados obtidos por esse estudo estão alinhados com a indústria a qual os valores foram coletados, uma vez que ela está aumentando seu número de funcionários devido ao aumento de produção e não apenas por necessidade de adequação dos processos existentes hoje. Além disso, sabendo também que dentro do planejamento desta agroindústria está o aumento do portfólio podemos concluir que o estudo completo feito por esta indústria concluiu algo bastante similar que o exposto na sessão de resultados.

Ainda assim, pode-se levantar hipóteses de que funcionários já foram contratados para a otimização do processo, o que demonstraria que o conjunto completo de dados obteve um

resultado diferente do atingido neste artigo. Ainda assim, podemos levantar a hipótese de que a indústria tenha feito alterações na planta dos processos estudados e assim obtido melhores resultados para os processos. Por outro lado, pode-se supor que aumento do portfólio deve acontecer apenas por pressão do mercado consumidor e exportador, o que afetaria a indústria como um todo.

Dessa forma, podemos concluir que os resultados obtidos por um estudo de uma amostra de um conjunto de valores n vezes maior não assegura a confiabilidade dos resultados.

REFERÊNCIAS

ABPA, RELATÓRIO ANUAL 2022. Associação Brasileira de Proteína Animal. Disponível em <https://abpa-br.org/mercados/>. Acesso em 15 de novembro de 2022.

AVISITE, Tendência das importações mundiais de carne de frango até 2032, Estatísticas, Exportação, Mercado & Preços, Campinas, 15 de maio de 2023. Disponível em: <<https://www.avisite.com.br/tendencia-das-importacoes-mundiais-de-carne-de-frango-ate-2032/#gsc.tab=0> > Acessado em: 02 de junho de 2023

BARALDI, E.C. ERGONOMIA E ABASTECIMENTO PLANEJADO DE UMA LINHA DE MONTAGEM AUTOMOTIVA. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BORTOLI, H.W. APLICAÇÃO DA CRONOANÁLISE PARA MELHORIA DO PROCESSO DE SUPRIMENTO DA LINHA DE MONTAGEM DE UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE DO RAMO AGRÍCOLA. 2013. Dissertação (Bacharelado em Engenharia de Produção). Disponível em http://baja.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Producao/2013/Pro_Henrique.pdf. Acesso em 12 de novembro de 2022.

FREITAS, Rogério, Exportações Agropecuárias Brasileiras nos Grandes Mercados, IPEA, 24.ed., 119-130, jul-dez. 2020.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO. São Paulo: Saraiva, 2000.

IBGE: em 2022, Abate inspecionado de frango estável, mas produção de carne aumentou, Produção, Campinas, 13 de fevereiro de 2023. <Disponível em: <https://www.avisite.com.br/ibge-em-2022-abate-inspecionado-de-frango-estavel-mas-producao-de-carne-aumentou/#gsc.tab=0> > Acessado em: 02 de junho de 2023.

PARANÁ, Agência estadual de notícias, Melhor marca da história: Paraná responde por um terço da produção de frango do Brasil, Agricultura e Abastecimento, 16 de março de 2023. Disponível em: <<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Melhor-marca-da-historia-Parana-responde-por-um-terco-da-producao-de-frango-do-Brasil#:~:text=O%20Paran%C3%A1%20atingiu%20em%202022,de%206%20bilh%C3%B5es%20de%20unidades.>> Acessado em: 20 de maio de 2023.

PARANÁ, Agência estadual de notícias, Paraná liderou produção nacional de frangos em 2022; indústria de suínos também cresceu, Agricultura e Abastecimento, 15 de março de 2023. Disponível em < <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Parana-liderou-producao-nacional-de-frangos-em-2022-industria-de-suinos-tambem-cresceu> > Acessado em: 20 de maio de 2023.

PARANÁ, Secretaria de agricultura e abastecimento, Paraná atinge 2 milhões de toneladas de proteínas exportadas pela primeira vez na história, 26 de maio de 2023. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/Noticia/Parana-atinge-2-milhoes-de-toneladas-de-proteinas-exportadas-pela-primeira-vez-na-historia>> Acessado em: 02 de junho de 2023.

PECUÁRIA - Comparativo Paraná Brasil, agricultura.pr, 2021. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Pecuaria-Comparativo-Parana-Brasil>>

POR AGENCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS, Paraná é responsável por um terço da produção de frango do Brasil, Economia, Geral, Mercado Interno, 17 de março de 2023. Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/parana-e-responsavel-por-um-terco-da-producao-de-frango-do-brasil/20230317-084852-l854>> Acessado em: 27 de maio de 2023.

POR REDAÇÃO, Paraná é o maior produtor de carne de frango do país, Avicultura Industrial, Mercado, 13 de julho de 2021. Disponível em: <<https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/parana-e-o-maior-produtor-de-carne-de-frango-do-pais/20210713-084824-y613>> Acessado em: 22 de maio de 2023.

PORTAL DA INDÚSTRIA, Comercio Exterior e Exportação no Brasil, Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/exportacao-e-comercio-exterior/#principais-produtos>> Acessado em: 25 de maio de 2023.

RELATÓRIO DE PREÇOS, agricultura.pr, 2021. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/precos>> Acessado em: 02 de junho de 2023.

ESTATÍSTICAS E PREÇOS- Outubro de 2021, avisite, 2021. Disponível em: <<https://avisite.com.br/pag-noticias/informativo-estatisticas/>> Acessado em: 02 de junho de 2023.

SASSI JUNIOR, Ilson, Balanceamento de Linha: Estudo de Casado para otimização de recursos em uma linha de produção. Orientador: Prof. Msc. Márcio Becker. 2012. 49 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia de produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, 2012.

ANEXO

Anexo A – Tempos obtidos para o processo de Embalar e Pesar pés.

Peso pré determinado (Kg)	Tempo (s)
50	721
50	673
50	329
50	451
50	466
50	484
50	629
50	482
50	240
50	528
50	270
50	343
50	360
50	432
50	323
50	306
50	295
50	287
50	420
50	376

Fonte: O autor (2023)

Anexo B - Tempos obtidos para o processo de selar os pés.

Peso pré determinado (Kg)	Tempo (s)
50	174
50	167
50	240
50	235
50	170
50	199
50	140
50	181
50	240
50	250
50	141
50	160
50	198
50	196
50	130
50	153
50	197
50	203
50	214
50	189

Fonte: O autor (2023).

Anexo C – Tempos obtidos para o processo de classificar e embalar moela.

Peso pré determinado (Kg)	Tempo (s)
0,7	191
0,7	187
0,7	173
0,7	265
0,7	206
0,7	183
0,7	302
0,7	310
0,7	128
0,7	284
0,7	166
0,7	108
0,7	252
0,7	366
0,7	191
0,7	134
0,7	158
0,7	95
0,7	288
0,7	167

Fonte: O autor (2023).

Anexo D – Tempos obtidos para o processo de pesar moelas.

Peso pré determinado (Kg)	Tempo (s)
0,7	209
0,7	122
0,7	304
0,7	240
0,7	162
0,7	158
0,7	150
0,7	140
0,7	132
0,7	134
0,7	146
0,7	166
0,7	122
0,7	249
0,7	109
0,7	257
0,7	188
0,7	222
0,7	122
0,7	193

Fonte: O autor (2023).

Anexo E – Tempos obtidos para classificar embalar e pesar coração.

Peso pré determinado (Kg)	Tempo (s)
0,7	268
0,7	294
0,7	206
0,7	257
0,7	184
0,7	222
0,7	216
0,7	246
0,7	258
0,7	161
0,7	289
0,7	190
0,7	199
0,7	359
0,7	355
0,7	211
0,7	246
0,7	427
0,7	283
0,7	232

Fonte: O autor (2023).

Anexo F – Tempos obtidos para classificar embalar e pesar fígado.

Peso pré determinado (Kg)	Tempo (s)
0,7	238
0,7	326
0,7	311
0,7	240
0,7	314
0,7	489
0,7	166
0,7	281
0,7	299
0,7	200

Fonte: O autor (2023).

Anexo G – Tempos obtidos para classificar embalar e pesar fígado.

Peso pré determinado (Kg)	Tempo (s)
20	285
20	139
20	154
40	254
60	381
60	433
60	363
60	317
100	740
100	647
100	527

Fonte: O autor (2023).

Anexo H – Tempos obtidos para repondurar as cabeças de frango.

Cabeças de frango	Tempo (s)
50	148
50	131
50	128
50	116
50	183
50	160
50	148
50	128
50	124

Fonte: O autor (2023).

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, pela minha vida e por mostrar o caminho diante das dificuldades, e fez com que meus objetivos fossem alcançados; À minha família, que me incentivou em todos os momentos e compreenderam a minha ausência durante a realização deste sonho; Aos amigos, que me apoiaram incondicionalmente; Aos professores que lecionaram durante o curso transmitindo todo o conhecimento necessário para alcançarmos esta etapa, em especial ao professor Jeferson que, além de orientar este trabalho, é um bom amigo; Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente, pelo companheirismo e a troca de experiências que me permitiram crescer, dentro e fora do ambiente acadêmico; A todos da empresa LAR, pela oportunidade, e fornecimento dos dados estatísticos e materiais fundamentais para a realização deste trabalho.



Protótipo de piezômetro para o monitoramento de nível em corpos hídricos utilizando sistema remoto de baixo custo

Maxuel Bernades Donato

Mestrando no Programa de Pós-Graduação (PPEIA) em Engenharia Ambiental Profissional Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro

Luis Felipe Umbelino dos Santos

Prof. Doutor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Macaé/RJ – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Modalidade Profissional.

Tiago Gomes Barros de Carvalho

Prof. Doutor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Macaé/RJ – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Modalidade Profissional

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.10

RESUMO

O presente trabalho visa a construção de um protótipo de piezômetro com baixo custo para o monitoramento de nível em superfície freática e superficial, visando o manejo, gestão e o monitoramento de corpos hídricos e bacias hidrográficas associadas. Esse projeto propõe um conjunto de módulos e sensores através do uso da plataforma de prototipagem Arduino e seus acessórios, podendo ser compatível com a realidade dos corpos hídricos. Foi construído e testado um protótipo com sensor hidrostático (V.1.1), este apresentou resultados muito satisfatórios quando a exigência de precisão for de 1 (um) centímetro no intervalo de tempo mínimo de 3 (três) segundos, podendo ser utilizado como equipamento no monitoramento de corpos hídricos e bacias hidrográficas. Para calibração e verificação dos equipamentos utilizou-se, testes de laboratório e simulação das condições de uma bacia hidrográfica onde foram testados em um poço de inspeção com diâmetro de 100mm para medição dos níveis freáticos que possuam comunicação piezométrica com a lâmina de água subterrânea e superficial. A gestão e o monitoramento dos recursos hídricos é a ferramenta mais importante onde proporciona maior eficiência no gerenciamento e nas tomadas de decisões envoltórias de uma bacia hidrográfica.

Palavras-chave: piezômetro. monitoramento. prototipagem Arduino.

ABSTRACT

The present work aims at the construction of a low-cost piezometer prototype for the monitoring of groundwater and superficial surface levels, aiming at the handling, management and monitoring of water bodies and associated hydrographic basins. This project proposes a set of modules and sensors through the use of the Arduino prototyping platform and its accessories, which can be compatible with the reality of water bodies. A prototype with a hydrostatic sensor (V.1.1) was built and tested, which presented very satisfactory results when the precision requirement is 1 (one) centimeter in the minimum time interval of 3 (three) seconds, and can be used as equipment in the monitoring of water bodies and hydrographic basins. For calibration and verification of the equipment, laboratory tests and simulation of the conditions of a watershed were used, where they were tested in an inspection well with a diameter of 100mm to measure the water table levels that have piezometric communication with the surface and underground water layer.. The management and monitoring of water resources is the most important tool that provides greater efficiency in the management and decision-making involving a watershed.

Keywords: management. monitoring. Arduino prototyping.

INTRODUÇÃO

O regime hidrológico de uma região é de extrema importância para o planejamento dos recursos hídricos, a avaliação da disponibilidade hídrica e alternativas de abastecimento e cálculo de suas estruturas fazem parte do planejamento do seu uso. Para obter uma compreensão clara desse regime de fluxo, é importante obter informações suficientes de monitoramento hidrológico por meio de uma rede de monitoramento eficaz. A especificação dos tipos de equipamentos e a frequência das medições são questões relevantes para monitorar o projeto da rede (CASTRO, 2013).

No Brasil, no que tange aos eventos de cheias e inundações, o monitoramento de é realizado por organizações como a Agência Nacional de Águas (ANA), Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) e o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Alguns municípios também contam com um sistema próprio para monitoramento (LONDE *et al.*, 2014). As secretarias estaduais de defesa civil e de ambiente também atuam nas ações de monitoramento de processos geoambientais e desastres naturais, mas fornecem principalmente apoio aos municípios.

Contudo, a grande parte dos municípios brasileiros de médio a pequeno porte ainda carece de investimentos públicos para um bom funcionamento. Segundo Londe *et al.* (2015), vários aspectos interferem no funcionamento dos órgãos municipais de Proteção e Defesa Civil: estrutura física, como as instalações, viaturas, sistemas de comunicação, recursos; corpo profissional, incluindo qualificação adequada, treinamento, motivação e interação com outros órgãos envolvidos na prevenção e resposta aos desastres. Contudo, os órgãos carecem também de instrumentos adequados às medições de dados ambientais, como sistemas de alerta a enchentes e movimentos de massa, um conjunto de estações meteorológicas, medidores de nível em cursos d'água, lagoas e superfícies freáticas. Faltam estudos de hidrologia na área da instrumentação ambiental que sejam responsáveis pelo desenvolvimento de equipamentos de medição, transmissão, indicação, registro e controle de variáveis físicas do ambiente. Em toda a costa brasileira, em especial nas formações geomorfológicas do período terciário, como as formações de tabuleiros do grupo Barreiras e as do período quaternário, como as planícies de cordões arenosos, existem poucos trabalhos científicos sobre as medições do nível da superfície freática em ambientes mais preservados. A maior parte destes utiliza métodos analógicos de medição, como réguas ou tubos adaptados para a leitura (UMBELINO, 2008).

É comum encontrar sondagens do lençol freático, com equipamentos mais caros para serviços geotécnicos visando a coleta de dados para instalação de empreendimentos em áreas industriais. Estas informações do lençol freático, por exemplo, não estão disponíveis na literatura acadêmica ou são disponibilizadas para a sociedade. A falta de comunicação acerca dos dados de lençol freático também ocorre no setor agrícola, já que esta prática de disseminação de informações técnicas de setores produtivos não faz parte do cotidiano da sociedade brasileira.

Assim, o objeto geral deste trabalho é projetar e construir um protótipo de piezômetro para o monitoramento de nível em corpos hídricos utilizando sistema remoto de baixo custo, que possa registrar o nível fluviométrico de forma remota, tendo o arduíno como tecnologia base na coleta desses dados. Especificamente, busca-se implementar o protótipo em uma estação de testes de medição de níveis d'água. As medições serão realizadas em um intervalo de tempo na escala de minutos, constantes e totalmente automatizados.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Piezômetro

O propósito de um piezômetro é determinar a pressão neutra em uma massa de solo ou rocha. Por ser uma das ferramentas de segurança de barragens mais importantes, ela vem em várias formas para que você possa escolher a mais adequada para cada situação. Entre os

principais modelos estão os piezômetros de tubo aberto, pneumáticos, hidráulicos, de resistência elétrica e cabos elétricos vibratórios (SANTOS, 2019).

A escolha do tipo de piezômetro depende de muitos fatores, como medições estáticas ou dinâmicas, a localização do instrumento em relação aos terminais de leitura, a necessidade de medir a pressão neutra negativa e a disponibilidade do instrumento no mercado. Portanto, é impossível projetar o tipo ideal de piezômetro sem conhecer os requisitos específicos do projeto (SANTOS, 2019).

Piezômetro de Tubo Aberto

Os piezômetros de tubo aberto também são chamados de piezômetros de Casagrande ou piezômetros de tubo vertical. Cruz (2004) distingue estes instrumentos dos medidores de nível de água pela sua estrutura, comprimento do trecho perfurado e extensão do trecho do furo preenchido com material de drenagem, normalmente limitado a alguns metros. Dependendo do diâmetro do furo, mais de uma ferramenta pode ser instalada em um furo. Silveira (2006) destaca como uma grande vantagem deste piezômetro, as seguintes características: resistência; sensibilidade; capacidade de realizar testes de restauração do nível de água para verificar o funcionamento e permeabilidade aproximada do solo onde o instrumento está instalado. Além disso, este piezômetro tem as vantagens de economia e fácil instalação.

Piezômetro de nível

Embora a medição de nível de líquido seja um processo muito simples na teoria, na prática requer procedimentos e técnicas avançadas. Sua complexidade varia desde simples exibição para medições locais até medições remotas com registro apropriado ou controle automático (SOARES, 2015).

Instrumentos de medição de nível de líquido medem a posição da superfície de um líquido em um ponto de referência ou em nível de água parada. A definição de nível de líquido é a altura do tanque de armazenamento de líquido ou o conteúdo do tanque de armazenamento, o que permite avaliar, monitorar e controlar o líquido para controle operacional e/ou proteção ambiental. Os três métodos básicos de medição de nível são: direto, indireto e descontínuo (SOARES, 2015).

DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO

Piezômetro de nível com Arduino

Arduino é uma plataforma de computação física de código aberto que permite que a tecnologia seja compartilhada entre diferentes partes interessadas. O Arduino pode estender sua funcionalidade usando *shields*, que são placas de circuito que, quando fixadas na parte superior do Arduino, permitem novos recursos como GPS, GSM, módulos Ethernet e muito mais (BANZI; SHILOH, 2015).

Assim, o Arduino irá ler e controlar diversos sensores e outros *shields* (módulos com funcionalidade adicional ao Arduino) conectados a ele, e após armazenar em um cartão micro-SD.

O conjunto da obra é composto não somente pela parte de hardware, mas também pelo software. Ambos em código aberto, eles podem ser modificados conforme a necessidade do usuário, basta programar usando o software do *Arduino IDE* para contar ao equipamento o que ele deve fazer. Além disso, a parte de software é desenvolvida por meio de linguagem C/C++ e tudo isso acontece em um ambiente gráfico escrito em Java. Ele ainda traz um firmware embutido e que é carregado na memória ROM da placa (MONK, 2017).

Figura 1 – Arduino



Fonte: Próprio autor (2022).

Adaptador para cartão SD

O objetivo do projeto é salvar no cartão SD, todos os dados da leitura de nível, incluindo a data e horários obtidos através do módulo RTC, a cada dez minutos. Para que isso fosse possível, foi preciso utilizar um Módulo adaptador para cartão SD, para permitir que o arduino escrevesse no Cartão SD.

Figura 2 – Módulo adaptador para cartão SD



Fonte: Modificado autor (2022).

Módulo Real Time Clock RTC

O módulo RTC foi utilizado no projeto para que se tivesse uma base da data e horários em que foram feitas as medições, O Módulo Real Time Clock RTC DS 32311 é um relógio em tempo real (RTC) que possui calendário completo e conta com 56 Bytes de SRAM. Ele é capaz de fornecer informações de hora, minutos, segundos, dia,

Figura 3 – Módulo RTC



Fonte: Modificado autor (2022).

Para o funcionamento do Módulo Real Time Clock RTC DS1307 é necessário além da alimentação da placa, uma bateria CR2032 para poder permitir que os dados fiquem armazenados mesmo com a falta de energia. Além disso, o módulo é capaz de detectar falhas de energia e conseqüentemente acionando a bateria para evitar que os dados sejam perdidos. O módulo também é capaz de ajustar automaticamente o final dos meses que possuem menos de 31 dias, faz a correção de ano bissexto e trabalha nos formatos de 12 horas e de 24 horas.

Bateria

Como o projeto precisaria ser autônomo e ficar fora de uma tomada, optamos por colocar uma bateria 12v que se adapta perfeitamente ao arduíno e ao transmissor de nível hidrostático, que também utiliza 12v para funcionar.

Figura 4 – Bateria.



Fonte: Modificado autor (2022).

A princípio, foi escolhida uma bateria de 12v 7Ah da GetPower, bateria muito utilizada em *nobreaks* e sistemas de cercas elétricas. No entanto essa bateria mostrou muitos pontos

negativos ao ser testado na prática, pois ela não pode cair ou ficar de cabeça para baixo ou deitada pois, utiliza ácido sulfúrico em sua composição. Este ácido é extremamente perigoso e corrosivo, além de apresentar riscos à saúde. Além desses fatores, ela poderia comprometer os componentes eletrônicos próximos.

Figura 5 – Bateria de lítio



Fonte: Modificado autor (2022).

Para solucionar esse problema, pesquisamos e chegamos à conclusão de que uma bateria de lítio, seria a melhor opção, por seu peso reduzido e segurança consideravelmente alta em relação a última bateria citada anteriormente. Foram feitas várias medições e foi constatado que o arduíno consome 30maH durante a leitura do nível e 18maH em standby, por isso, a bateria anterior foi substituída por uma de 12v 6,8Ah de lítio.

Sensor ultrassônico

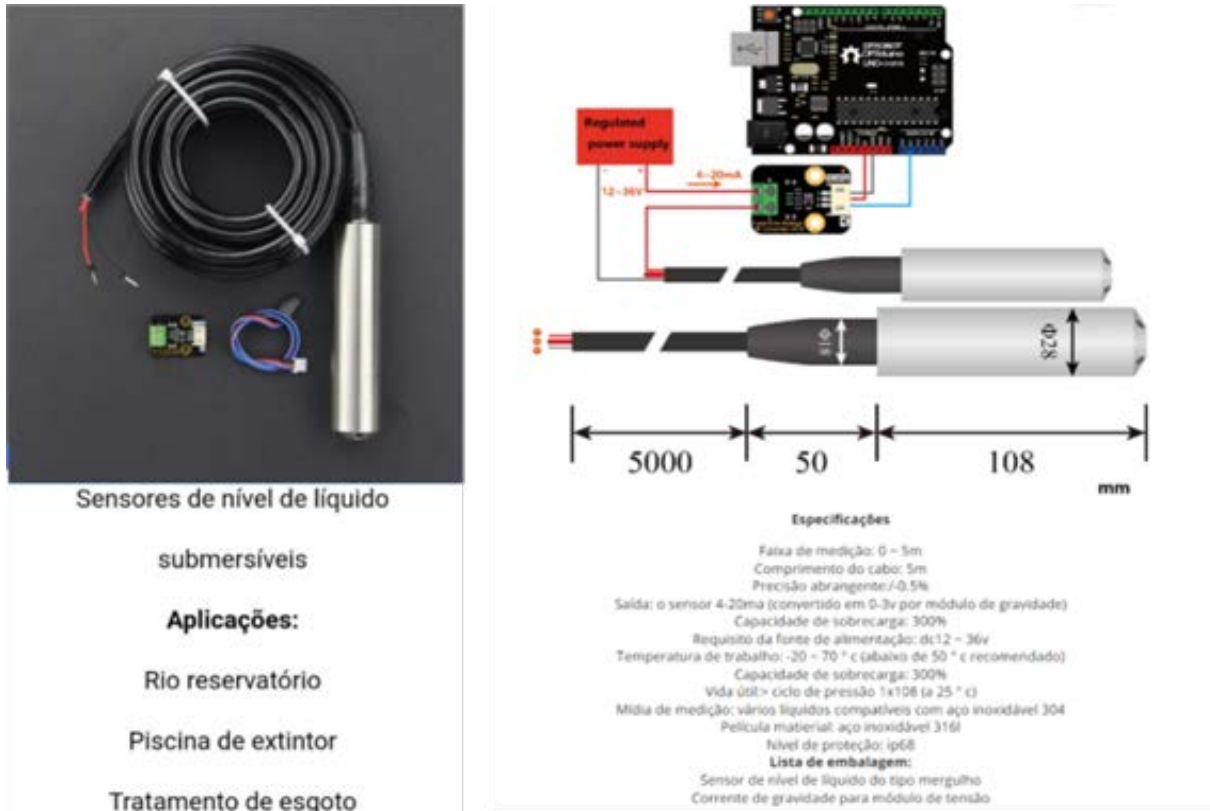
Inicialmente a ideia era montar o Piezômetro de nível usando um sensor ultrassônico que funciona da seguinte forma: por meio da emissão de sinais ultrassônicos, é possível especificar a distância do sensor até um determinado obstáculo. O range de atuação é da ordem de 4 metros, com distância mínima de medição de 2 cm, incluindo ainda obstáculos dentro de um ângulo de abertura de 15 graus.

O princípio de funcionamento do HC-SR04 (sensor ultrassônico) consiste na emissão de sinais ultrassônicos pelo sensor e na leitura do sinal de retorno (reflexo/eco) desse mesmo sinal. A distância entre o sensor e o objeto que refletiu o sinal é calculada com base no tempo entre o envio e a leitura de retorno. Como precisávamos de um sensor que fizesse leitura na água, optamos por usar o modelo à prova d'água.

Sonda de profundidade de nível hidrostático

Esse componente é um transmissor de pressão submersível que tem um diafragma de pressão, onde o lado interior do diafragma é ventilado para a pressão atmosférica através de um tubo de ventilação no cabo e o lado externo está em contato com o líquido, medindo a pressão estática da coluna de líquido acima do transmissor. A pressão estática é basicamente causada pelo peso do fluido no topo do transmissor e é utilizada para calcular o nível do líquido.

Figura 6 – Transmissor de nível hidrostático, recomendações de instalação e uso do Fabricante.

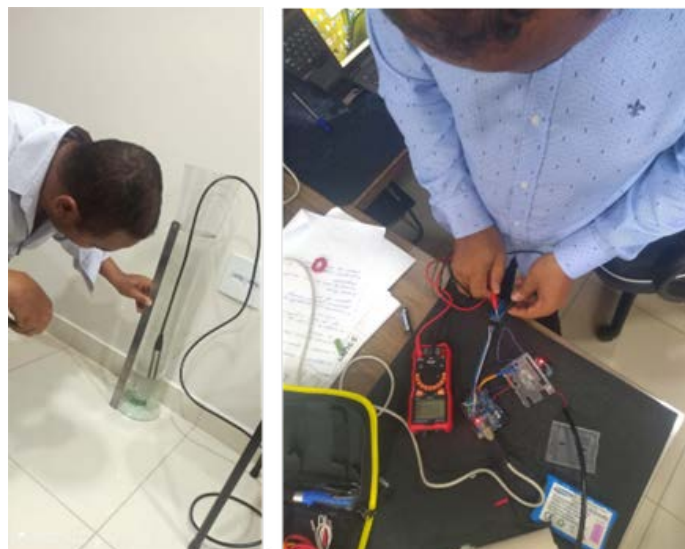


Fonte: Dados fabricante, recortes modificados autor (2022).

MONTAGEM DO EQUIPAMENTO

Após a definição de todos os sensores que deveriam ser instalados no protótipo do equipamento este, foi montado e levado para testes iniciais de laboratório. Assim, todo o sistema elétrico sofreu testes de continuidade e resistência de todos os condutores, figura 7, podendo a partir daí ser montado e levado para testes em laboratório.

Figura 7 – Piezômetro de nível hidrostático, montagem eletrônica e testes de laboratório



Fonte: autor (2022).

Figura 8 – Testes em laboratório Piezômetro de nível hidrostático



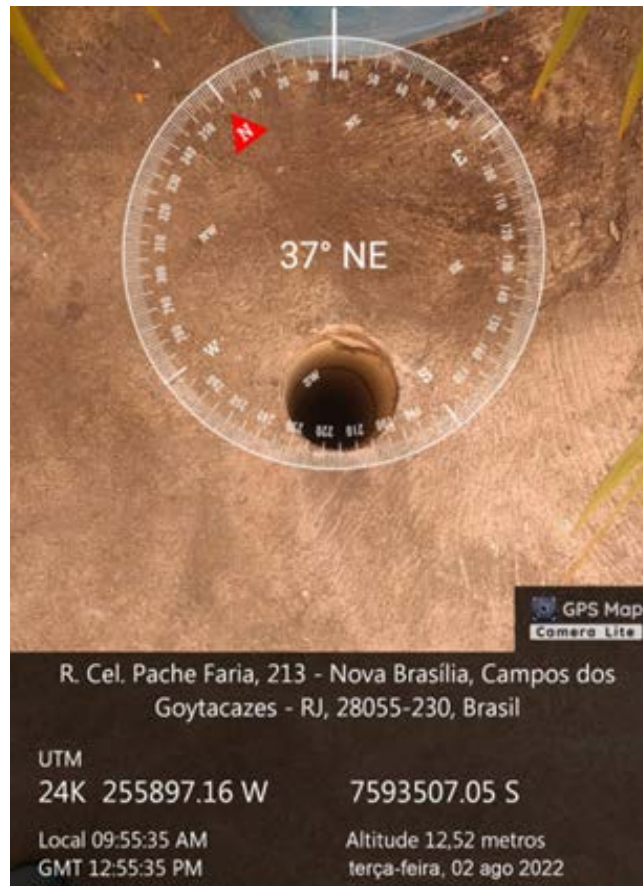
Fonte: Próprio autor (2022).

SIMULAÇÃO DE MEDIÇÃO E TESTES DE CAMPO

Para calibração e verificação dos equipamentos utilizou as características primárias que serão estabelecidas em campo, sendo este implantado em um “poço de inspeção com diâmetro de 100 mm” para medição dos níveis freáticos do subsolo. Da mesma forma será implantado um tubo de 100 mm perfurado que possua comunicação piezométrica com a lâmina de água superficial da lagoa ou rio, a fim de medir a variação da lâmina superficial de água da bacia hidrográfica. Portanto em ambos os casos medição subterrânea e superficial os equipamentos serão instalados em poços de inspeção com diâmetro de 100 mm.

Foi escolhido um poço artesiano com diâmetro de 100mm, localizado nas coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) – Siglas 2000 – Zona 24S – 255897,16W e 7593507,05S conforme figura 09, onde será possível reproduzir as características de campo.

Figura 9 – Localização do poço de inspeção para instalação dos equipamentos



Fonte: Próprio autor (2022).

CALIBRAÇÃO E AFERIÇÃO - PIEZÔMETRO DE NÍVEL USANDO TRANSMISSOR DE NÍVEL HIDROSTÁTICO

No dia 17 de agosto de 2022 foi instalado o protótipo 1.1 – Piezômetro de nível hidrostático com modificações. O equipamento foi montado e instalado com modificação de programação para medições com intervalo de 1h, com finalidade de executar as medições em um intervalo de 24 horas.

Figura 10 – Protótipo 1.1 – Piezômetro de nível hidrostático



Fonte: Próprio autor (2022).

Figura 11 – Instalação do Piezômetro de nível hidrostático



Fonte: Próprio autor (2022).

21.00 cm - Mergulhado no nível estário da lâmina de água.

//////////MEDICAO INICIADA 17.08.2022//////////

10:15:27	11:15:27	12:15:27	13:15:27	14:15:27	15:15:27
17.08.2022	17.08.2022	17.08.2022	17.08.2022	17.08.2022	17.08.2022
21 cm	21 cm	21 cm	21 cm	21 cm	21 cm
16:15:27	17:15:27	18:15:27	19:15:27	20:15:27	
17.08.2022	17.08.2022	17.08.2022	17.08.2022	17.08.2022	
21 cm	21 cm	21 cm	21 cm	21 cm	

133.00 cm - Mergulhado no nível estário da lâmina de água.

//////////MEDICAO INICIADA 18.08.2022//////////

21:19:27	22:19:27	23:19:27	00:19:27	01:19:27	02:19:27
18.08.2022	18.08.2022	18.08.2022	19.08.2022	19.08.2022	19.08.2022
113 cm	113 cm	113 cm	113 cm	113 cm	113 cm
03:19:27	04:19:27	05:19:27	06:19:27	07:19:27	08:19:27
19.08.2022	19.08.2022	19.08.2022	19.08.2022	19.08.2022	19.08.2022
113 cm	113 cm	113 cm	113 cm	113 cm	113 cm

Fonte: Próprio autor (2022).

COMENTÁRIOS DOS TESTES

O Piezômetro de nível hidrostático passou por todos os critérios de calibração e verificação de laboratório, sendo esta diferenciada, pois a calibração manual da medição é submersa para que haja a pressão hidrostática¹, além das influências da densidade e da gravidade. Para que se conseguisse a precisão da calibração do equipamento, o protótipo foi submetido a diversos testes de laboratório em recipiente milimetrado capaz de verificar a altura de nível com os dados dos sensores, conforme a figura 8.

Todas as medições de laboratório apresentaram êxito, sem erros de leituras, com precisão constante de 19,5cm e variação compatível com a altura da lâmina de água na régua milimetrada.

Os testes feitos constataram que o Piezômetro hidrostático leva de 3 (três) a 5 (cinco) segundos para que os sensores hidrostáticos atualizem adequadamente a altura estática da lâmina de água; portanto, é aconselhável que sua aplicação deva restringir a variação da lâmina na escala de intervalos em centímetro e medições com intervalo mínimo de 3 (três) segundos.

Quadro 2 - Dispositivos utilizados para a construção protótipo piezômetro de nível hidrostático

Item	Descrição funcionamento	R\$
Placa Uno R3 Arduino	Microcontrolador utilizado para coletar os dados dos sensores e enviá-los ao cartão de memória	55,36
Jumpers fêmea-fêmea	Para conectar os sensores ao Motor Shield	7,51
Módulo Leitor Gravador e Cartão Micro Sd	O SD card Arduino trata-se de um módulo que possui integrado um leitor de cartão Micro SD	58,88
DS3231 é um módulo RTC (Real Time Clock)	É usado para manter a data e a hora da maioria dos projetos eletrônicos. Este módulo tem sua própria fonte de alimentação de célula tipo moeda,	33,16
Bateria Lídio 12v 31000mah	Sistema proposto por oferecer uma quantidade constante de corrente por um período de 15 dias.	182,30
Sensor de nível hidrostático	Transmissor de pressão submersível que tem um diafragma de pressão responsável pelo envio de dados ao microcontrolador.	450,30
2m Cabo flexível para eletrônica 0,50mm ²	Interligações dos Sistema e componentes eletrônicos	5,03
0,50m tudo PVC 100mm	Montagem e encapsulamento das peças e componentes eletrônicos	10,00
05 Cap Esgoto PVC 100mm	Montagem e encapsulamento das peças e componentes eletrônicos	30,00
Adesivo Plástico Incolor Cola Para Cano Pvc - 17g	Montagem e encapsulamento das peças e componentes eletrônicos	15,90
VALOR TOTAL R\$ 848,44		

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível avaliar que, o Piezômetro de nível hidrostático, montado com sensor de nível hidrostático, utilizando componentes acoplados ao microcontrolador Arduino possui grande capacidade em eficiência e precisão, e, ainda, possui capacidade de medição muito satisfatória quando a exigência de precisão for de 1 (um) centímetro no intervalo de tempo mínimo de 3 (três) segundos, podendo ser utilizado como equipamento no monitoramento de corpos hídricos e bacias hidrográficas que necessitem de dados precisos para gestão e planejamento no controle

¹ A pressão produzida por um fluido em equilíbrio, a pressão hidrostática se submete às condições da altura da coluna de água acima dos sensores de nível.

quantitativo e manejo adequado, podendo ser aplicado de forma superficial (lâmina d' água) ou de forma geotécnica para monitoramento de poços subterrâneos. Sua aplicação é diversificada podendo ser utilizado no monitoramento de barragens, poços artesianos, bacias de retenção e amortização, barragens de rejeitos, entre outros que possuam necessidade do conhecimento hidrodinâmico do local.

O presente estudo viabiliza a construção de um equipamento mais robusto, uma vez que os protótipos comprovaram sua eficiência diante da medição de nível de água. O sistema foi projetado para ser autônomo e utiliza bateria para fornecer a energia necessária para o sistema. Para trabalhos futuros e aperfeiçoamento do sistema, será necessário um maior número de testes em campo, para verificar a confiabilidade e o funcionamento do sistema sujeito às intempéries ambientais, como sol, vento e chuva. Além deste, é proposto o aperfeiçoamento a fim de que os resultados obtidos sejam transferidos pela rede celular móvel.

Dessa forma, conclui-se que o equipamento desenvolvido atende aos requisitos técnicos e operacionais de medição ambiental. Porém, por ser um protótipo, não é uma substituição dos equipamentos similares já existentes no mercado, para isso será necessário testes em laboratórios credenciados e certificados nacionalmente e internacionalmente que validem o seu funcionamento.

REFERÊNCIAS

- AESBE - Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais. Água não tratada ou contaminada pode ser vetor de doenças com transmissão hídrica. Brasília: 2016. Disponível em <http://www.aesbe.org.br>. Acesso em: 08 nov. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Gestão da Rede Hidrometeorológica. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/hidroweb.aspx>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- BANZI, M. SHILOH, M. Primeiros Passos com o Arduino–2ª Edição: A plataforma de prototipagem eletrônica open source. Novatec Editora, 2015.
- CASTRO, D. de. Ciclo das Águas na Bacia do Rio Tramandaí. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: <https://taramandahy.org.br/project/ciclo-das-aguas-na-baciado-rio-tramandai/>. Acesso em: 15 Ago 2022.
- CASTRO, L. M. A. Avaliação das curvas-chaves de vertedores instalados para monitoramento de vazões de cursos de água de pequeno porte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 20., 2013, Bento Gonçalves. Anais eletrônicos. Bento Gonçalves: ABRH, 2013. Disponível em: http://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Su38marios/2ab8f8293074b73a587d7de194862eb_4a7e9b37c767c5d5e5332264f16855fd.pdf. Acesso em: 11 nov. 2022.
- DIAS, E. M. S.; PESSOA, Z. S. ; TEIXEIRA, R. L. P. Adaptive Governance And Water Security In The Context Of Climate Change In The Semi-Arid. Mercator (Fortaleza. Online), v. 21, p. 1-11, 2023.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Escassez hídrica e o fornecimento de energia elétrica no Brasil. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/infogr%C3%A1fico.pdf>. Acesso em: 15 Ago 2022.

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. Van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.

LIMA, E. L. Módulo de sensores para monitoramento da qualidade da água com transmissão sem fio utilizando plataforma de prototipagem. Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada. Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2018

LONDE, L. de R.; Coutinho, M.P. ; DI GREGORIO, L. T.; SANTOS, L. B. L. ; SORIANO, E. . Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. Ambiente & Sociedade (Online), v. 17, p. 133-152, 2014.es relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. Ambient. soc. 17 (4) • Dez 2014

LONDE, Luciana de Resende; Marchezini, V. ; Conceição, Rodrigo Silva ; Bortoletto, Katia Cristina ; Silva, Ana Elisa Pereira ; Santos, Elisa Volker ; Reani, Regina Tortorella . Impactos de desastres socioambientais em saúde pública: estudos dos casos dos Estados de Santa Catarina em 2008 e Pernambuco em 2010. Revista Brasileira de Estudos de População (Impresso), v. 32, p. 537-562, 2015.

MONK, S. Programação com Arduino: começando com Sketches. Bookman Editora, 2017.

SOARES, N. C. Sistema para monitoramento de nascentes e cursos de água via SMS. Escola de minas colegiado do curso de engenharia de controle e automação – CECAU. Universidade Federal de Ouro Preto, MG. 2015.

UMBELINO, L. F. Fitossociologia e variabilidade espacial e temporal da superfície freática de solos de uma formação vegetal de restinga, Carapebus, RJ. 2008. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio de Janeiro.



Protótipo estação meteorológica de baixo custo com multiparâmetros de medições

Maxuel Bernades Donato

Mestrando no Programa de Pós-Graduação (PPEIA) em Engenharia Ambiental Profissional Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro

Luis Felipe Umbelino dos Santos

Prof. Dr. Luis Felipe Umbelino dos Santos. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Macaé/RJ – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Modalidade Profissional.

Tiago Gomes Barros de Carvalho

Prof. Dr. Tiago Gomes Barros de Carvalho. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Campus Macaé/RJ – Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Modalidade Profissional.

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.11

RESUMO

Estações meteorológicas são instrumentos fundamentais para a tomada de decisão na gestão do território e nas diversas atividades relacionadas às condições meteorológicas. Contudo, existe a necessidade de possibilitar maior acesso deste instrumento a sociedade, a partir do desenvolvimento de estações, com baixo custo e maior tecnologia para os usuários. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo projetar e construir um protótipo que possa monitorar dados meteorológicos de forma remota, com o uso do Arduino, como plataforma de prototipagem eletrônica *open source*. Os resultados demonstraram que o protótipo construído apresentou funcionamento com grande eficácia em testes de laboratório. As medições foram variando de acordo com as condições expostas nos testes.

Palavras-chave: estações meteorológicas. monitoramento. baixo custo. arduino. protótipo.

ABSTRACT

With the great advances in science, satellites were sent into space in an attempt to find answers and solutions to certain issues. One of the satellites initially sent was meteorological, starting recording and transmitting meteorological information around the world. Therefore, work with meteorological stations has become important for the advances in science and technology and a highlight for stations developed with more accessible and low-cost parts and accessories, allowing access to this technology to a greater number of people. The present study aims to design and build a prototype that can monitor rainfall, wind and temperature data remotely, using the arduino as the base technology for collecting these data; Deploy the prototype to a test station. As a result, its operation showed great efficiency in laboratory tests where they were carried out with a pluviometer in Scale 0 to 150 mm and a Portable Digital Anemometer INS-1382. The measurements varied according to the conditions exposed in the tests.

Keywords: meteorological stations. monitoring. low cost. arduino. prototype.

INTRODUÇÃO

Uma estação meteorológica consiste em uma série de instrumentos ou sensores responsáveis por obter dados meteorológicos de um mesmo local. Além de ser uma ferramenta básica para o monitoramento das condições climáticas, os dados podem ser posteriormente utilizados para serem analisados utilizados para análise por agricultores, gestores de trânsito, torres de controle de aeroportos, pesquisadores, entre outros (INMET, 2019). É possível afirmar que praticamente todas as atividades humanas dependem dos dados coletados nas estações meteorológicas, desde o dia a dia do cidadão comum até as mais importantes atividades econômicas, como a agricultura, os transportes, o turismo etc. (VIANELO, 2011).

As estações meteorológicas podem ser classificadas em dois tipos: as automáticas e as convencionais. A diferença entre estas é a necessidade de uma pessoa para a sua anotação diária no caso de estações convencionais. As estações automáticas compreendem a coleta de dados e os registros de forma eletrônica, ou seja, totalmente automatizada. Segundo Vianello (2011),

em princípio, as estações meteorológicas automatizadas foram planejadas para complementar a rede básica de estações convencionais, para cobrir regiões de difícil acesso, para suprir a falta de pessoal e para realizar observações fora dos horários padrões. Além disso, visavam aumentar a confiabilidade dos dados e homogeneizar as medições. Segundo este autor, no período em que fez o apontamento, “o futuro pertence a elas, que estão passando de coadjuvantes a personagens principais. Afinal, já está provado que, com boa manutenção, serão capazes de substituir as estações convencionais”. Atualmente, a questão se refere a limitações de acesso pelo custo das tecnologias mais inovadoras. Para Finholdt e colaboradores (2011) ainda neste mesmo ano, esclareceu que existem diversos modelos de estações meteorológicas automáticas no mercado que medem e registram os dados dos elementos meteorológicos de interesse. Porém, seu uso é limitado por ser uma tecnologia importada de alto custo de aquisição e manutenção, operacionalidade complexa e pequena disponibilidade de suporte técnico. Outros autores como Torres *et al.* (2015) também destacaram o atual problema inerente às estações meteorológicas automáticas ser o alto custo, que desencoraja o uso destas em diversas aplicações.

Alguns estudos têm sido desenvolvidos na perspectiva de elaboração de protótipos de estações meteorológicas para fins diversos, de baixo custo, tais como: uso para a didática e as metodologias de ensino e aprendizagem para aulas de geografia e climatologia, com sensores de temperatura e umidade (SOUZA *et al.*, 2015); desenvolvimento de uma estação meteorológica automática para manejo de irrigação (FINHOLDT *et al.*, 2011); estação meteorológica baseada em internet das coisas de código aberto e baixo custo como ferramenta para articulação entre novas tecnologias digitais da informação e comunicação no ensino de física na educação básica (MANNRICH E NEVES, 2021), modelo de estação meteorológica automática simplificada de custos acessíveis (TORRES *et al.*, 2015); modelo de estação meteorológica para medição de radiação solar e velocidade do vento utilizando o microcomputador Raspberry Pi (2023). O que se observa é que muitas estações meteorológicas não possuem um padrão em relação a quais os parâmetros precisam ser medidos, ou seja, alguns aparelhos medem volume precipitado e umidade, já outras medem temperatura e umidade, ou ainda direção dos ventos. Assim, estes instrumentos são construídos com finalidades distintas, fabricados por tecnologias e materiais constituintes diversos.

Diante de uma infinidade de estações meteorológicas, o presente trabalho tem como proposta elaborar um protótipo multiparâmetros, ou seja, que possua uma gama de sensores adequados a qualquer emprego que precise de dados meteorológicos e forneça baixo custo de montagem para os usuários. O protótipo será capaz de apreender os dados de volume, intensidade e duração de precipitação pluviométrica, pressão atmosférica, temperatura, umidade do ar, radiação solar, velocidade e direção dos ventos, de forma remota, armazenar os dados em um cartão micro SD e transmitir os dados via *bluetooth*, implementando este protótipo em uma estação de testes.

Conhecida como Internet das Coisas (IoT), a tecnologia conecta os mundos físico e virtual para criar uma forma de comunicação entre pessoas e objetos, criando um mundo onde as coisas ao nosso redor se comunicam via internet sem intervenção humana. Assim, estações meteorológicas podem usar a tecnologia IoT para coletar dados e enviá-los para um banco de dados remoto (DE MATOS; AMARAL; HESSEL, 2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

Estação Meteorológica multiparâmetros com Arduino

Arduino é uma plataforma de computação física de código aberto que permite que a tecnologia seja compartilhada entre diferentes partes interessadas. O Arduino pode estender sua funcionalidade usando *shields*, que são placas de circuito que, quando fixadas na parte superior do Arduino, permitem novos recursos como GPS, GSM, módulos *Ethernet* e muito mais. Assim, o Arduino irá ler e controlar diversos sensores e outros *shields* (módulos com funcionalidade adicional ao Arduino) conectados a ele, e após armazenar em um cartão micro-SD (BANZI; SHILOH, 2015).

O conjunto da obra é composto não somente pela parte de hardware, mas também pelo software. Ambos em código aberto, eles podem ser modificados conforme a necessidade do usuário, basta programar usando o software do *Arduino IDE* para contar ao equipamento o que ele deve fazer. Além disso, a parte de software é desenvolvida por meio de linguagem C/C++ e tudo isso acontece em um ambiente gráfico escrito em Java. Ele ainda traz um *firmware* embutido e que é carregado na memória ROM da placa (MONK, 2017).

Principais Componentes

Figura 1 – Placa de desenvolvimento ESP32 ESP-32S 2,4 GHz modo duplo WiFi + processador microcontrolador Bluetooth Dual Core integrado com antena RF AMP filtro AP STA.



Fonte: Modificado autor (2022).

Adaptador para cartão SD

O objetivo do projeto é salvar no cartão SD, todos os dados da leitura da estação fazendo um backup dos dados registrados, incluindo a data e horários obtidos através do módulo RTC, a cada minuto. Para que isso fosse possível, foi preciso utilizar um Módulo adaptador para cartão SD, para permitir que o Arduino escrevesse no Cartão SD.

Figura 2 – Módulo adaptador para cartão SD



Fonte: Modificado autor (2022).

Módulo Real Time Clock RTC

O módulo RTC foi utilizado no projeto para que se tivesse uma base da data e horários em que foram feitas as medições, O Módulo Real Time Clock RTC DS 32311 é um relógio em tempo real (RTC) que possui calendário completo e conta com 56 Bytes de SRAM. Ele é capaz de fornecer informações de hora, minutos, segundos e dias.

Figura 3 – Módulo RTC



Fonte: Modificado autor (2022).

Para o funcionamento do Módulo Real Time Clock RTC DS1307 é necessário além da alimentação da placa, uma bateria CR2032 para poder permitir que os dados fiquem armazenados mesmo com a falta de energia. Além disso, o módulo é capaz de detectar falhas de energia e conseqüentemente acionando a bateria para evitar que os dados sejam perdidos. O módulo também é capaz de ajustar automaticamente o final dos meses que possuem menos de 31 dias, faz a correção de ano bissexto e trabalha tanto no formato de 12 horas quanto 24 horas.

Bateria

Como o projeto precisaria ser autônomo e ficar fora de uma tomada, optamos por colocar uma bateria 12v que se adapta perfeitamente ao Arduíno e Painel Solar Fotovoltaico 10W, que também utiliza 12v para funcionar.

Figura 4 – Bateria.



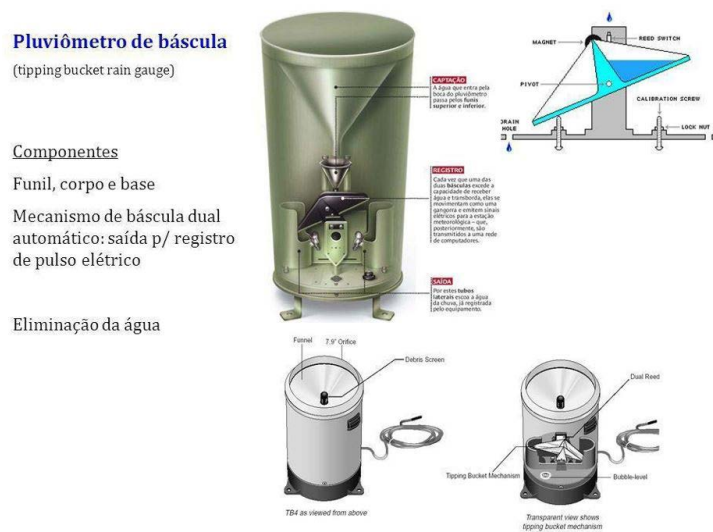
Fonte: Modificado autor (2022).

A princípio, foi escolhida uma bateria de 12v 7Ah da GetPower, bateria muito utilizada em *nobreaks* e sistemas de cercas elétricas.

Pluviômetro de Bâscula

É constituído por dois compartimentos, cada qual com capacidade de 0,025 cm de chuva, situados na base de um funil de 25 cm. Quando um dos compartimentos está cheio, ele entorna e se esvazia. Durante este intervalo o outro compartimento toma seu lugar na base do funil. Cada vez que um compartimento entorna, um circuito elétrico é fechado e a quantidade de precipitação é automaticamente registrada num gráfico.

Figura 5 – Pluviômetro de Bâscula



Fonte: Mendez et al. (2019)

Anemmetro

Anemmetro  um equipamento meteorológico que  usado para mensurar a velocidade e a direo do vento.  confeccionado com um tipo de "biruta", a qual possui internamente um conjunto de 8 sensores (reed com resistores), onde cada um est posicionado em uma localizao diferente, apresentando valores de resistncias diferentes para cada posio, sendo que esto instalados nas seguintes posies: N - 0, NE - 45, E - 90, SE - 135, S - 180, SO - 235, O - 270 e NO - 315 (YNOUE, 2017).

Figura 6 – Anemômetro.

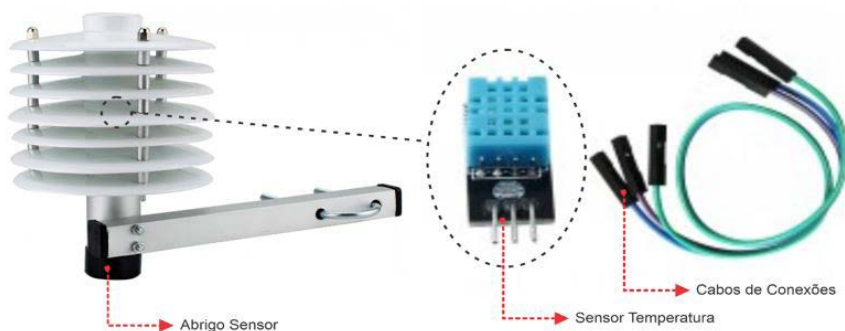


Fonte: Modificado autor (2022).

Temperatura

Foi instalado um abrigo meteorológico para sensores externos de temperatura, umidade e pressão do ar. No abrigo foi inserido um sensor de temperatura SHT20 com Sonda À Prova d'Água - KLDZ88, sendo este um componente eletrônico digital desenvolvido para ser aplicado nos mais diversos ambientes, pois é capaz de medir a temperatura em locais úmidos, inclusive estando submerso na água. Para que ele entre em funcionamento é necessário estar conectado junto a uma plataforma de prototipagem (Arduíno).

Figura 7 – Conjunto de medição de temperatura e umidade do ar.



Fonte: Modificado autor (2022).

Montagem do equipamento

Figura 8 – Montagem protótipo 03 - Serralheria da estrutura da Estação meteorológica e acoplamento dos sensores e componentes.



Fonte: Autor (2022).

Figura 9 – Evolução da estrutura da Estação meteorológica e componentes.



Fonte: Autor (2022).

Foram executados diversos testes e montagens, entre estes, o que mais solicitou esforços foi a determinação do critério de alimentação energética do protótipo. Nos testes foi possível observar no protótipo-1 (figura 9) que a bateria estacionária de 12v, 9ah; não suportava o funcionamento em tempo integral dos sensores e durava aproximadamente 72 horas de funcionamento, também foi testado o protótipo com uma bateria de lítio 12v 31000mah (figura 10) o decaimento energético do sistema foi ainda maior.

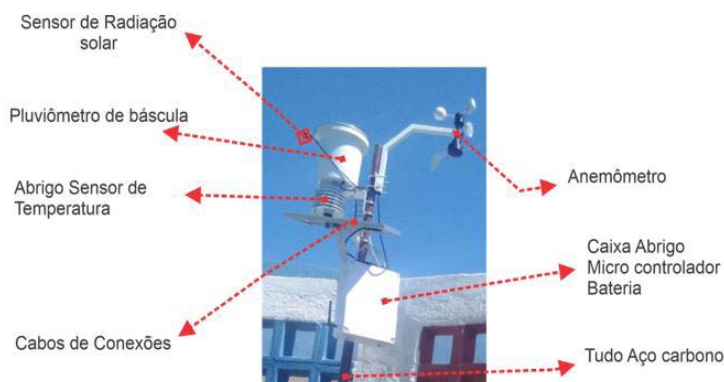
Figura 10 – Aprimoramento da montagem eletrônica do protótipo-1, executado com dois microcontroladores e bateria 12V de 31000mah.



Fonte: Próprio autor (2022).

Durante os testes através de pesquisas, se obteve êxito a demanda energética com a implementação de uma placa solar com potência de 12V/10w, para recarga da bateria estacionária de 12v, 9ah; alimentando o sistema de forma constante:

Figura 11 – protótipo-4 Conjunto do equipamento montado.



Fonte: Próprio autor (2023).

Quadro 1 - Dispositivos utilizados para a construção da estação meteorológica e seus custos aproximados.

Item	Descrição funcionamento	R\$
ESP32- com Wifi e Bluetooth	Microcontrolador utilizado para coletar os dados dos sensores e enviá-los ao servidor responsável por publicar os dados na nuvem.	79,90
Motor Shield para Módulo WiFi ESP8266	Placa acoplável ao microcontrolador que permite a reconfiguração dos pinos de entrada/saída do NodeMCU, possibilita o uso de mais sensores simultâneos deixando o projeto organizado e seguro.	25,00
Sensor DHT11	Para medir a temperatura nas escalas de 0 a 50° graus celsius e a umidade do ar nas faixas de 20 a 90%.	15,10
Jumpers fêmea-fêmea	Para conectar os sensores ao Motor Shield	7,51
Modulo Leitor Gravador Micro Sd	O SD card Arduino trata-se de um módulo que possui integrado um leitor de cartão Micro SD	8,88
DS3231 é um módulo RTC (Real Time Clock)	É usado para manter a data e a hora da maioria dos projetos eletrônicos. Este módulo tem sua própria fonte de alimentação de célula tipo moeda,	33,16
Pluviômetro de Bâscula Digital Arduino para Estação Meteorológica	É um módulo mecânico eletrônico desenvolvido especialmente para a construção de estações meteorológicas, atuando no monitoramento da quantidade precipitação de chuvas	445,55

Anemômetro Arduino + Indicador de Direção do Vento SVDV10	É uma solução eletrônica simplificada que reúne em um único produto dos itens essenciais para monitoramento em estações meteorológicas, possibilitando definir com precisão a velocidade e a direção que o vento está soprando em tempo real	663,10
Alojamento do Sensor de Temperatura e Umidade para Estação Meteorológica	Alojamento do Sensor Temperatura para Estação Meteorológica Arduino conta com um tubo com diâmetro de 29mm, no qual o projetista pode instalar o sensor responsável pela coleta dos dados em seu interior.	455,05
Painel Solar Fotovoltaico 10W - Resun RSM010-P	É utilizado para a geração de energia sustentável por meio da luz do sol, funciona para carregar a bateria de 12V, que mantém alimentação constante do sistema.	143,29
Bateria Moura Vrla 12v 7ah Estacionária Alarme No Break	Sistema objetivo de oferecer uma quantidade constante de corrente por um longo período.	158,34
10m Cabo flexível para eletrônica 0,50mm ²	Interligações dos Sistema e componentes eletrônicos	22,15
Caixa De Passagem De Sobrepor	Proteção das peças eletrônicas, bateria e acessórios	98,60
Tudo 1,5 polegadas aço carbono e acessórios	Implantação no sistema e ancoragem de peças e parafusos	158,60
VALOR TOTAL R\$ 2.314,23		

MEDIÇÃO E TESTES

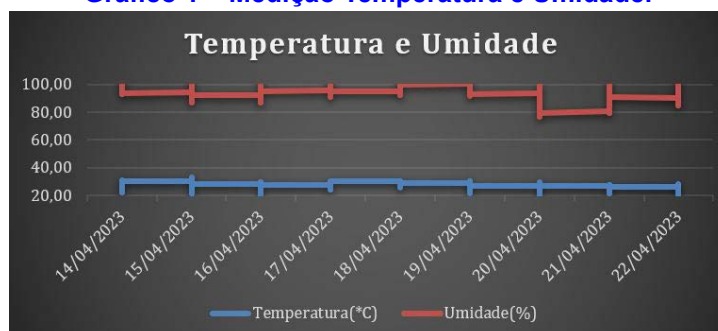
Foram executados os testes entre os dias 14/04/2023 e 22/04/2023 onde foi possível executar medições diversas dos sensores conforme gráficos abaixo:

Gráfico 1 – Medição chuva mm/hora.



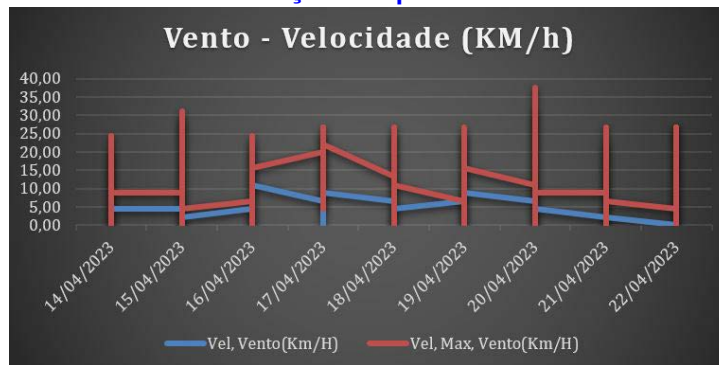
Fonte: Próprio autor (2023).

Gráfico 1 – Medição Temperatura e Umidade.



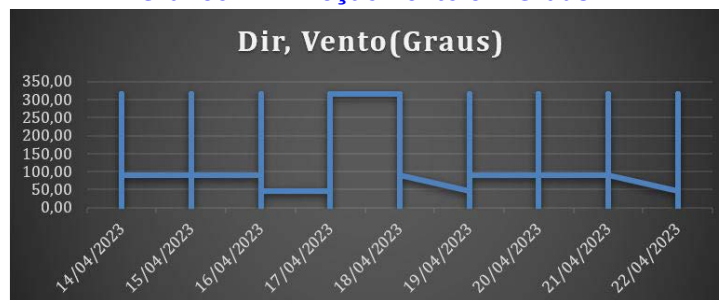
Fonte: Próprio autor (2023).

Gráfico 2 – Medição Temperatura e Umidade.



Fonte: Próprio autor (2023).

Gráfico 4 – Direção Vento em Graus.



Fonte: Próprio autor (2023).

DISCUSSÃO

O Arduíno foi desenvolvido em um sistema embarcado, que recebia os dados para realizar o cálculo. A implementação do software de tal sistema foi desenvolvida na linguagem C, utilizando a IDE do Arduíno, seguindo o modelo iterativo incremental. Esse modelo trata cada pequena parte do sistema como uma iteração, em que são realizadas as etapas de análises, projeto, implementação e testes. Segundo Teles (2017), esse tipo de sistema “começa a ser implementado logo no início do projeto e vai ganhando novas funcionalidades ao longo do tempo”.

Desse modo, inicialmente, foi realizado o levantamento dos requisitos mínimos necessários para que o sistema pudesse alcançar os objetivos propostos, ficando definido que o sistema embarcado deveria ser capaz de registrar os dados obtidos em um cartão de memória Micro SD, para que eles pudessem ser transferidos os dados via Bluetooth e armazenados e posteriormente consultados em um computador.

Além disso, o módulo real time, forneceu a necessidade de que ele possa obter informações de data e hora mesmo sem acesso ao servidor quando é ligado. Assim, o protótipo do sistema embarcado foi desenvolvido para ser capaz de consultar as horas e datas. O sistema também deve receber as informações de temperatura vindas de um sensor para a realização dos cálculos da evapotranspiração diária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estação meteorológica desenvolvida com equipamentos de baixos custos obteve o desembolso financeiro total em sua montagem no total de R\$2.314,23 (dois mil, trezentos e quatorze reais e vinte três centavos) com aquisição de componentes desenvolvidos no mercado nacional. Além disso, apresentou bons resultados em testes de laboratório onde foram feitos com pluviômetro em Escala 0 a 150 mm e termo anemômetro Digital Portátil INS-1382. As medições foram variando de acordo com as condições expostas nos testes.

Para trabalhos futuros se sugere a implementação de módulos para transmissão automatizada enviando dados para o servidor por meio de requisições HTTP. Assim, o sistema embarcado será capaz de comunicar com um servidor, para que os dados obtidos por ele possam ser armazenados e posteriormente consultados em um computador. Assim, a tecnologia facilitará o acompanhamento em tempo real dos dados medidos, além do monitoramento do funcionamento do equipamento sem necessidade de estar constantemente no local. Comprovadas as qualidades do sistema, para o próximo estudo pretende-se realizar um experimento em ambiente externo. Desta forma, será possível aprofundar a análise da qualidade dos resultados produzidos desta estação meteorológica deste tipo, com a confirmação da qualidade dos dados neste futuro experimento.

Dessa forma, conclui-se que o equipamento desenvolvido atende aos requisitos técnicos e operacionais de utilização ambiental. Porém, por ser um protótipo, não é uma substituição dos equipamentos similares já existentes no mercado, para isso será necessário testes em laboratórios credenciados e certificados nacionalmente e internacionalmente que validem o seu funcionamento.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Gestão da Rede Hidrometeorológica. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/hidroweb.aspx>>. Acesso em: 16 Nov. 2022.

ALVIM, C. E. Quase 30% das estações meteorológicas do Brasil estão sem manutenção. G1 Minas Gerais. 19/07/2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2021/07/19/quase-30percent-das-estacoes-meteorologicas-do-brasil-estao-sem-manutencao.ghtml>> Acesso em: 12abr

BANZI, M. SHILOH, M. Primeiros Passos com o Arduino. 2ª Edição: A plataforma de prototipagem eletrônica open source. Novatec Editora, 2015.

DE MATOS, E. AMARAL, L. A. HESSEL, F. Sistemas sensíveis ao contexto: tecnologias e desafios na internet de todos os ambientes. Cham: Springer, 2017. p. 1-25.

FINHOLDT, G. F.; MANTOVANI, E.; MANTOVANI, C.; SEDIYAMA, G. C.; RAMOS, M. M.; VIEIRA, G. H. S. Desenvolvimento de uma estação meteorológica automática para manejo de irrigação. Engenharia na agricultura, Viçosa - MG, V.19 N.4, julho / agosto 2011.

GOMES, R. Tecnologia agrícola: a importância e principais inovações. 2016. Disponível em: <https://pixforce.com.br/tecnologia-agricola/>. Acesso em: 12 abr. 2023.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Instrumentos Meteorológicos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=instrumentos>. Acesso em: 27 mar. 2023.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Sobre meteorologia. 2021. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 12 de dez. 2021.

MANNRICH, J. P. & NEVES, O. da R. Proposta de Estação Meteorológica baseada em Internet das Coisas de Código Aberto e Baixo Custo como Ferramenta para Articulação entre novas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação no Ensino de Ciências/Física na Educação Básica. Revista Novas Tecnologias na Educação V. 19, n.2, Dezembro, 2021.

MENEZES, A. C. dos S. Desenvolvimento e calibração de pluviômetros automáticos de baixo custo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro – BA, 2019.

MONK, S. Programação com Arduino: começando com Sketches. Bookman Editora, 2017.

PONCE-JARA, M., GORDILLO, C. A. C., VELÁSQUEZ, C., LAZO, J. G. L. ., & TALAVERA, A. redes neurais para previsão de radiação solar em manta – equador. Revista Campo Da História, 8(1), 183–194. 2023.

SOUZA, R. R.; ANTUNES, J. P. CABRAL, I. .2015. Estação meteorológica experimental de baixo custo. Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 27, 2015, p. 80-97

TELES, V. M. Extreme Programming: Aprenda como encantar seus usuários desenvolvendo software com agilidade e alta qualidade. [S.I.]: Novatec Editora, 2017. 10

TORRES, J. D.; MONTEIRO, I. O. SANTOS, J. R. ORTIZ, M. S. Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados. SCIENTIA PLENA. VOL.11, N. 2. 2015.

YNOUE, R. Y. Meteorologia: Noções Básicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 40 p

O QUE SÃO PLUVIÔMETROS? Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, 2013. Disponível em:[http://www2.cemaden.gov.br/o-que-sa-o-pluviometros/#:~:text=O%20pluvi%C3%B4metro%20%C3%A9%20um%20instrumento,mostrada%20em%20mil%C3%ADmetros%20\(mm\)](http://www2.cemaden.gov.br/o-que-sa-o-pluviometros/#:~:text=O%20pluvi%C3%B4metro%20%C3%A9%20um%20instrumento,mostrada%20em%20mil%C3%ADmetros%20(mm)). Acesso em: 27 mar. 2023.

VIANELO, R. L. A estação meteorológica e seu observador. Uma parceria secular de bons serviços prestados à humanidade. <https://portal.inmet.gov.br/uploads/publicacoesDigitais/aestacaometeorologicaeseuobservador.pdf>



Síntese e caracterização de nanocompósitos poliméricos baseados em Grafeno e Quitosana por uma metodologia mais verde

Synthesis and characterization of polymeric nanocomposites based on Graphene and Chitosan by a greener methodology

Vinicius Rossa

Grupo de Catálise e Valorização de Biomassa, Departamento de Química Inorgânica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense - IQ-UFF. Niterói/RJ – Brasil

Sancler da Costa Vasconcelos

Grupo de Catálise e Valorização de Biomassa, Departamento de Química Inorgânica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense - IQ-UFF. Niterói/RJ – Brasil

Fernanda Franco Massante

Grupo de Eletroquímica e Eletroanalítica, Departamento de Físico-Química, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense - IQ-UFF. Niterói/RJ – Brasil

Vinicius Gomes da Costa Madriaga

Grupo de Catálise e Valorização de Biomassa, Departamento de Química Inorgânica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense - IQ-UFF. Niterói/RJ – Brasil

Luanne Ester Monteiro Ferreira

Grupo de Catálise e Valorização de Biomassa, Departamento de Química Inorgânica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense - IQ-UFF. Niterói/RJ – Brasil

Eduardo Ariel Ponzio

Grupo de Eletroquímica e Eletroanalítica, Departamento de Físico-Química, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense - IQ-UFF. Niterói/RJ – Brasil

Thiago de Melo Lima

Grupo de Catálise e Valorização de Biomassa, Departamento de Química Inorgânica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense - IQ-UFF. Niterói/RJ – Brasil

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.12

RESUMO

A nanotecnologia tem atraído atenção significativa em vários setores como agricultura, indústrias de alimentos e de fármacos. Esta tendência busca: reduzir custos, minimizar ou eliminar efeitos indesejáveis (como toxicidade para células e tecidos saudáveis, supressão do sistema imunológico); impedir ou reduzir o surgimento de microrganismos resistentes; e solucionar o problema da falta de tratamentos alternativos como no caso da doença de chagas e câncer. Pacientes de inúmeras doenças enfrentam obstáculos em função da baixa eficácia da terapêutica medicamentosa atual, tais como no tratamento de neoplasias, doenças negligenciadas como a tripanossomíase, infecções bacterianas e fúngicas, transtornos ansiosos e depressivos. Para resolver essas limitações, a terapêutica atual tem se voltado para o uso de micro e nanopartículas visando a encapsulação de compostos farmacologicamente ativos bem como complexação a materiais nanoestruturados. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo preparar e caracterizar nanomateriais como óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido e grafeno; e nanocompósitos de óxido de grafeno, óxido de grafeno reduzido e grafeno com quitosana por uma metodologia mais verde, visando suas futuras aplicações em formulações de pomadas, curativos e medicamentos para tratamentos medicinais. Os nanocompósitos poliméricos foram caracterizados por Difração de Raios-X, Espectroscopia no Infravermelho, Espectroscopia Raman, Análises Térmicas, análise textural entre outras.

Palavras-chave: grafeno. óxido de grafeno reduzido. óxido de grafeno. quitosana. nanocompósitos poliméricos.

ABSTRACT

Nanotechnology has attracted significant attention in various sectors such as agriculture, food and pharmaceutical industries. This trend seeks to: reduce costs, minimize or eliminate undesirable effects (such as toxicity to healthy cells and tissues, suppression of the immune system); prevent or reduce the emergence of resistant microorganisms; and solve the problem of lack of alternative treatments as in the case of Chagas disease and cancer. Patients with numerous diseases face obstacles due to the low effectiveness of current drug therapy, such as in the treatment of neoplasms, neglected diseases such as trypanosomiasis, bacterial and fungal infections, anxiety and depressive disorders. To resolve these limitations, current therapy has turned to the use of micro and nanoparticles aimed at encapsulating pharmacologically active compounds as well as complexing nanostructured materials. In this context, this work aims to prepare and characterize nanomaterials such as graphene oxide and reduced graphene oxide and graphene; and nanocomposites of graphene oxide, reduced graphene oxide and graphene with chitosan by a greener methodology, aiming at their future applications in formulations of ointments, dressings and drugs for medicinal treatments. The polymeric nanocomposites were characterized by X-Ray Diffraction, Infrared Spectroscopy, Raman Spectroscopy, Thermal Analysis, textural analysis, among others.

Keywords: graphene. reduced graphene oxide. graphene oxide. chitosan. polymeric nanocomposites.

INTRODUÇÃO

O campo da nanotecnologia vem se expandido cada vez mais, juntamente com o desenvolvimento de nanomateriais com características estruturais, morfológicas e químicas distintas, o que lhes garante uma enorme versatilidade de aplicações. Uma destas características inclui a capacidade de aprisionar moléculas de naturezas e funcionalidades distintas, atuando como nanocarreadores em sistemas, podendo ser empregadas para muitas aplicações em uma ampla gama de produtos incluindo nanoformulações farmacêuticas, pomadas/cremes para fins terapêuticos ou estéticos, filmes curativos, embalagens ativas, aditivos alimentares, entre outros.^{1,2,3,4,5}

Diferentes tipos de materiais podem ser utilizados para a elaboração de nanoestruturas, como os nanocarreadores ou filmes nanoestruturados, incluindo biopolímeros com quitosana, celulose, glúten de trigo e alginato, nanopartículas baseadas em lipídeos, como lipossomas, nanoemulsões (micelas e micelas invertidas), dendrímeros e nano-transportadores à base de carbono (fulerenos, nanotubos de carbono e compostos a base de grafeno).⁶

Neste sentido, os nanocompósitos baseados em grafeno e quitosana se destacam devido ao elevado potencial de imobilização/encapsulamento de fármacos, podendo ser usados tanto o óxido de grafeno como a quitosana, como sistemas carreadores e biocompatíveis em um único material. Além disso, a combinação destes dois materiais aumenta a dispersibilidade e estabilidade em soluções aquosas ácidas e neutras/fisiológicas, condições necessárias para sistemas carreadores e biocompatíveis.^{8,9,10,11}

O grafeno (Gr) pode ser obtido a partir do grafite por métodos químicos, esse processo é o mais promissor para a produção de grafeno em larga escala.^{14,15,16} De acordo com a IUPAC, o grafeno consiste numa camada única de carbono com natureza de hidrocarboneto aromático policíclico de tamanho quase infinito.¹⁷ O grafeno possui grande área superficial que possibilita a sua aplicação em adsorção e catálise heterogênea.¹⁴ A obtenção do grafeno partindo do grafite tem atraído grande atenção devido às suas propriedades excepcionais, abrindo uma nova área de pesquisa na ciência e nanotecnologia, graças à versatilidade do elemento carbono, que é considerado como a unidade estrutural básica da química orgânica.¹⁶

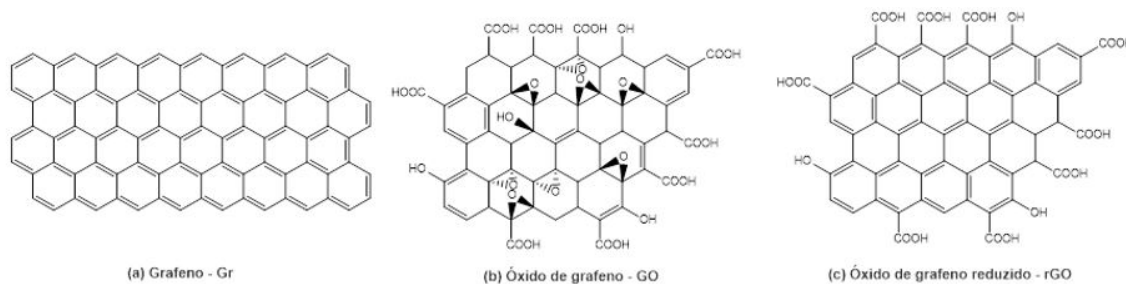
O óxido de grafeno (GO) é basicamente constituído por grupos hidroxila e epóxi, ligados às lâminas de grafeno, que o dotam de um caráter anfifílico, sendo suas bordas predominantemente hidrofílicas e seu plano basal predominantemente hidrofóbico, dispersando-se em água.^{18,19,20,21} O GO é quimicamente semelhante ao grafite oxidado, consiste em estruturas grafiticas constituídas de uma camada de grafeno funcionalizada com grupos epóxi, hidroxila, carboxílicos e carbonila.¹⁶

É geralmente preparado pela oxidação de flocos de grafite, dando ao GO características de hifrofilicidade, dispersibilidade e compatibilidade com diversas matrizes poliméricas.^{13,21} As propriedades do GO estão associadas à natureza dos grupos funcionais e da morfologia do óxido obtido. Estas características dependem do grafite de partida e das condições de reação, tais como o tempo oxidação, a temperatura e dos agentes oxidantes, o que apresenta forte influência sobre a reatividade destes materiais na produção de nanocompósitos.²²

O aumento do número de grupos oxidantes melhora a dispersibilidade aquosa do GO e, também, aumenta os defeitos na estrutura tornando-o eletricamente neutro. A quantidade de

grupos funcionais do GO pode ser controlada pelo processo de redução que pode ser térmico e químico, o material resultante é o óxido de grafeno reduzido (rGO).^{19,21,22,23} Esse processo de redução possibilita a manutenção de uma pequena fração dos grupos funcionais inseridos durante a etapa de oxidação do grafeno. Tanto o GO como o rGO interagem com matrizes poliméricas possibilitando a produção de nanocompósitos.^{24,25} A Figura 1 mostra a estrutura do grafeno (Gr), óxido de grafeno (GO) e óxido de grafeno reduzido (rGO).¹⁶

Figura 1 – Estruturas do (a) grafeno - Gr, (b) óxido de grafeno - GO e (c) óxido de grafeno reduzido – rGO. Adaptado de Sivashankari, (2017).¹⁶



Do ponto de vista sustentável, novos métodos para produzir grafeno (Gr) e óxido de grafeno (GO) também vem sendo estudados.^{26,27} O grupo de Shams (2015) relatou uma síntese de grafeno e óxido de grafeno a partir de biocarvão de pirólise das folhas de biomassa lignocelulósica de *Cinnamomum camphora*, onde ocorre uma interação π - π de uma suspensão de biocarvão com uma solução de D-tirosina em clorofórmio, promovendo a separação das camadas de grafeno por centrifugação.²⁷

Um outro método bastante explorado é por esfoliação eletroquímica. Nessa técnica, a esfoliação do grafite a GO se dá pela eletrólise, onde o ânodo é sempre de grafite, para que possa haver o consumo do mesmo e esfoliar o material de partida. E o cátodo pode variar quanto a sua constituição, podendo ser de platina ou do próprio grafite. Esses eletrodos são imersos em uma solução, o eletrólito pode ser tanto um ácido inorgânico como um sal, e são submetidos a uma diferença de potencial.²⁸ Essas variáveis interferem tanto na qualidade do óxido de grafeno obtido, quanto na desordem estrutural do mesmo.²⁹ A esfoliação ocorre pela expansão do eletrodo de grafite como ânodo.

Ambrosi (2016) apresentaram um estudo da variação de algumas soluções eletrolíticas, ácida e salinas (H_2SO_4 , Na_2SO_4 e $LiClO_4$), ao qual verificaram que as soluções que continham íons sulfatos possuíam um maior rendimento que as que continham clorato, assim como a diferença de potencial mais adequada para ser aplicada foi de 10,0 V.²⁹

Já o grupo de Parveen (2012) implementaram uma mistura de base com sais, como: NaOH, $Na_2S_2O_3$ e $NaClO_4$ como solução eletrolítica, que possuía a vantagem de ser menos corrosiva que as soluções ácidas comumente utilizadas.³⁰

O mecanismo desse processo de esfoliação-oxidação do grafite ainda não é totalmente conhecido. Porém, ao aplicar uma diferença de potencial entre os eletrodos, há a formação do íon hidroxila (OH^-) e do radical oxigênio ($O\cdot$), essa oxidação proporciona a expansão das bordas do grafite, assim como as áreas defeituosas, já que há a formação de grupos funcionais hidroxila, epóxi e carbonila nos carbonos das superfícies e nos carbonos do interior da estrutura, permitindo que os ânions do eletrólito facilitem a intercalação entre as monocamadas, formando as nanopartículas de óxido de grafeno (GO), óxido de grafeno reduzido (rGO) e, em sequência, o

grafeno (GFN).³⁰

O uso de nanopartículas de GFN, GO e rGO em nanocompósitos melhora o comportamento da liberação de fármacos, mantendo a natureza biodegradável do polímero quando comparado ao polímero de partida.^{31,32}

A produção de nanocompósitos poliméricos é a chave para modificar e melhorar as propriedades de um polímero, gerando novos materiais multifuncionais e com alto desempenho. Nanocompósitos poliméricos baseados em grafeno representam um dos desenvolvimentos tecnológicos mais promissores.^{21,33}

O GO preparado com quitosana (CS-GO) oferece interessantes propriedades para a biomedicina, devido à sua versatilidade, biocompatibilidade, tamanho em nanoescala, grande área de superfície e sua capacidade de interagir com as células e tecidos biológicos. GO é um material bidimensional de força excepcional, excelentes propriedades ópticas, físicas, mecânicas e eletrônicas, além da facilidade de funcionalização e alta atividade antibacteriana.¹³

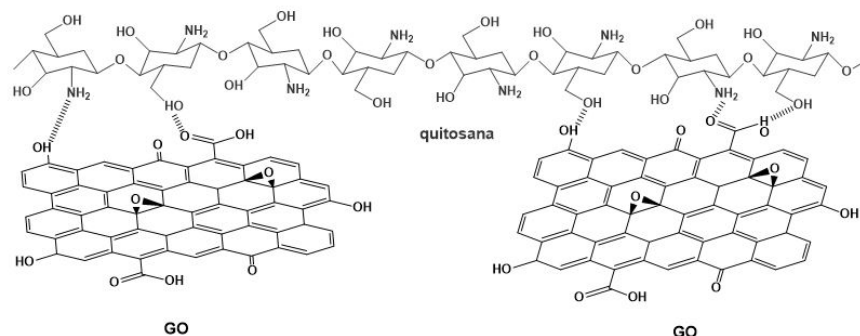
A quitosana é um polissacarídeo composto das unidades monoméricas 2-acetamido-2-desoxi-D-glicopirranose e 2-amino-2-desoxi-D-glicopirranose e é geralmente obtida pela desacetilação da quitina, um dos mais abundantes biopolímeros encontrados na Terra.^{34,35}

Contém mais de 5000 unidades de glucosamina que é obtida, comercialmente, da casca do caranguejo e do camarão. É um polímero natural biocompatível, biodegradável e atóxico, com aplicações em curativos epidérmicos, regeneração de nervos, ossos, cartilagens, resistência antimicrobiana e na adesão celular.³⁶

Há uma predominância de grupos amino caracterizados por ligações covalentes (N-H) na estrutura da quitosana, onde a eletronegatividade das ligações gera sítios de alta polaridade, que são favoráveis ao rearranjo das moléculas de água em torno desses sítios, caracterizando o material com alto grau de hifrofilicidade.³⁷ Por causa de sua boa biocompatibilidade é amplamente utilizada para fabricação de embalagens de alimentos, biossensores, tratamento de água e entrega de fármacos.^{34,31}

A combinação de grafeno e do óxido de grafeno com quitosana resulta em um nanocompósito com propriedades mecânicas melhoradas. Esses nanomateriais tem várias aplicações e menor impacto ambiental se comparado ao uso de nanocompósitos com matrizes derivadas do petróleo.³⁸ Os grupos funcionais do GO e rGO viabilizam reações com grupos amina ou hidroxila formando ligações amida ou éster. Por conseguinte, a quitosana pode ser inserida pela formação de ligações amida entre os grupos reativos da quitosana e os grupos carboxílicos presentes no GO, representados na Figura 2.

Figura 2 – Representação do nanocompósito de óxido de grafeno/quitosana.



O uso de nanocompósitos de CS-GO se destacam devido ao elevado potencial de imobilização/encapsulamento de fármacos e a combinação destes dois materiais aumenta a dispersibilidade e estabilidade a soluções aquosas ácidas e neutras/fisiológicas, condições necessárias para sistemas carregadores e biocompatíveis.^{8,9,10,11}

O intuito desse estudo foi a síntese e a caracterização de nanocompósitos poliméricos de óxido de grafeno (GO-CS), óxido de grafeno reduzido (rGO-CS) e grafeno (GFN-CS) com quitosana (hepatoprotetor) por uma metodologia mais verde, para futuramente serem aplicados como carreadores de compostos farmacologicamente ativos.

METODOLOGIA

Síntese dos Nanomateriais rGO, GO e GFN por uma rota mais verde

Síntese do óxido de grafeno reduzido (rGO) por uma rota mais verde

A síntese do óxido de grafeno reduzido foi baseada na publicação de Ambrosi e Pumera (2016)²⁹ e no trabalho de Massante (2021)³⁹, em meio ácido. Primeiramente, foi preparada uma solução de ácido hidrossulfúrico a 1,00 mol/L. Após isso, foi montado o sistema reacional que consistiu em um becker de 25 mL, e dois eletrodos de grafite (lápiz de carpinteiro da marca CIS). Alguns parâmetros físicos foram padronizados como: a distância entre os eletrodos de grafite, isto é, a distância entre o cátodo (+) e ânodo (-) (3,50 cm), a altura de cada eletrodo do fundo do becker (1 cm), temperatura (25 °C), volume de solução de ácido hidrossulfúrico (20 mL), voltagem (10,00 V) e tempo (1 h). Decorrido esse tempo, o resíduo oxidado no fundo do Becker foi removido do sistema reacional, filtrado e lavado até que atingisse o pH da água destilada que nesse caso foi igual a 6,00, devido a presença de CO₂ dissolvido. Para finalizar o rGO foi seco em estufa a 80 °C. O rGO obtido foi armazenado, para, posteriormente, ser caracterizado por difração de raios X (DRX), Espectroscopia Raman, Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), análise textural e análise térmica (TG).

Síntese do óxido de grafeno (GO) por uma rota mais verde

A síntese do óxido de grafeno foi baseada na publicação de Vitore, Acocella e Guerra (2019)⁴⁰, em solução de peróxido de hidrogênio. Primeiramente, foi preparada uma solução de peróxido de hidrogênio a 30%, 500 mL. Após isso, foi adicionada a essa solução 2,0 g de rGO (obtido no item 2.1.1), resultando em uma suspensão que foi mantida sob agitação (400 rpm), a 60 °C por 6 h. Decorrido esse tempo, o rGO oxidado foi removido do sistema reacional por filtração e o sólido obtido (GO) foi seco em estufa a 80 °C por 16 h. O GO obtido foi armazenado, para, posteriormente, ser caracterizado de acordo com as técnicas analíticas do item 2.1.1.

Síntese do grafeno (GFN) por uma rota mais verde

A síntese do grafeno foi realizada em mufla. Primeiramente, foram adicionados 4,0 g de rGO (obtido no item 2.1.1), em um cadinho. Após isso, o sólido foi levado à mufla: rampa de aquecimento de 10 °C por minuto até 600 °C, permanecendo nessa temperatura por 2 min. Após a mufla atingir 40 °C o sólido obtido (GFN) foi armazenado, para, posteriormente, ser caracteri-

zado de acordo com as técnicas analíticas do item 2.1.1.

Síntese dos nanocompósitos rGO-CS, GO-CS e GFN-CS por uma rota mais verde

Síntese do nanocompósito rGO-CS por uma rota mais verde

Essa síntese foi baseada na publicação de Sabzevari (2018).³⁷ Em um becker foram adicionados 1,500 g de rGO e 500 mL de água destilada, formando uma suspensão de 3,00 g/L, que foi mantida em agitação (300 rpm) por 30 min. Após foi feita uma solução com 0,450 g de quitosana dissolvida em 90 mL de ácido acético (2%, 88,19 mL água destilada + 1,81 mL de ácido acético, 99,5% de pureza), resultando em uma solução com concentração de 5,00 g/L. Essa solução de quitosana foi adicionado lentamente, à suspensão de rGO e H₂O destilada e essa mistura permaneceu sob agitação por 4 h.

Após, o pH da mistura foi aumentado de 5,0 para 7,0 com uma solução de NaOH (2,00 mols/L), e a mistura foi mantida sob agitação constante por mais 16 h. Após esse período, a solução foi filtrada e lavada 3 vezes com 50 mL de água destilada e seca em estufa a 50 °C por 12 h e o sólido foi caracterizado pelas técnicas analíticas do rGO.

Síntese do nanocompósito GO-CS por uma rota mais verde

A síntese do GO-CS foi baseada na publicação de Sabzevari (2018)³⁷ seguindo o procedimento descrito no GO.

Síntese do nanocompósito GFN-CS por uma rota mais verde

A síntese do GFN-CS foi baseada na publicação de Sabzevari (2018)³⁷ seguindo o procedimento descrito no rGO-CS.

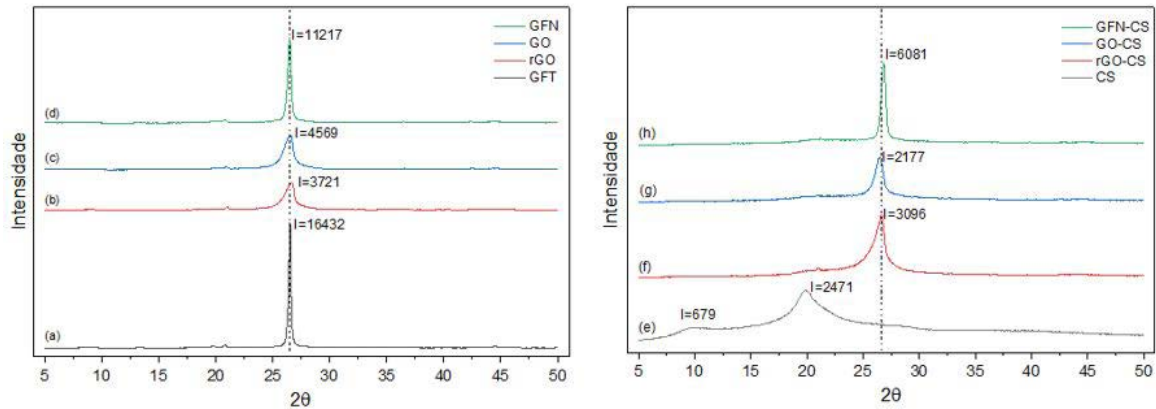
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização dos nanomateriais e nanocompósitos

Difratometria de Raios – X

A Figura 3 apresenta os difratogramas do grafite (GFT) e dos nanomateriais óxido de grafeno reduzido (rGO), óxido de grafeno (GO), grafeno (GFN) e de seus respectivos nanocompósitos poliméricos de quitosana, como rGO-CS, GO-CS e GFN-CS.

Figura 3 – Difratomogramas de Raios-X do (a) grafite de lápis de carpinteiro, GFT; (b) do óxido de grafeno reduzido, rGO, formado pela esfoliação-oxidação simultânea do grafite; (c) do óxido de grafeno, GO, formado pela oxidação do rGO com H_2O_2 ; (d) do grafeno, GFN, formado pela decomposição térmica do rGO a $600\text{ }^\circ\text{C}$; (e) da matriz polimérica quitosana, CS; (f) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial rGO e da matriz polimérica CS, rGO-CS, na razão mássica de 1:03 m/m; (g) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial GO e da matriz polimérica CS, GO-CS, na razão mássica de 1:03 m/m; e (h) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial GFN e da matriz polimérica CS, GFN-CS, na razão mássica de 1:03 m/m.



O grafite de lápis de carpinteiro (GFT), figura 3(a), mostrou como característica um pico de difração em $2\theta = 26,51^\circ$ no plano (002) de alta intensidade o que representa alta cristalinidade para esse material. Após, o processo de esfoliação oxidativa, Figura 3(b), o pico apresentou um pequeno deslocamento para $2\theta = 26,45^\circ$ e uma grande perda de cristalinidade em comparação com seu material de partida, indicando a eficiência do processo de esfoliação. Porém, baixa eficiência para o processo de oxidação, gerando o óxido de grafeno reduzido.⁴¹ Figura 3(c), o pico do GO apresentou um pequeno deslocamento para 2θ menores ($26,38^\circ$) e um leve aumento na cristalinidade em comparação com seu material de partida (rGO), indicando que ocorreu uma reorganização no nanomaterial durante a sua oxidação com H_2O_2 , o alargamento desse pico também sugerem a remoção de carbonos amorfos pela H_2O_2 durante o processo de oxidação.⁴⁰ Já na Figura 3(d), o pico do GFN apresentou um pequeno deslocamento para 2θ maiores ($26,46^\circ$) e um grande aumento na sua cristalinidade, quando comparado ao material de partida (rGO). Isso indicou que ocorreu redução térmica por decomposição dos grupos oxigenados presentes na estrutura do rGO durante seu aquecimento resultando na formação do grafeno (GFN) multilayer.⁴²

A Figura 3(e) apresentou um pico em $2\theta = 20,30^\circ$, característico de quitosana de baixo peso molecular e de baixa cristalinidade.³⁷ Os difratogramas das Figuras 3(f), 3(g) e 3(h) indicaram que a quitosana foi introduzida aos nanomateriais e que houve interação com os grupos funcionais da CS, sugerindo a formação dos nanocompósitos poliméricos: rGO-CS, GO-CS e GFN-CS. Em todos os casos o pico em $2\theta = 20,30^\circ$ da CS, Figura 3(e), desapareceu durante a formação dos nanocompósitos poliméricos, indicando a eficiência da reticulação da CS em todos os nanomateriais.³⁷

A partir dos dados obtidos através da análise de difração de raios-X foi possível determinar as distâncias entre as camadas pela Lei de Bragg, os tamanhos médios dos cristalitos pela Equação de Scherrer e o número de camadas empilhadas (Equação 1) presentes nos nanomateriais (rGO, GO e GFN) e nos seus respectivos nanocompósitos poliméricos (rGO-CS, GO-CS e GFN-CS).⁴³⁻⁴⁸

- Número de camadas empilhadas:

$$L_{001} = (N-1)d_{001} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde ^{44,45}:

N = número de camadas empilhadas;

L_{001} = tamanho médio de cristalito (nm), no plano de difração (001);

d_{001} = distância entre as camadas de material ou espaçamento basal (nm), no plano de difração (001).

A Tabela 1 apresenta os valores estimados para a distância interlamelar, tamanho médio de cristalito e número de camadas formadoras dos nanomateriais e nanocompósito polimérico.

Tabela 1 - Valores estimados para a distância interlamelar (d_{002}), tamanho médio de cristalito (L_{002}) e número de camadas formadoras (N) dos nanomateriais e nanocompósitos poliméricos.

Nanomateriais	2 θ	d_{001} (nm)	L_{001} (nm)	N
GFT	26,51	0,3360	30,83	91
rGO	26,45	0,3367	6,58	19
GO	26,38	0,3376	7,05	20
GFN	26,46	0,3366	8,62	25
CS	20,30	-	4,45	-
rGO-CS	26,37	0,3377	7,14	12
GO-CS	26,42	0,3371	9,24	20
GFN-CS	26,68	0,3338	30,83	27

A Tabela 1 mostra que houve pouco aumento da diferença nas distâncias interlamelares dos materiais, indicando o baixo grau de oxidação do grafite. Porém, alta esfoliação de 91 camadas do GFT para 19 e 12 camadas no nanomaterial (rGO) e no nanocompósito polimérico (rGO-CS), respectivamente. Houve também, uma significativa diminuição do tamanho de cristalito do GFT (30,83 nm) para o nanomaterial esfoliado rGO (6,58 nm) e para o seu respectivo nanocompósito polimérico (4,45 nm) formado.

Para o GO, comparando com seu precursor (rGO) a distância intercamadas não apresentou mudanças significativas, sugerindo que a oxidação intercamada é desprezível e que a maioria dos grupos oxidados estão localizados em sítios expostos dos cristalitos. Por causa da maior reatividade dos carbonos presentes nas bordas dos cristalitos em relação aos carbonos sp² das faces basais, pode ser assumido que a maioria dos grupos que foram oxidados pela H₂O₂ estão localizados nas bordas laterais dos cristalitos.⁴⁰ Ao comparar o tamanho médio dos cristalitos do GO (7,45 nm) e do GO-CS (7,14 nm) foi observado que não houveram mudanças significativas e que o número de camadas não sofreu modificação.

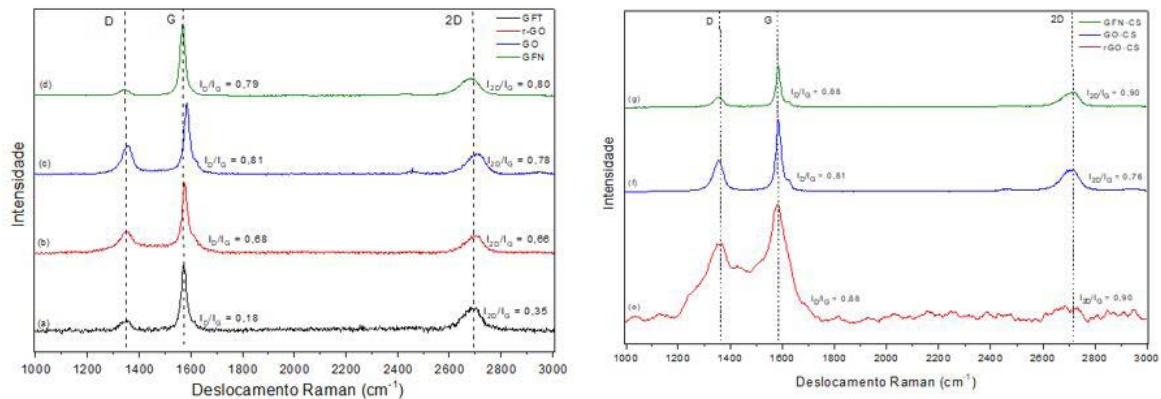
Já para o caso do GFN e do GFN-CS, tanto o tamanho médio dos cristalitos quanto número de camadas foram alterados, sendo os maiores valores obtidos para o nanocompósito polimérico.

Para uma melhor compreensão sobre a eficiência do processo de oxidação e de redução foram realizadas análises por espectroscopia Raman e Infravermelho.

Espectroscopia Raman

A Figura 4 apresenta os espectros de Raman obtidos para o grafite, óxido de grafeno reduzido (rGO), óxido de grafeno (GO) e grafeno (GFN), e de seus respectivos nanocompósitos poliméricos de quitosana, rGO-CS, GO-CS e GFN-CS.

Figura 4 – Espectros Raman do (a) grafite de lápis de carpinteiro, GFT; (b) do óxido de grafeno reduzido, rGO, formado pela esfoliação-oxidação simultânea do grafite; (c) do óxido de grafeno, GO, formado pela oxidação do rGO com H₂O₂; (d) do grafeno, GFN, formado pela decomposição térmica do rGO a 600 °C; (e) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial rGO e da matriz polimérica CS, rGO-CS, na razão mássica de 1:03 m/m; (f) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial GO e da matriz polimérica CS, GO-CS, na razão mássica de 1:03 m/m; e (g) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial GFN e da matriz polimérica CS, GFN-CS, na razão mássica de 1:03 m/m.



A banda D do grafite, que corresponde ao modo de vibração de átomos de carbonos hibridizados sp^3 , Figura 4(a), apresenta intensidade mínima em 1357 cm^{-1} e isso ocorre pela alta cristalinidade (organização) dos carbonos com hibridização sp^2 ,^{37,41} visualizada, também, pela técnica de difração de raios X na Figura 5(a). Já a banda D do rGO e do GO (Figura 4(b), (c) e (d)) se deslocaram para comprimentos de onda menores 1351 e 1355 cm^{-1} , em relação ao GFT. O nanomaterial rGO mostrou um aumento de intensidade devido a desorganização estrutural em relação a banda D do GFT, após o processo de esfoliação-oxidação. Enquanto, o nanomaterial GO teve um aumento na intensidade da banda D superior ao rGO, indicando que a oxidação do rGO para a obtenção do GO foi eficiente como demonstrada nos trabalhos do grupo de Vittore (2019).⁴⁰ O aumento da intensidade da banda D indica que houve a ruptura da ligação C=C, pela oxidação do GFT a rGO e da oxidação do rGO a GO, conseqüentemente, um aumento de átomos carbonos com hibridização sp^3 .^{37,41} Esse fenômeno ocorre em função de imperfeições criadas pela inserção de grupos oxigenados no plano basal das camadas de carbono, causando uma desordem parcial da estrutura.^{37,41}

Entretanto, a banda D do GFN em 1348 cm^{-1} apresentou uma diminuição em sua intensidade quando comparada a intensidade de seu precursor rGO em 1351 cm^{-1} . A diminuição da intensidade da banda D indica que houve a formação da ligação C=C, pela redução térmica do rGO a GFN e, conseqüentemente, um aumento de átomos carbonos com hibridização sp^3 se convertendo em carbonos com hibridização sp^2 .^{37,41}

A banda G corresponde ao modo de vibração de átomos de carbono hibridizados sp^2 . A cristalinidade da estrutura gráffica é inversamente proporcional a razão I_D/I_G . Desta forma, quanto maior for a razão I_D/I_G , maior a quantidade de defeitos estruturais nos materiais; em outras palavras quando $I_D/I_G > 1$ indica a interrupção na hibridização sp^2 devido à grande quantidade de

defeitos. Enquanto a $I_D/I_G < 1$ é característica de um material com menos defeitos estruturais e uma melhor rede grafítica.^{37,41}

Após a esfoliação-oxidação do GFT a rGO, o I_D/I_G aumentou de 0,18 (GFT) para 0,68 (rGO) e após a oxidação do rGO (0,68) para GO (0,81). Isto pode indicar uma reorganização estrutural e uma mudança na hibridação de C sp^2 para C sp^3 . Ao comparar a relação I_D/I_G observada nos espectros de rGO (0,68) e GFN (0,79), observa-se uma pequena diferença, sugerindo que o GFN apresentou uma redução mais efetiva.

Os espectros dos nanocompósitos poliméricos de quitosana rGO-CS Figura 4 (e), GO-CS Figura 4 (f) e GFT-CS Figura 4 (g) bem como seus valores de I_D/I_G (0,69; 0,81 e 0,88, respectivamente) sugerem que na montagem/reticulação dos nanocompósitos onde houve um rearranjo estrutural, quando comparados aos seus respectivos nanomateriais,³⁷ como pode ser visto pela técnica de difração de raios-X da Figura 3.

Para a quitosana não foram observadas bandas detectáveis pela técnica de espectroscopia Raman, pois a quitosana apresenta fotoluminescência.

Com a finalidade de verificar quais grupos oxigenados foram introduzidos e removidos durante o processo de esfoliação-oxidação do GFT a GO; oxidação do rGO a GO; e no processo de redução do rGO a GFN; bem como a formação de seus respectivos nanocompósitos poliméricos de quitosana (rGO-CS, GO-CS e GFN-CS) foi utilizado a técnica de espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier.

Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR

A Figura 5 apresenta os espectros no Infravermelho do grafite (GFT) e dos nanomateriais óxido de grafeno reduzido (rGO), óxido de grafeno (GO), grafeno (GFN) e de seus respectivos nanocompósitos poliméricos de quitosana, como rGO-CS, GO-CS e GFN-CS.

Figura 5 – Espectros no Infravermelho do (a) grafite de lápis de carpinteiro, GFT; (b) do óxido de grafeno reduzido, rGO, formado pela esfoliação-oxidação simultânea do grafite; (c) do óxido de grafeno, GO, formado pela oxidação do rGO com H_2O_2 ; (d) do grafeno, GFN, formado pela decomposição térmica do rGO a 600 °C; (e) da matriz polimérica quitosana, CS; (f) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial rGO e da matriz polimérica CS, rGO-CS, na razão mássica de 1:03 m/m; (g) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial GO e da matriz polimérica CS, GO-CS, na razão mássica de 1:03 m/m; e (h) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial GFN e da matriz polimérica CS, GFN-CS, na razão mássica de 1:03 m/m.

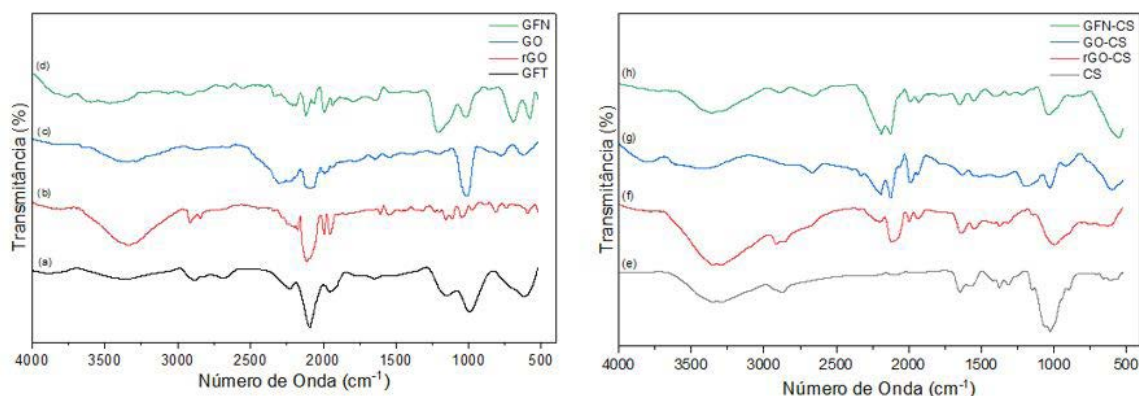


Tabela 3 – Atribuições das principais bandas dos espectros de infravermelho para os materiais GFT, rGO, GO, GFN.

Número de Onda (cm ⁻¹)				Atribuições das principais bandas
GFT	rGO	GO	GFN	
3369	3360	3341	3438	Vibração de alongamento das ligações -OH. ^{10,54} Podendo ser atribuídas, também, às ligações -COOH e C-OH. ⁴⁵
2887 2831	2913 2842	2854	2927	Vibrações de alongamento das ligações C-H em CH ₃ e CH ₂ . ⁵⁵
2096	2111 2086	2087	2118 2063	Ligações C=C-C ou C=C=O conjugadas das lamelas de grafeno e óxido de grafeno reduzido, respectivamente. Ou CO ₂ . ^{54,55}
1950	2000 1950	1990	1990 1929	Ligação C-H de aromáticos. ^{54,55}
1650	1612	1643	1801 1649	Ligações C=C associadas às vibrações de grafite não oxidados, predomínio de C sp ² . ^{10,54-56}
1643	1600	1606	1637	Vibrações de C=C conjugado de aromáticos. ^{54,55}
-	1538	1533	-	Vibrações das ligações do grupo carbonila (-C=O) do rGO e vibrações dos grupos epóxi. ^{54,55}
-	1444	1417	-	Vibrações de alongamento do grupo carboxila (-COOH). ⁵⁴
-	1365	1387	-	Vibração da ligação -OH de álcoois. ^{54,55}
-	1234	-	-	Ligações C-OH (rGO). ^{10,54-56}
1158	1204 1158	1204	1200	Ligação C-O de álcoois e fenóis. ^{54,55}
-	1121	1121	-	Ligação C6-OH do grupo alcoólico primário. ^{10,54}
-	1051	1010	-	Vibração de alongamento das ligações C-O-C do grupo epóxi. ^{10,54-56}
995	980	937	949	Vibração das ligações C=C. ^{54,55}
-	894	864	876	Vibração das ligações do anel aromático. ^{54,55}
797	815	845	833	Vibração das ligações C-H. ^{54,55}
614	590	620	694	Vibração das ligações de estruturas derivadas do benzeno. ^{54,55}

O espectro do grafite GFT, figura 5(a), apresentou bandas referentes às vibrações das ligações de C sp², das camadas de grafeno que são formadoras do grafite; uma banda de baixa intensidade em 3369 cm⁻¹ referente às ligações dos grupos -OH, e uma banda em 1158 cm⁻¹, relativo à presença de ligações C-O de álcoois e fenóis, sugerindo que o grafite comercial possui baixo grau de oxidação.

Porém, no espectro do rGO, figura 5(b), aparece um pico muito intenso em 3360 cm⁻¹ referente às ligações dos grupos -OH, indicando a inserção de grupos -OH na estrutura do GFT durante o processo de esfoliação-oxidação do grafite. A Figura 5(b) mostra a inserção de grupos oxigenados na estrutura do grafite, como: carbonilas (1538 cm⁻¹); carboxilas (1444 cm⁻¹); álcoois e fenóis (1365 cm⁻¹, 1234 cm⁻¹, 1204 cm⁻¹, 1158 e 1121 cm⁻¹); e grupos epóxi (1051 cm⁻¹), como mencionado nas literaturas.^{10,37,41,54-56}

A Figura 5(c) mostra como o rGO ficou após ser oxidado a GO. Os grupos oxigenados mantiveram-se: carbonilas (1533 cm⁻¹); carboxilas (1417 cm⁻¹); álcoois e fenóis (1387 cm⁻¹, 1204 cm⁻¹ e 1121 cm⁻¹); e grupos epóxi (1010 cm⁻¹).^{10,37,41,54-56} Todavia, a banda do rGO das ligações dos grupos -OH em 3360 cm⁻¹, após ser oxidado com H₂O₂ a 60 °C, foi deslocada e sofreu alargamento, aparecendo em 3341 cm⁻¹.

A Figura 5(d) mostra como o rGO ficou após ser reduzido termicamente a GFN. As bandas características de ligações existentes nos grupos carbonilas, carboxilas, álcoois, fenóis e epóxi desapareceram.^{10,37,41,54-56} Entretanto, banda do rGO referente às ligações dos grupos -OH em 3360 cm⁻¹, após ser reduzido termicamente a GFN, foi mantida. Em 3438 cm⁻¹ a mesma banda aparece, sugerindo que o GFN possui baixo grau de oxidação, porém menor do que no grafite comercial GFT.

Tabela 4 – Atribuições das principais bandas dos espectros de infravermelho para a matriz polimérica CS e para os nanocompósitos rGO-CS, GO-CS e GFN-CS.

Número de Onda (cm ⁻¹)				Atribuições das principais bandas
CS	rGO-CS	GO-CS	GFN-CS	
3349	3329	3439	3347	Vibração de alongamento das ligações -OH. ^{10,54} Podendo ser atribuídas, também às ligações -COOH e C-OH. ⁴⁵
3288	3273	-	3297	Vibrações de alongamento de ligações O-H sobrepostas com as bandas de grupos NH ₂ - devido à vibração de alongamento de ligação N-H. ^{54,55}
2867 2862	2913 2842	2829	2889	Vibrações de alongamento das ligações C-H em CH ₃ e CH ₂ . ⁵⁵
2328	2663 2349	2663 2394	2660 2459	Ligações C=C-C ou C=C=O conjugadas das lamelas de grafeno e óxido de grafeno reduzido, respectivamente. Ou CO ₂ . ^{54,55}
2000	1995 1939	2195 2129	2189 2124	Ligação C-H de aromáticos. ^{54,55}
1644	1634	1628	1650	Vibrações de alongamento do grupo carbonila (C=O) amida CONHR (amida secundária) (CS); vibração de alongamento de C=O do grupo amida. ^{54,55} Vibração de alongamento da carbonila em ligações acetiladas do grupo amino. ¹⁰
1554	1544	1534	1545	Vibrações das ligações do grupo carbonila (-C=O) do rGO e vibrações do grupo amina protonados e grupos amina da CS. No entanto, sofreu uma pequena mudança devido à formação de amida entre os grupos de amina livre CS e os grupos epóxi do rGO (CS-GO). ^{54,55}
1424	1418	-	1407	Vibrações das ligação O-H do grupo álcool da estrutura da quitosana e vibrações do grupo carboxila (-COOH). ^{54,55}
1376	1374	1377	1394	Vibrações de alongamento das ligações C-H dos grupos metil e metileno. ⁵⁵
1313	1308	-	1302	Vibrações de alongamento das ligações C-H dos grupos metil e metileno. ⁵⁵
1147	1137	1126	1159	Ligação C-O de álcoois e fenóis. ^{54,55}
1061	-	1027	1043	Vibrações de alongamento da ligação glicosídica da estrutura da quitosana. ⁵⁵
1026	1010	-	1032	Vibração de alongamento da ligação C=O de -NHCO-, da ligação glicosídica. ⁵⁶
894	-	-	-	Banda das ligações da glicopiranosose da CS. ⁵⁶
-	889	911	872	Vibração das ligações do anel aromático. ^{54,55}
-	615	608	553	Vibração das ligações de estruturas derivadas do benzeno. ^{54,55}

O espectro da quitosana é mostrado na Figura 5(e) e suas principais bandas se concentram na região entre 1137-878 cm⁻¹, e são relacionadas à unidade do anel glicopiranosose formada da estrutura da quitosana. Outras bandas importantes aparecem em 1644 cm⁻¹ (ligação C=O da amida secundária) e 1554 cm⁻¹ (ligação N-H da amida).

As Figuras 5(f) a Figura 5(g) apresentam os espectros dos nanocompósitos poliméricos formados entre os nanomateriais rGO, GO, GFN, com a matriz polimérica CS para a formação

do nanocompósitos poliméricos rGO-CS, GO-CS e GFN-CS, respectivamente. Esses espectros mostram a ausência ou diminuição da intensidade das bandas na Figura 5(e) quando comparada com as Figuras 5(f), (g) e (h) localizadas entre $1600-910\text{ cm}^{-1}$. Outra observação importante é o desaparecimento da banda em 894 cm^{-1} na Figura 5(f) quando comparada com o espectro da quitosana, figura 5(e). As bandas referentes às ligações N-H do grupo amida (1634 , 1628 e 1650 cm^{-1}) no nanocompósito foram muito semelhantes às bandas referentes às ligações do grupo amida da quitosana (1644 cm^{-1}). Vale ressaltar que houve deslocamento no número de onda e alargamento nessa banda quando comparada com os espectros do nanocompósitos rGO-CS, GO-CS e GFN-CS. O desaparecimento de algumas bandas, bem como a mudança da intensidade e o alargamento de outras bandas sugerem a formação dos nanocompósitos poliméricos rGO-CS, GO-CS e GFN-CS.⁵⁷

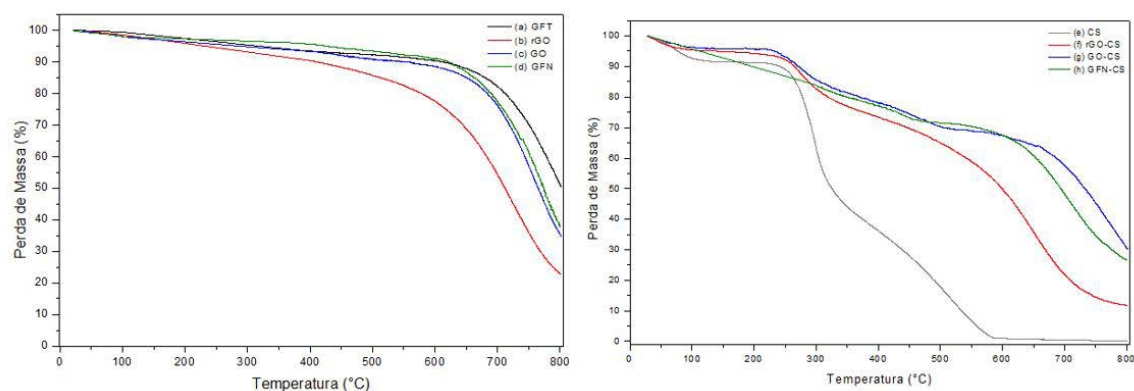
A formação dos nanocompósitos poliméricos rGO-CS, GO-CS e GFN-CS também foi, anteriormente, sugerida através das análises de difração de raios-X e de espectroscopia Raman.

Análises térmicas também podem ser empregadas para estudar a possível formação dos nanomateriais e nanocompósitos poliméricos estudados e desenvolvidos neste trabalho, além disso, pode prever a estabilidade térmica dos mesmos.

Análises Térmicas

A Figura 6 apresenta os termogramas de todos os nanomateriais (GFT, rGO, GO e GFN), da matriz polimérica (CS) envolvidos para a construção dos nanocompósitos rGO-CS, GO-CS e GFN-CS.

Figura 6 – Análise Termogravimétrica do (a) grafite de lápis de carpinteiro, GFT; (b) do óxido de grafeno reduzido, rGO, formado pela esfoliação-oxidação simultânea do grafite; (c) do óxido de grafeno, GO, formado pela oxidação do rGO com H_2O_2 ; (d) do grafeno, GFN, formado pela decomposição térmica do rGO a $600\text{ }^\circ\text{C}$; (e) da matriz polimérica quitosana, CS; (f) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial rGO e da matriz polimérica CS, rGO-CS, na razão mássica de 1:03 m/m; (g) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial GO e da matriz polimérica CS, GO-CS, na razão mássica de 1:03 m/m; e (h) do nanocompósito polimérico formado a partir do nanomaterial GFN e da matriz polimérica CS, GFN-CS, na razão mássica de 1:03 m/m.



De acordo com os resultados obtidos pela Figura 6, tendo como base a literatura específica,^{49,50,56-59} foram realizadas as discussões para os eventos térmicos que ocorreram para cada um dos materiais estudados na faixa de temperatura de $25-800\text{ }^\circ\text{C}$:

GFT: Apresentou 4 eventos: o primeiro em $83\text{ }^\circ\text{C}$, atribuído a moléculas de água fisiosorvidas na superfície do grafite com perda de $0,28\%$; o segundo em $150\text{ }^\circ\text{C}$, atribuído a água

entre as lamelas do grafite com perda de 3,20%; o terceiro em 292 °C, atribuído a pirólise das lamelas menos estáveis e parcialmente oxidadas da estrutura do grafite, liberando CO, CO₂ e H₂O e com perda de massa de 6,80%, esse resultado concorda com o espectro de infravermelho do GFT; e o último evento térmico em 640°C, atribuído a decomposição das lamelas mais estáveis do grafite (formadas por C sp²) obtendo a maior perda de 39,12%. Porém, a perda total de massa do grafite foi de 49,22%, sendo a mais estável em comparação com os demais materiais estudados.^{49,50,56-59}

rGO: Apresentou 6 eventos: o primeiro em 195 °C, atribuído às moléculas de água fisiosorvidas na superfície do rGO com perda de massa de 3,86%; o segundo em 258 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais oxigenados menos estáveis na estrutura rGO com perda de 1,67%; o terceiro em 308 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais mais estáveis da estrutura rGO com perda de massa 1,93%; o quarto em 593 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais mais estáveis na estrutura rGO com perda 12,65%; o quinto em 615 °C, atribuído a continuação da decomposição dos grupos funcionais mais estáveis na estrutura rGO e dos carbonos sp³ com perda de massa 21,30%; o sexto e último evento em 703 °C, atribuído a decomposição das lamelas do rGO (carbonos sp²) com a maior perda de 34,68%. O rGO teve perda total de 76,09% de sua massa inicial.^{49,50,56-59}

GO: Apresentou 6 eventos: o primeiro em 70 °C, atribuído às moléculas de água fisiosorvidas na superfície do GO com perda de massa de 0,98%; o segundo em 186 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais oxigenados menos estáveis na estrutura GO com perda de 3,26%; o terceiro em 334 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais mais estáveis da estrutura GO com perda de massa 2,16%; o quarto em 500 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais mais estáveis na estrutura GO com perda 2,87%; o quinto em 566 °C, atribuído a continuação da decomposição dos grupos funcionais mais estáveis na estrutura GO e dos carbonos sp³ com perda de massa 1,30%; o sexto e último evento em 643 °C, atribuído a decomposição das lamelas do GO (carbonos sp²) com a maior perda de 54,65%. O GO teve perda total de 65,22% de sua massa inicial.^{49,50,56-59}

GFN: Apresentou 4 eventos: o primeiro em 83 °C, atribuído a moléculas de água fisiosorvidas na superfície do GFN com perda de 1,55%; o segundo em 310 °C, atribuído a água entre as lamelas do GFN com perda de 2,67%; o terceiro em 470 °C, atribuído a pirólise das lamelas menos estáveis e parcialmente oxidadas da estrutura do GFN, liberando CO, CO₂ e H₂O e com perda de massa de 3,08%, esse resultado concorda com o espectro de infravermelho do GFT; e o último evento térmico em 741°C, atribuído a decomposição das lamelas mais estáveis do GFN (formadas por C sp²) obtendo a maior perda de 51,17%. Porém, a perda total de massa do GFN foi de 61,77%, sendo menos estável em comparação com GFT.^{49,50,56-59}

CS: Apresentou 6 eventos: o primeiro em 70 °C, atribuído a moléculas de água fisiosorvidas na superfície do com perda de massa de 7,20%; o segundo em 150 °C, atribuído a moléculas de água fisiosorvidas na superfície e no interior da estrutura da quitosana com perda de 3,34%; os outros eventos em 310, 403, 509 e 686 °C foram atribuídos a decomposição da quitosana, perdendo 46,82; 11,77; 9,37 e 21,50%, respectivamente. A decomposição da quitosana foi completa na faixa de 25-800 °C.^{49,50,56-59}

rGO-CS: Apresentou 6 eventos: o primeiro em 77 °C, atribuído a moléculas de água fisiosorvidas na superfície do nanocompósito com perda de massa de 3,56%; o segundo em

178 °C, atribuído a moléculas de água fisiossorvidas no interior do nanocompósito com perda de 1,88%; o terceiro em 270 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais menos estáveis da estrutura rGO e decomposição parcial da estrutura da quitosana com perda de massa de 10,01%; o quarto em 318 °C, atribuído a com perda 23,54%; o quinto em 634 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais mais estáveis na estrutura rGO e decomposição da estrutura da quitosana com a maior perda de massa 46,80%; o sexto e último evento em 786 °C, atribuído a decomposição das lamelas do rGO (carbonos sp^2) e total decomposição da quitosana com perda de massa de 3,09%. O rGO-CS teve perda total de 88,88% de sua massa inicial.^{49,50,56-59} O aumento da estabilidade do rGO-CS, quando comparado com a estabilidade térmica da CS, também sugere a formação do nanocompósito polimérico. Os resultados obtidos pelas análises térmicas indicam que a formação do rGO-CS ocorreu de forma favorável, demonstrado em todas as análises realizadas anteriormente.

GO-CS: Apresentou 6 eventos: o primeiro em 63 °C, atribuído a moléculas de água fisiossorvidas na superfície do nanocompósito com perda de massa de 3,02%; o segundo em 141 °C, atribuído a moléculas de água fisiossorvidas no interior do nanocompósito com perda de 0,99%; o terceiro em 257 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais menos estáveis da estrutura GO e decomposição parcial da estrutura da quitosana com perda de massa de 10,67%; o quarto em 380 °C, atribuído a com perda 13,20%; o quinto em 579 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais mais estáveis na estrutura GO e decomposição da estrutura da quitosana com a maior perda de massa 8,14%; o sexto e último evento em 726 °C, atribuído a decomposição das lamelas do GO (carbonos sp^2) e total decomposição da quitosana com perda de massa de 32,60%. O GO-CS teve perda total de 68,80% de sua massa inicial.^{49,50,56-59} Os resultados obtidos pelas análises térmicas indicam que a formação do GO-CS ocorreu de forma favorável, como indicava todas as análises realizadas anteriormente.

GFN-CS: Apresentou 6 eventos: o primeiro em 49 °C, atribuído a moléculas de água fisiossorvidas na superfície do nanocompósito com perda de massa de 2,76%; o segundo em 169 °C, atribuído a moléculas de água fisiossorvidas no interior do nanocompósito com perda de 13,73%; o terceiro em 257 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais oxigenados remanescentes e menos estáveis da estrutura GFN (como visto na análise de FTIR) e decomposição parcial da estrutura da quitosana com perda de massa de 5,11%; o quarto em 414 °C, atribuído a com perda 5,91%; o quinto em 520 °C, atribuído a decomposição dos grupos funcionais oxigenados remanescentes e mais estáveis na estrutura GFN (como visto na análise de FTIR) e decomposição da estrutura da quitosana com a menor perda de massa 2,37%; o sexto e último evento em 654 °C, atribuído a decomposição das lamelas do GFN (carbonos sp^2) e total decomposição da quitosana com perda de massa de 43,82%. O GFN-CS teve perda total de 73,70% de sua massa inicial.^{49,50,56-59} Os resultados obtidos pelas análises térmicas indicam que a formação do GO-CS ocorreu de forma favorável, como indicava todas as análises realizadas anteriormente.

Após a avaliação da estabilidade térmica desses materiais, se faz necessário, também, avaliar as propriedades texturais dos mesmos, como área específica e porosidade.

Análises Texturais

A Tabela 6 apresenta os valores de área específica (método B.E.T) e porosidade - vo-

lume de poros (método t-plot* e B.J.H**) e tamanho médio de poros (método B.J.H) - do grafite (GFT), dos nanomateriais (rGO, GO e GFN), da matriz polimérica (CS) e dos nanomateriais poliméricos de quitosana sintetizados (rGO-CS, GO-CS e GFN-CS).

Tabela 6 – Área específica e porosidade dos nanomateriais GFT, rGO, GO e GFN; da matriz polimérica CS e dos nanocompósitos poliméricos rGO-CS, GO-CS, GFN-CS sintetizados dos nesse trabalho.

Materiais	Área Específica (m² g⁻¹)	Volume de Poros (cm³ g⁻¹)*	Volume de Poros (cm³ g⁻¹)**	Tamanho Médio de Poros (nm)
GRF	4,30	-	0,0500	10,96
rGO	16,38	-	0,0400	9,30
GO	32,18	0,0047	0,0500	10,31
GFN	31,67	0,0009	0,0700	10,10
CS	0,55	0,0001	0,0003	43,75
rGO-CS	9,36	-	0,0400	15,92
GO-CS	9,54	-	0,0390	15,32
GFN-CS	9,72	-	0,0380	15,10

*Microporos (calculados pelo método t-plot); **Mesoporos (calculados pelo método BJH).

A área específica do GFT, 4,30 m² g⁻¹, mostrou-se muito próxima às encontradas nas literaturas consultadas, em torno de 4 m² g⁻¹.^{60,61}

O rGO mostrou uma área específica de 16,38 m² g⁻¹, maior do que a área específica de GFT, o que esperado pelo processo de esfoliação-oxidação eletroquímica. Porém, o processo eletroquímico normalmente produzirá um rGO com menor área específica quando comparado à esfoliação-oxidação pelo método tradicional de Hummers.^{62,63} O GO e o GFN apresentaram área específica de 32,18 e 31,67 m² g⁻¹, respectivamente. Aproximadamente 50% maiores do que a área específica do rGO, sugerindo a remoção de carbonos amorfos pela H₂O₂, durante a síntese do GO, como mencionado na análise de DRX. Entretanto, esses valores de área específica foram menores que os valores encontrados na literatura para esses materiais sintetizados pelo método de Hummers.^{62,63}

Já os nanocompósitos poliméricos rGO-CS, GO-CS e GFN-CS apresentaram valores de área específica bem menores que os seus nanomateriais precursores, 9,36; 9,54 e 9,72 m² g⁻¹, respectivamente. Esse fenômeno também é um indicador da reticulação da quitosana na estrutura dos nanomateriais para formar os nanocompósitos poliméricos.⁶⁴

A área específica da CS foi muito inferior às demais, 0,55 m² g⁻¹, como esperado. E apresentou o maior tamanho médio de poros, 43,75 nm.

O tamanho de poros do rGO-CS (15,92 nm), GO-CS (15,32 nm) e rGO-CS (15,10 nm), cresceram em relação ao tamanho de poros dos nanomateriais precursores rGO (9,30 nm), GO (10,30 nm), GFN (10,10 nm), o que é esperado visto que a quitosana contém poros maiores (43,75 nm) e foi inserida entre as lamelas dos nanomateriais, como reportado por Jiao (2018).⁶⁴

Para uma melhor visualização das alterações dos tamanhos de poros desses materiais e de suas morfologias, serão realizadas análises de microscopia eletrônica de varredura - MEV.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas caracterizações apresentadas é possível acompanhar a formação tanto dos materiais rGO, GO e GFN quanto dos seus respectivos nanocompósitos com a quitosana. Embora as estruturas gráficas apresentem ligeiras diferenças nas propriedades, em especial em sua área específica, em relação aos métodos convencionais, foi possível verificar que as estruturas se encontram dentro do esperado. No que diz respeito a diferenciação dos materiais rGO, GO e GFN, foi possível observar tanto a sua diferença em natureza química por FTIR e TGA, visto que, especialmente, o GO apresentou uma maior variabilidade de grupos funcionais, mas também a diferença pelo grau de empacotamento das folhas visto através da técnica de DRX, confirmando a formação de três estruturas completamente diferentes.

Com relação à formação de um nanocompósito dos materiais com a quitosana, foi possível observar a inserção deste biopolímero por diferentes técnicas. Conforme mostrado por FTIR, o deslocamento de algumas bandas sugere que há uma interação, de caráter supramolecular, ocorrendo entre as folhas do rGO, GO e GFN com a quitosana, permitindo que esta seja incorporada a estrutura. Além disso, os valores de área específica foram bastante reduzidos após a inserção do biopolímero, o que é mais um indício de que este está adsorvido na estrutura lamelar dos derivados de grafeno. É válido ressaltar que a formação do nanocompósito também conferiu uma melhor estabilidade térmica (conforme ressaltado pelo TGA) quando comparado aos materiais isolados.

Em termos de perspectiva, caracterizações adicionais tais como análise elementar, microscopia eletrônica e potencial zeta ainda são necessárias. No mais, ainda também é necessário avaliar como a interação desse nanocompósito com algum fármaco bioativo deve ocorrer e se será possível utilizar tal carreador para liberação controlada deste fármaco. Contudo, visto as caracterizações apresentadas, tais materiais apresentam enorme potencial para esta aplicação, uma vez que são biocompatíveis, possuem propriedades interessantes e são produzidos por uma rota mais verde.

REFERÊNCIAS

1. SOUZA, V. G. L. & FERNANDO, A. L. Nanoparticles in food packaging: Biodegradability and potential migration to food—A review. *Food Packag. Shelf Life* 8, 63–70 (2016).
2. BOUWMEESTER, H. *et al.* Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 53, 52–62 (2009).
3. MAHFOUZ, R. *et al.* Elaboration and characterization of bimetallic nanoparticles obtained by laser ablation of Ni75Pd25 and Au75Ag25 targets in water. *J. Nanoparticle Res.* 12, 3123–3136 (2010).
4. CADE, D. *et al.* Tailoring of Bioresorbable Polymers for Elaboration of Sugar-Functionalized Nanoparticles. *Biomacromolecules* 5, 922–927 (2004).
5. HAASE, A. *et al.* A novel type of silver nanoparticles and their advantages in toxicity testing in cell culture systems. *Arch. Toxicol.* 86, 1089–1098 (2012).
6. MISHRA, D. K., SHANDILYA, R. & MISHRA, P. K. Lipid based nanocarriers: a translational

perspective. *Nanomedicine Nanotechnology, Biol. Med.* 14, 2023–2050 (2018).

7. DEMIRBAG, B. *et al.* Nanotechnology in Biomaterials: Nanoparticulates as Drug Delivery Systems. in *Bionanotechnology; Global prospects II* 227–246 (2012).

8. XU, W. ET AL. The graphene oxide and chitosan biopolymer loads TiO₂ for antibacterial and preservative research. *Food Chem.* 221, 267–277 (2017).

9. LIM, H. N., HUANG, N. M. & LOO, C. H. Facile preparation of graphene-based chitosan films: Enhanced thermal, mechanical and antibacterial properties. *J. Non. Cryst. Solids* 358, 525–530 (2012).

10. HAN, D., YAN, L., CHEN, W. & LI, W. Preparation of chitosan/graphene oxide composite film with enhanced mechanical strength in the wet state. *Carbohydr. Polym.* 83, 653–658 (2011).

11. JIA, J., GAI, Y., WANG, W. & ZHAO, Y. GREEN synthesis of biocompatible chitosan–graphene oxide hybrid nanosheet by ultrasonication method. *Ultrason. Sonochem.* 32, 300–306 (2016).

12. BYUN, J. Emerging Frontiers of Graphene in Biomedicine. *J. Microbiol. Biotechnol.* 25, 145–151 (2015).

13. NANDA, S. S., Papaefthymiou, G. C. & Yi, D. K. Functionalization of Graphene Oxide and its Biomedical Applications. *Crit. Rev. Solid State Mater. Sci.* 40, 291–315 (2015).

14. ROMERO-VARGAS CASTRILLÓN, S., PERREAULT, F., DE FARIA, A. F. & ELIMELECH, M. Interaction of Graphene Oxide with Bacterial Cell Membranes: Insights from Force Spectroscopy. *Environ. Sci. Technol. Lett.* 2, 112–117 (2015).

15. CHUA, C. K. & PUMERA, M. Chemical reduction of graphene oxide: a synthetic chemistry viewpoint. *Chem. Soc. Rev.* 43, 291–312 (2014).

16. SIVASHANKARI, P. R. & PRABAHARAN, M. Chitosan/carbon-based nanomaterials as scaffolds for tissue engineering. in *Biopolymer-Based Composites* 381–397 (Elsevier, 2017). doi:10.1016/B978-0-08-101914-6.00012-0.

17. GRAPHENE LAYER. in *IUPAC Compendium of Chemical Terminology* vol. 473 2683 (IUPAC, 2008).

18. HUMMERS, W. S. & OFFEMAN, R. E. Preparation of Graphitic Oxide. *J. Am. Chem. Soc.* 80, 1339–1339 (1958).

19. DING, J. N. *et al.* The influence of temperature, time and concentration on the dispersion of reduced graphene oxide prepared by hydrothermal reduction. *Diam. Relat. Mater.* 21, 11–15 (2012).

20. WONG, C. H. A. *et al.* Synthetic routes contaminate graphene materials with a whole spectrum of unanticipated metallic elements. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111, 13774–13779 (2014).

21. POTTS, J. R., DREYER, D. R., BIELAWSKI, C. W. & RUOFF, R. S. Graphene-based polymer nanocomposites. *Polymer (Guildf).* 52, 5–25 (2011).

22. SHAMAILA, S., SAJJAD, A. K. L. & IQBAL, A. Modifications in development of graphene oxide synthetic routes. *Chem. Eng. J.* 294, 458–477 (2016).

23. SANTOSH, S., and M. BHANUREKA. ‘Graphene based piezo resistive sensor fabrication and its

- characterization.' Second International Conference on Recent Advances in Science & Engineering. in 2015 (2015).
24. BOTAS, C. *et al.* Graphene materials with different structures prepared from the same graphite by the Hummers and Brodie methods. *Carbon N. Y.* 65, 156–164 (2013).
25. PARK, S. & RUOFF, R. S. Synthesis and characterization of chemically modified graphenes. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 20, 322–328 (2015).
26. KONG, X. *et al.* Synthesis of graphene-like carbon from biomass pyrolysis and its applications. *Chem. Eng. J.* 399, 125808 (2020).
27. SHAMS, S. S., ZHANG, L. S., HU, R., ZHANG, R. & ZHU, J. Synthesis of graphene from biomass: A green chemistry approach. *Mater. Lett.* 161, 476–479 (2015).
28. CHEN, K. & XUE, D. Preparation of colloidal graphene in quantity by electrochemical exfoliation. *J. Colloid Interface Sci.* 436, 41–46 (2014).
29. AMBROSI, A. & PUMERA, M. Electrochemically Exfoliated Graphene and Graphene Oxide for Energy Storage and Electrochemistry Applications. *Chem. - A Eur. J.* 22, 153–159 (2016).
30. PARVEEN, N., ANSARI, M. O. & CHO, M. H. Simple route for gram synthesis of less defective few layered graphene and its electrochemical performance. *RSC Adv.* 5, 44920–44927 (2015).
31. JUSTIN, R. *et al.* Biodegradable and conductive chitosan–graphene quantum dot nanocomposite microneedles for delivery of both small and large molecular weight therapeutics. *RSC Adv.* 5, 51934–51946 (2015).
32. BUSTOS-RAMÍREZ, K. *et al.* Covalently Bonded Chitosan on Graphene Oxide via Redox Reaction. *Materials (Basel).* 6, 911–926 (2013).
33. HERRERA-RAMÍREZ, L. C., CASTELL, P., FERNÁNDEZ-BLÁZQUEZ, J. P., FERNÁNDEZ, Á. & GUZMÁN DE VILLORIA, R. How do graphite nanoplates affect the fracture toughness of polypropylene composites? *Compos. Sci. Technol.* 111, 9–16 (2015).
34. YANG, X., TU, Y., LI, L., SHANG, S. & TAO, X. Well-Dispersed Chitosan/Graphene Oxide Nanocomposites. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2, 1707–1713 (2010).
35. ZHANG, H., LUO, X., LIN, X., LU, X. & TANG, Y. The molecular understanding of interfacial interactions of functionalized graphene and chitosan. *Appl. Surf. Sci.* 360, 715–721 (2016).
36. FANG, Y., ZHANG, D., GUO, Y., GUO, Y. & CHEN, Q. Simple one-pot preparation of chitosan-reduced graphene oxide-Au nanoparticles hybrids for glucose sensing. *Sensors Actuators B Chem.* 221, 265–272 (2015).
37. SABZEVARI, M., CREE, D. E. & WILSON, L. D. Graphene Oxide–Chitosan Composite Material for Treatment of a Model Dye Effluent. *ACS Omega* 3, 13045–13054 (2018).
38. TERZOPOULOU, Z., KYZAS, G. & BIKIARIS, D. Recent Advances in Nanocomposite Materials of Graphene Derivatives with Polysaccharides. *Materials (Basel).* 8, 652–683 (2015).
39. FERNANDA FRANCO MASSANTE. Síntese do óxido de grafeno: estudo dos diferentes parâmetros

da síntese pelo método da esfoliação eletroquímica do grafite. (Universidade Federal Fluminense, 2018).

40. VITTORE, A., ACOCELLA, M. R. & GUERRA, G. Edge-Oxidation of Graphites by Hydrogen Peroxide. *Langmuir* 35, 2244–2250 (2019).

41. KUMAR, N. & SRIVASTAVA, V. C. Simple Synthesis of Large Graphene Oxide Sheets via Electrochemical Method Coupled with Oxidation Process. *ACS Omega* 3, 10233–10242 (2018).

42. ANDONOVIC, B., ADEMI, A., GROZDANOV, A., PAUNOVIĆ, P. & DIMITROV, A. T. Enhanced model for determining the number of graphene layers and their distribution from X-ray diffraction data. *Beilstein J. Nanotechnol.* 6, 2113–2122 (2015).

43. MARASCHIN, T. G. *et al.* Chitosan Nanocomposites with Graphene-Based Filler. *Mater. Res.* 22, (2019).

44. BETI ANDONOVIC, MISELA TEMKOV, ABDULAKIM ADEMI, A. P. & ANITA GROZDANOV, PERICA PAUNOVIĆ, A. D. Laue Functions Model vs Scherrer Equation in Determination of Graphene Layers Number on the Ground of XRD Data. *J. Chem. Technol. Met.* 6, 545–550 (2014).

45. ANDONOVIC, B., GROZDANOV, A., PAUNOVIĆ, P. & DIMITROV, A. T. X-ray diffraction analysis on layers in graphene samples obtained by electrolysis in molten salts: a new perspective. *Micro Nano Lett.* 10, 683–685 (2015).

46. PAVOSKI, G. *et al.* Few Layer Reduced Graphene Oxide: Evaluation of the Best Experimental Conditions for Easy Production. *Mater. Res.* 20, 53–61 (2016).

47. KUMAR, S., WANI, M. Y., KOH, J., GIL, J. M. & SOBRAL, A. J. F. N. Carbon dioxide adsorption and cycloaddition reaction of epoxides using chitosan–graphene oxide nanocomposite as a catalyst. *J. Environ. Sci.* 69, 77–84 (2018).

48. AGUILAR-BOLADOS, H. *et al.* Synthesis of fluorinated graphene oxide by using an easy one-pot deoxyfluorination reaction. *J. Colloid Interface Sci.* 524, 219–226 (2018).

49. SABZEVARI, M., CREE, D. E. & WILSON, L. D. Graphene Oxide–Chitosan Composite Material for Treatment of a Model Dye Effluent. *ACS Omega* 3, 13045–13054 (2018).

50. KUMAR, A. S. K. & JIANG, S.-J. Chitosan-functionalized graphene oxide: A novel adsorbent an efficient adsorption of arsenic from aqueous solution. *J. Environ. Chem. Eng.* 4, 1698–1713 (2016).

51. COBOS, M., GONZÁLEZ, B., FERNÁNDEZ, M. J. & FERNÁNDEZ, M. D. Chitosan-graphene oxide nanocomposites: Effect of graphene oxide nanosheets and glycerol plasticizer on thermal and mechanical properties. *J. Appl. Polym. Sci.* 134, 45092 (2017).

52. GUSTAVO Cançado, L. *et al.* Disentangling contributions of point and line defects in the Raman spectra of graphene-related materials. *2D Mater.* 4, 025039 (2017).

53. GUERRERO-CONTRERAS, J. & CABALLERO-BRIONES, F. Graphene oxide powders with different oxidation degree, prepared by synthesis variations of the Hummers method. *Mater. Chem. Phys.* 153, 209–220 (2015).

54. MUDA, M. S. *et al.* Chitosan-graphene oxide nanocomposites as water-solubilising agents for

rotenone pesticide. *J. Mol. Liq.* 318, 114066 (2020).

55. GRANDE, C. D. *et al.* Chitosan Cross-Linked Graphene Oxide Nanocomposite Films with Antimicrobial Activity for Application in Food Industry. *Macromol. Symp.* 374, 1600114 (2017).

56. ZUO, P.-P. *et al.* Fabrication of biocompatible and mechanically reinforced graphene oxide-chitosan nanocomposite films. *Chem. Cent. J.* 7, 39 (2013).

57. GRANDE, C. D. *et al.* Chitosan Cross-Linked Graphene Oxide Nanocomposite Films with Antimicrobial Activity for Application in Food Industry. *Macromol. Symp.* 374, 1600114 (2017).

58. SCHMAL, M. *Heterogeneous Catalysis and its Industrial Applications.* (Springer International Publishing, 2016). doi:10.1007/978-3-319-09250-8.

59. TENE, T. *et al.* Toward large-scale production of oxidized graphene. *Nanomaterials* 10, (2020).

60. GRASSI, P., DRUMM, F. C., GEORGIN, J., TONATO, D. & FOLETTO, E. L. Preparação , caracterização e avaliação catalítica do compósito Fe₂O₃ / grafite em reação foto-Fenton Preparation , characterization and catalytic evaluation of Fe₂O₃ / graphite composite in photo-Fenton reaction. 5–6 (2019).

61. FERNANDO, P., BRAGA, A., JUNQUEIRA, A. & DUTRA, B. GRAFITA. in *Rochas & Minerais Industriais - usos e especificações* (eds. Luz, A. B. da & Lins, F. A. F.) 527–549 (CETEM-MCT, 2008).

62. RAMESH, A., JEYAVELAN, M. & LEO HUDSON, M. S. Electrochemical properties of reduced graphene oxide derived through camphor assisted combustion of graphite oxide. *Dalt. Trans.* 47, 5406–5414 (2018).

63. AMBROSI, A. *et al.* Graphene and its electrochemistry-an update. *Chem. Soc. Rev.* 45, 2458–2493 (2016).

64. LI, Z., SONG, X., CUI, S., JIAO, Y. & ZHOU, C. Fabrication of macroporous reduced graphene oxide composite aerogels reinforced with chitosan for high bilirubin adsorption. *RSC Adv.* 8, 8338–8348 (2018).

AGRADECIMENTOS

FAPERJ (E-26/010.000.984/2019) e IQ/UFF.



O impacto transformador da inteligência artificial na sociedade moderna

Rafael Cavinati Lordi

Graduando em Engenharia de Computação pela UNIVESP

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.13

RESUMO

Este estudo científico aborda o impacto crescente da inteligência artificial (IA) na sociedade moderna. A IA tem se tornado uma parte cada vez mais relevante de nossas vidas, influenciando diversos setores, como saúde, transporte, educação, economia e muitos outros. Neste estudo, discutiremos como a IA tem transformado esses setores, seus benefícios e desafios, bem como suas implicações sociais e éticas. Serão abordadas as aplicações da IA na saúde, transporte e educação, destacando os benefícios da eficiência, produtividade, tomada de decisão aprimorada, avanços na área da saúde, bem como os desafios da desigualdade, privacidade e ética. Além disso, serão exploradas as implicações sociais da IA incluindo mudanças na força de trabalho, confiança e aceitação.

Palavras-chave: inteligência artificial. sociedade moderna. aplicações. benefícios. desafios. implicações sociais. saúde. transporte. educação.

ABSTRACT

This scientific study addresses the growing impact of artificial intelligence (AI) on modern society. AI has become an increasingly relevant part of our lives, influencing various sectors such as healthcare, transportation, education, economy, and many others. In this study, we will discuss how AI has transformed these sectors, its benefits and challenges, as well as its social and ethical implications. We will explore the applications of AI in healthcare, transportation, and education, highlighting the benefits of efficiency, productivity, improved decision-making, advancements in healthcare, as well as the challenges of inequality, privacy, and ethics. Furthermore, we will delve into the social implications of AI, including changes in the workforce, trust, and acceptance. Keywords: artificial intelligence, modern society, applications, benefits, challenges, social implications, healthcare, transportation, education.

Keywords: Artificial intelligence. modern society. applications. benefits. challenges. social implications. healthcare. transportation. education.

INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) é uma disciplina em constante evolução que busca desenvolver sistemas capazes de realizar tarefas que requerem habilidades cognitivas humanas, como aprendizado, raciocínio, percepção e tomada de decisão. Nos últimos anos, os avanços tecnológicos têm impulsionado a IA a se tornar uma ferramenta poderosa e versátil, capaz de processar grandes volumes de dados, identificar padrões complexos e até mesmo tomar decisões autônomas. A crescente aplicação da IA em diferentes setores está transformando a sociedade moderna em diversos aspectos.

Segundo Bostrom (2014), a IA tem o potencial de revolucionar setores-chave, trazendo benefícios significativos para a eficiência, produtividade e qualidade de vida. Na área da saúde, por exemplo, a IA pode auxiliar os médicos no diagnóstico precoce de doenças, proporcionar tratamentos personalizados e contribuir para avanços científicos e terapêuticos (Topol, 2019). No

transporte, a IA tem impulsionado a criação de veículos autônomos e sistemas inteligentes de gerenciamento de tráfego, visando melhorar a segurança nas estradas e otimizar a mobilidade (Russell & Norvig, 2016). Na educação, a IA oferece oportunidades de personalização do ensino, adaptação de recursos educacionais e identificação de lacunas de conhecimento dos alunos (Future of Life Institute, n.d.).

No entanto, é importante ressaltar que a implementação da IA também apresenta desafios e questões éticas. A privacidade e a segurança dos dados são preocupações relevantes, uma vez que a IA lida com informações sensíveis dos usuários (European Commission, 2019). Além disso, a automação impulsionada pela IA pode ter impactos socioeconômicos, como a substituição de empregos tradicionais e a necessidade de requalificação da força de trabalho (Brynjolfsson & McAfee, 2017).

Diante desse cenário, é fundamental que os governos, as empresas e a sociedade em geral estejam engajados no desenvolvimento e na implementação responsável da IA. É necessário estabelecer regulamentações adequadas, garantir a transparência dos algoritmos e promover a igualdade de acesso e oportunidades (World Economic Forum, 2020). A ética também deve ser considerada em todas as fases do desenvolvimento da IA, desde a coleta de dados até a tomada de decisões automatizadas (Floridi & Cowls, 2019).

Neste artigo, exploraremos as aplicações da IA em setores-chave da sociedade moderna, discutiremos seus benefícios e desafios, bem como abordaremos as implicações sociais e éticas decorrentes do seu uso. Ao compreendermos o impacto da IA na sociedade, poderemos tomar decisões informadas e garantir um futuro em que a IA seja utilizada de forma ética, inclusiva e equitativa.

METODOLOGIA

Este artigo baseia-se em uma pesquisa bibliográfica e revisão de literatura para explorar as aplicações da inteligência artificial na sociedade moderna. A metodologia adotada envolveu a busca e análise crítica de artigos científicos, livros, relatórios e documentos relevantes sobre o tema. Foram utilizadas bases de dados acadêmicas e fontes confiáveis para obter informações atualizadas e abrangentes sobre o impacto da inteligência artificial em diferentes setores.

A pesquisa bibliográfica permitiu identificar estudos e pesquisas anteriores sobre o assunto, além de fornecer uma base teórica sólida para compreender os conceitos-chave da inteligência artificial e suas aplicações na sociedade. A revisão de literatura envolveu a análise crítica e a síntese das informações coletadas, buscando identificar tendências, benefícios, desafios e implicações sociais e éticas da inteligência artificial.

Além disso, a análise de dados secundários foi realizada para obter informações sobre casos reais de aplicação da inteligência artificial em setores como saúde, transporte, educação e economia. Foram consultados relatórios de organizações internacionais, estudos de caso e pesquisas acadêmicas para embasar as informações apresentadas neste artigo.

A combinação dessas abordagens metodológicas permitiu obter uma visão abrangente e embasada sobre as aplicações da inteligência artificial na sociedade moderna, destacando seus benefícios, desafios e implicações sociais. É importante ressaltar que este artigo se baseia em

trabalhos existentes e na análise crítica da literatura disponível, visando fornecer uma compreensão atualizada e objetiva sobre o tema.

Aplicações da Inteligência Artificial

Saúde: A IA tem sido aplicada no diagnóstico médico, detecção precoce de doenças, análise de dados clínicos e assistência a cirurgias durante procedimentos complexos. Os avanços na IA estão permitindo a criação de sistemas especializados que podem ajudar a identificar padrões e anomalias em exames médicos, melhorando a precisão dos diagnósticos e proporcionando tratamentos mais personalizados (Esteve *et al.*, 2017). Além disso, a IA está contribuindo para o desenvolvimento de medicamentos e terapias mais eficazes (Topol, 2019).

Transporte: A aplicação da IA no setor de transporte tem se destacado com o desenvolvimento de veículos autônomos. Essa tecnologia promete revolucionar a mobilidade, oferecendo potencial para aumentar a segurança nas estradas, reduzir congestionamentos e melhorar a eficiência do transporte (KPMG, 2019). Os carros autônomos são capazes de processar dados em tempo real, tomar decisões rápidas e se adaptar às condições do tráfego, proporcionando uma experiência de condução mais segura e confortável (Litman, 2018).

Educação: A IA está sendo utilizada no campo da educação para personalizar o processo de aprendizado. Sistemas de tutoria baseados em IA podem adaptar o ensino às necessidades individuais dos alunos, identificando lacunas de conhecimento e oferecendo recursos educacionais adequados (Bergmann & Sams, 2012). Além disso, a IA tem o potencial de automatizar tarefas administrativas, liberando os professores para se concentrarem no ensino e no apoio individualizado aos alunos (Dillenbourg *et al.*, 2011).

Economia: A automação impulsionada pela IA está transformando a economia, impactando a forma como as empresas operam e os empregos são realizados. A IA pode automatizar tarefas repetitivas e demoradas, aumentando a eficiência e a produtividade (Brynjolfsson & McAfee, 2017). No entanto, essa automação também levanta preocupações sobre o impacto no mercado de trabalho e a necessidade de reskilling dos trabalhadores. Novas oportunidades de emprego relacionadas à IA também estão surgindo, especialmente em áreas como ciência de dados, desenvolvimento de algoritmos e ética da IA (World Economic Forum, 2018).

Benefícios da Inteligência Artificial

Eficiência e produtividade: A IA automatiza tarefas repetitivas e demoradas, liberando tempo para atividades mais complexas e criativas. Isso aumenta a eficiência e a produtividade em diversos setores, permitindo que as empresas alcancem resultados mais rapidamente (Brynjolfsson & McAfee, 2017).

Tomada de decisão aprimorada: A capacidade da IA de processar grandes quantidades de dados e identificar padrões complexos pode fornecer insights valiosos para a tomada de decisões informadas. Os algoritmos de IA podem analisar dados em tempo real e prever tendências, permitindo que as organizações tomem decisões mais precisas e estratégicas (Davenport & Ronanki, 2018).

Avanços na área da saúde: A IA tem o potencial de revolucionar a área da saúde, melhorando a detecção precoce de doenças, o diagnóstico e o desenvolvimento de tratamentos

personalizados. Algoritmos de IA podem analisar grandes volumes de dados médicos, identificar padrões e realizar diagnósticos com alta precisão, ajudando os médicos a tomar decisões mais assertivas e oferecendo melhores resultados aos pacientes (Topol, 2019).

Desafios e Preocupações

Desigualdade: O acesso à IA pode ser desigual, levando a disparidades sociais e econômicas. As tecnologias baseadas em IA podem ser caras e exigir recursos significativos para implementação, o que pode ampliar a lacuna entre aqueles que têm acesso à tecnologia e aqueles que não têm (Crawford & Calo, 2016).

Privacidade e Segurança: A coleta e o uso de grandes quantidades de dados podem levantar preocupações sobre privacidade e segurança. É necessário garantir que os dados pessoais sejam tratados de forma ética e protegidos contra acessos não autorizados. Além disso, a segurança dos sistemas de IA é um aspecto crítico, uma vez que qualquer vulnerabilidade pode ser explorada para fins maliciosos (Floridi *et al.*, 2018).

Ética: Questões éticas são de extrema importância na aplicação da IA. Algoritmos de IA podem ter viés e reproduzir injustiças sociais existentes, além de levantar questões sobre a responsabilidade por ações tomadas por sistemas autônomos. É fundamental garantir que a IA seja desenvolvida e aplicada de forma ética, levando em consideração princípios como transparência, imparcialidade e responsabilidade (Jobin *et al.*, 2019).

Implicações Sociais

Desemprego e mudanças na força de trabalho: A automação impulsionada pela IA pode levar a mudanças significativas na força de trabalho, com a substituição de empregos por máquinas inteligentes. É essencial desenvolver políticas e programas de reskilling e requalificação para garantir que os trabalhadores sejam capazes de se adaptar às mudanças tecnológicas e encontrar novas oportunidades de emprego (Brynjolfsson & McAfee, 2017).

Confiança e Aceitação: A aceitação da IA pela sociedade depende da confiança nas suas capacidades e da compreensão de seu funcionamento. É necessário desenvolver estruturas regulatórias e mecanismos de prestação de contas para garantir que a IA seja utilizada de forma responsável e ética, promovendo a confiança do público e a aceitação generalizada (Floridi *et al.*, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inteligência artificial está desempenhando um papel cada vez mais importante na sociedade moderna, trazendo benefícios significativos em diversas áreas. No entanto, é fundamental reconhecer e abordar os desafios e preocupações associados à sua aplicação. A ética desempenha um papel crucial na utilização da IA garantindo que os algoritmos sejam transparentes, imparciais e responsáveis. A privacidade e a segurança dos dados também devem ser protegidas, para evitar abusos e garantir a confiança do público.

Além disso, é essencial enfrentar a desigualdade no acesso à IA assegurando que essa tecnologia seja acessível a todos, independentemente de suas origens socioeconômicas. A

reskilling e a requalificação dos trabalhadores afetados pela automação são fundamentais para minimizar o impacto no mercado de trabalho e garantir que todos possam se beneficiar das oportunidades emergentes.

Para alcançar o potencial máximo da inteligência artificial, é necessário um esforço conjunto entre governos, empresas e a sociedade em geral. É importante promover o diálogo e a colaboração entre essas partes interessadas, estabelecendo regulamentações adequadas e promovendo a conscientização sobre os benefícios e os riscos associados à IA.

A inteligência artificial tem o poder de impulsionar a sociedade para o futuro, trazendo avanços significativos em saúde, transporte, educação e economia. No entanto, para colher plenamente esses benefícios, é fundamental que a IA seja desenvolvida e aplicada de forma ética, inclusiva e equitativa, colocando o bem-estar humano no centro de suas aplicações. Com uma abordagem responsável, a inteligência artificial tem o potencial de transformar positivamente nosso mundo e melhorar a qualidade de vida de todos.

REFERÊNCIAS

- Arriaga, R. I. (2020). Artificial intelligence in healthcare: Current applications and future perspectives. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 53(9), e9663.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. International Society for Technology in Education.
- Bessen, J. E. (2019). AI and jobs: The role of demand. NBER working paper, 24235.
- Bostrom, N. (2014). *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
- Crawford, K., & Calo, R. (2016). There is a blind spot in AI research. *Nature*, 538(7625), 311-313.
- Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108-116.
- Dignum, V. (2018). Responsible artificial intelligence: designing AI for human values. *ITU Journal: ICT Discoveries*, 1(1), 1-8.
- Dillenbourg, P., Järvelä, S., & Fischer, F. (2011). The evolution of research on computer-supported collaborative learning: From design to orchestration. In *The SAGE Handbook of E-learning Research* (pp. 197-213). SAGE Publications.
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115-118.
- European Commission. (2019). Ethics guidelines for trustworthy AI. Retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>

Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review*, 1(1).

Future of Life Institute. (n.d.). Artificial Intelligence in Education. Retrieved from <https://futureoflife.org/ai/benefits-risks-of-artificial-intelligence/>

Gurjar, A. A., & Parwani, A. V. (2020). Applications of artificial intelligence in diagnostic pathology. *Journal of Clinical Pathology*, 73(12), 701-707.

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1(9), 389-399.

KPMG. (2019). Autonomous Vehicles Readiness Index.

Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciampi, F., Ghafoorian, M., ... & Sánchez, C. I. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical image analysis*, 42, 60-88.

Litman, T. (2018). Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute.

Rupani, P. F., & Nandakumar, M. K. (2020). Artificial intelligence in education: A state-of-the-art review. *Artificial Intelligence Review*, 53(6), 4531-4553.

Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Sivaramakrishnan, V., Chhavi, N., Deshpande, A., & Srivastava, A. (2020). Artificial intelligence in transportation systems: Recent advances and challenges. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport*, 173(6), 319-332.

Topol, E. J. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. New York, NY: Basic Books.

World Economic Forum. (2020). *Shaping the Future of Artificial Intelligence: A Multistakeholder Approach to Governance*. Retrieved from <https://www.weforum.org/whitepapers/shaping-the-future-of-artificial-intelligence-a-multistakeholder-approach-to-governance>.



Operações com drones em segurança pública: a importância da operação EVLOS

Carlos de Souza Lima

Sargento da Polícia Militar do Estado de Rondônia; Tecnólogo em Gerenciamento de Redes de Computadores; Especialista em Drones e Vants; Especialista em Segurança Pública; Especialista em Administração Escolar e Orientação Educacional; MBA em Gestão de Projetos; Idealizador e Instrutor do Curso de Operações de Segurança com Drones da PMRO.

Elizete Hellmann de Souza

Funcionária Pública da Assembleia Legislativa do Estado de Rondônia; Bacharel e Licenciada em Educação Física; Especialista em Gestão Pública e Recursos Humanos; Especialista em Psicomotricidade, Orientação e Supervisão Escolar; e MBA em Gestão Estratégica de Projetos.

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.14

RESUMO

Este estudo tem como objetivo apresentar uma análise teórica sobre o tipo de operação com drones utilizado pelos profissionais da segurança pública, com base em observações realizadas durante o Curso de Operações de Segurança com Drones. A partir desse posicionamento, busca-se sensibilizar os órgãos reguladores do espaço aéreo para uma possível revisão e adequação doutrinária em suas normas, manuais e regulamentos, visando aprimorar a segurança das operações com drones nesse contexto. A utilização de drones em operações militares e de segurança pública tem sido cada vez mais comum devido à sua capacidade de monitorar áreas de difícil acesso e aumentar a eficiência das operações. No entanto, essa prática requer um alto nível de segurança e responsabilidade para garantir a segurança do espaço aéreo e das pessoas ao redor do drone. Para isso, as regulamentações para a operação de drones são essenciais e exigem que o piloto mantenha o drone dentro do seu campo de visão direto. Embora essa limitação seja importante, para operações militares, a operação do tipo EVLOS pode ser mais indicada. Essa abordagem permite que o piloto se concentre na pilotagem e na telemetria do controle remoto, enquanto um observador monitora a aeronave e garante que ela esteja em um local seguro. É fundamental que essas regulamentações de segurança sejam respeitadas e que os drones sejam equipados com sistemas avançados de segurança para garantir a segurança do espaço aéreo e das pessoas ao redor.

Palavras-chave: drones. segurança pública. EVLOS. BVLOS. VLOS. regulamentações. operações militares.

ABSTRACT

This study presents a theoretical position regarding the type of drone operation used by public security professionals, a procedure observed during the Drone Security Operations Course. The aim is to alert airspace regulatory bodies to analyze and subsequently adapt their doctrines, manuals, and regulations. The use of drones in military and public security operations is increasingly common, requiring a high level of safety and responsibility to ensure the safety of the airspace and people around the drone. The article emphasizes the importance of complying with safety regulations and equipping drones with advanced safety systems. The use of drones in military and public security operations has become increasingly common due to their ability to monitor hard-to-reach areas and increase operational efficiency. However, this practice requires a high level of safety and responsibility to ensure the safety of the airspace and people around the drone. Safety regulations for drone operations are essential and require the pilot to maintain visual line of sight (VLOS) of the drone. Although this limitation is crucial, beyond visual line of sight (BVLOS) operations may be more appropriate for military operations. This approach allows the pilot to focus on remote control and telemetry while an observer monitors the drone and ensures its safe location. It is vital to respect these safety regulations and equip drones with advanced safety systems to ensure the safety of the airspace and people around them.

Keywords: drones. public security. EVLOS. BVLOS. VLOS. regulations. operation military.

INTRODUÇÃO

O presente estudo consiste em uma análise teórica acerca da operação de drones empregada por profissionais da segurança pública, tendo como base observações realizadas durante o Curso de Operações de Segurança com Drones. O objetivo é fornecer uma abordagem crítica e reflexiva sobre o uso desses equipamentos nesse contexto, a fim de contribuir para uma revisão e adequação das normas e regulamentos aplicáveis à operação de drones, garantindo maior segurança e eficácia nas missões operacionais.

O Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565/1986, é uma legislação ampla que estabelece as normas e regras para a aviação civil e militar no Brasil. Segundo o documento, sua importância é indiscutível para garantir a segurança e eficiência do setor aéreo no país, envolvendo pilotos, empresas aéreas, aeroportos e reguladores (BRASIL, 1986).

A utilização de drones em operações militares e de segurança pública tem se tornado cada vez mais comum devido à sua capacidade de monitorar áreas de difícil acesso e aumentar a eficiência das operações. No entanto, essa prática requer um alto nível de segurança e responsabilidade para garantir a segurança do espaço aéreo e das pessoas ao redor do drone.

Para isso, as regulamentações para a operação de drones são essenciais e exigem que o piloto mantenha o drone dentro do seu campo de visão direto. Embora essa limitação seja importante, para operações militares, a operação do tipo EVLOS pode ser mais indicada. Essa abordagem permite que o piloto se concentre na pilotagem e na telemetria do controle remoto, enquanto um observador monitora a aeronave e garante que ela esteja em um local seguro. Além disso, a operação EVLOS permite que as equipes de segurança alcancem áreas mais distantes sem perder o controle do drone e, ao mesmo tempo, garantam a segurança do espaço aéreo e das pessoas ao redor.

De acordo com as legislações da (DECEA, MCA 56-1, MCA 56-2, MCA 56-3 e MCA 56-4):

“estabelecem as normas e regras para o uso de aeronaves não tripuladas em diferentes contextos, incluindo uso exclusivo em apoio a situações emergenciais, uso recreativo, uso em proveito dos órgãos ligados aos governos federal, estadual e municipal, e uso em proveito dos órgãos de segurança pública, da defesa civil e de fiscalização da receita federal” (DECEA, 2017).

No entanto, é fundamental que essas regulamentações de segurança sejam respeitadas e que os drones sejam equipados com sistemas avançados de segurança para garantir a segurança do espaço aéreo e das pessoas ao redor. É importante destacar que a segurança e a responsabilidade na operação de drones devem ser sempre priorizadas. Os operadores devem estar treinados e capacitados para operar os drones com segurança, seguindo as regulamentações e limitações de segurança estabelecidas.

TIPOS DE OPERAÇÕES

A discussão deve abordar as vantagens e desvantagens de cada tipo de operação com drones, levando em consideração aspectos de segurança, eficiência e custo. Além disso, é importante destacar a necessidade de formação adequada dos operadores e o cumprimento das regulamentações para garantir a segurança das operações. Também é importante considerar

a privacidade das pessoas envolvidas nas operações e garantir que os dados coletados sejam devidamente protegidos.

A utilização de drones na segurança pública deve ser vista como uma ferramenta complementar ao trabalho das equipes terrestres, e não como uma solução isolada. Existem três tipos principais de operação com drones na aviação civil e militar:

- *Visual line of sight (VLOS)*;
- *Beyond visual line of sight (BVLOS)*; E
- *Extended visual line of sight (EVLOS)*.



Reprodução/ ANAC

A operação VLOS exige que o piloto mantenha o drone dentro do seu campo de visão direto, sem o uso de dispositivos auxiliares, como binóculos ou câmeras de vídeo. Isso é essencial para garantir a segurança da operação, pois permite que o piloto tenha plena consciência do que está acontecendo no espaço aéreo circundante e possa tomar medidas de segurança em tempo real.

É importante destacar que, caso um militar esteja operando um drone e precise do apoio de outro militar para ser o observador, a operação se enquadraria na categoria VLOS. Nesse caso, o piloto e o observador devem manter o drone dentro do campo de visão direto do observador, sem o uso de dispositivos auxiliares. Essa limitação é essencial para garantir a segurança da operação, permitindo que os militares tenham visão direta do drone e possam tomar medidas de segurança imediatas.

A operação EVLOS, por sua vez, é uma categoria intermediária entre VLOS e BVLOS. Nessa operação, o piloto pode usar dispositivos auxiliares, como binóculos ou câmeras de vídeo, para manter o drone dentro do seu campo de visão indireto. É necessário que o piloto tenha treinamento específico e use equipamentos de alta qualidade para garantir a segurança da operação. A operação EVLOS é especialmente útil em situações em que a distância entre o piloto e o drone é maior do que o permitido na operação VLOS, mas ainda não é suficientemente grande para a operação BVLOS.

De acordo com o “Guia para uso operacional do drone “ produzido pela Polícia Militar e Corpo de Bombeiros do Estado de Rondônia (1ª EDIÇÃO, 2023), o uso de drones pode ser uma ferramenta valiosa para a segurança pública e o trabalho em situações de emergência. O guia fornece orientações específicas para o uso adequado de drones em diferentes cenários, incluindo busca e resgate, monitoramento de multidões e reconhecimento de áreas de risco.

Embora as operações BVLOS sejam possíveis, elas ainda são restritas por muitas regulamentações de aviação civil em todo o mundo. Isso ocorre devido aos riscos de colisão com outras aeronaves e a necessidade de garantir a segurança das pessoas e do espaço aéreo ao redor do drone. As operações BVLOS requerem sistemas de segurança avançados, como radares, transponders e tecnologias de prevenção de colisões para garantir a segurança do espaço aéreo.

MÉTODOS PARA COLETA DE DADOS E ANÁLISE DO RESULTADO

A coleta de dados para este artigo foi feita através de uma revisão bibliográfica de artigos, regulamentações e estudos relacionados à operação de drones, bem como, de acordo com informações coletadas durante o Curso de Operações de Segurança com Drones. Os dados foram analisados por meio de uma abordagem qualitativa, destacando as principais limitações e regulamentações associadas à operação de drones.

A Lei nº 7.060/1982 “disciplina o uso de veículos aéreos não tripulados pelas unidades operacionais da Polícia Militar e pelos demais órgãos de segurança pública no Distrito Federal” (BRASIL, 1982). Além disso, o DECEA, por meio da ICA 100-40/2017, estabelece as regras e os procedimentos para “o acesso ao espaço aéreo brasileiro por aeronaves não tripuladas” (DECEA, 2017). Essas normas são essenciais para garantir a segurança e a eficiência do uso de aeronaves não tripuladas no Brasil.

Com base nas informações que trata sobre as práticas de segurança durante o uso de drones, é possível afirmar que a operação EVLOS é mais indicada do que a operação VLOS em operações de segurança com drones. Isso se deve ao fato de que, durante a operação simulada EVLOS, há uma equipe de profissionais trabalhando em conjunto para garantir a segurança da operação e do drone, o que não acontece na operação VLOS.

Na operação EVLOS, o piloto é responsável pela telemetria do drone, enquanto o observador mantém a segurança do perímetro e observa constantemente a aeronave. Além disso, o observador também serve como possível recuperador do drone em caso de falha ou queda. Essa comunicação constante é feita por meio de telefone celular ou outro dispositivo de comunicação.

Por outro lado, na operação VLOS, o piloto tem que observar a telemetria do rádiocontrole e o drone ao mesmo tempo, aumentando a chance de erro e de acidentes, como retornos forçados e quedas do drone. Além disso, o piloto não tem a ajuda do observador para garantir a segurança do perímetro, o que pode comprometer a operação.

Portanto, observa-se que a operação EVLOS é mais indicada para operações de segurança com drones, pois garante a segurança da operação e do drone, além de permitir uma comunicação constante e eficaz entre os profissionais envolvidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de drones em operações militares e de segurança pública pode ser uma ferramenta valiosa, mas também apresenta riscos significativos se não forem seguidas as regulamentações e limitações de segurança estabelecidas. A operação EVLOS pode ser uma aborda-

gem adequada para essas operações, permitindo que as equipes alcancem áreas mais distantes sem perder o controle do drone e garantindo a segurança do espaço aéreo e das pessoas ao redor. No entanto, é fundamental que os operadores sejam treinados e capacitados para operar os drones com segurança e responsabilidade, além de seguir as regulamentações e limitações de segurança estabelecidas. A partir desse posicionamento, busca-se sensibilizar os órgãos reguladores do espaço aéreo para uma possível revisão e adequação doutrinária em suas normas, manuais e regulamentos, visando aprimorar a segurança das operações com drones nesse contexto.

REFERÊNCIAS

DECEA. ICA 100-40: Aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro. Rio de Janeiro, 2017.

DECEA. MCA 56-1: Aeronaves não tripuladas para uso exclusivo em apoio às situações emergenciais. Rio de Janeiro, 2017.

DECEA. MCA 56-2: Aeronaves não tripuladas para uso recreativo – aeromodelos. Rio de Janeiro, 2017.

DECEA. MCA 56-3: Aeronaves não tripuladas para uso em proveito dos órgãos ligados aos governos federal, estadual e municipal. Rio de Janeiro, 2017.

DECEA. MCA 56-4: Aeronaves não tripuladas para uso em proveito dos órgãos de segurança pública, da defesa civil e de fiscalização da receita federal. Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Brasília, DF, 1986.

ANAC. RBAC-E94: Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Lei nº 7.060, de 20 de dezembro de 1982. Disciplina o uso de veículos aéreos não tripulados pelas unidades operacionais da Polícia Militar e pelos demais órgãos de segurança pública no Distrito Federal. Brasília, DF, 1982.

PM e BM - Estado de Rondônia. GUIA PARA USO OPERACIONAL DO DRONE. 1ª edição. Rondônia, 2023.

AGRADECIMENTOS

Paulo Henrique, Maria Antônia e Carlos Henrique.

Gostaríamos de expressar a nossa gratidão pelo apoio e colaboração que vocês nos deram durante o desenvolvimento deste estudo. A jornada não teria sido tão bem-sucedida sem o encorajamento e suporte que vocês nos forneceram ao longo do caminho. Desde a motivação inicial até as noites tardias de estudo e a finalização deste trabalho, vocês estiveram sempre presentes, oferecendo incentivo, paciência e compreensão. Suas palavras de encorajamento nos deram forças para seguir em frente quando as coisas ficaram difíceis, e sua disponibilidade em ajudar quando precisei foi inestimável. Sabemos que não teríamos conseguido isso sem vocês,

e seremos eternamente gratos pelo amor, suporte e encorajamento que recebemos de cada um de vocês. Obrigado por nos ajudarem a alcançar esse objetivo e por serem uma parte tão importante de nossas vidas.

Com gratidão, Carlos de Souza Lima e Elizete Hellmann de Souza

ANEXO

Foto - COSD-CMRO.





Satisfação no transporte público de Dois Córregos

Bruna Padilha Martins

Graduando em Logística pela FATEC JAHU. Rua Frei Galvão - Jardim Pedro Ometto, Jaú - SP, 17212-599

Evandro Antonio Bertoluci

Doutor em Educação – UFSCar. FATEC JAHU. Rua Frei Galvão - Jardim Pedro Ometto, Jaú - SP, 17212-599

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.15

RESUMO

O estudo destaca a importância do transporte público para atender às necessidades da população e como a qualidade desse serviço é fundamental para a satisfação dos usuários. A pesquisa analisou a satisfação da população que utiliza o transporte público na cidade de Dois Córregos, verificando se a operação atual atende às necessidades dos moradores. A pesquisa foi realizada por meio de levantamento direto de um grupo significativo de pessoas. Os principais problemas identificados foram a falta de horários adequados, a superlotação e a qualidade das vias utilizadas. É importante ressaltar que um sistema de transporte público eficiente e de qualidade é essencial para o desenvolvimento das cidades, tanto do ponto de vista social quanto econômico. O estudo avaliou a opinião dos usuários do transporte público na cidade de Dois Córregos em relação a horários, itinerários, pontualidade, conservação e limpeza dos veículos, bem como à lotação em determinados horários. Concluiu-se que, de modo geral, os usuários estão satisfeitos com o serviço de transporte público em Dois Córregos, porém, a lotação nos bairros é o fator principal a ser considerado pela empresa responsável pelo serviço no município.

Palavras-chave: transporte público. qualidade do serviço. necessidades da população. desenvolvimento das cidades. satisfação dos usuários.

ABSTRACT

The article highlights the importance of public transportation in meeting the needs of the population and how the quality of this service is crucial for user satisfaction. The research analyzed the satisfaction of the population that uses public transportation in the city of Dois Córregos, verifying if the current operation meets the needs of the residents. The survey was conducted through direct surveys of a significant group of people. The main problems identified were the lack of adequate schedules, overcrowding, and the quality of the roads used. It is important to emphasize that an efficient and quality public transportation system is essential for the development of cities, both from a social and economic standpoint. The study evaluated the opinions of public transportation users in the city of Dois Córregos regarding schedules, itineraries, punctuality, vehicle maintenance and cleanliness, as well as overcrowding during certain times. It was concluded that, in general, users are satisfied with the public transportation service in Dois Córregos, however, overcrowding in the neighborhoods is the main factor to be considered by the company responsible for the service in the municipality.

Keywords: public transportation. service quality. population needs. city development. user satisfaction.

INTRODUÇÃO

Na atualidade, vivemos em constante movimentação. Seja essa de pessoas ou de produtos e esses movimentos impulsionam o desenvolvimento econômico, social e tecnológico das cidades. Dentre todos os meios de transporte o público é o mais acessível à população sendo de baixo custo e abrangendo uma maior área de cobertura.

Em grandes centros, além de fundamental para o deslocamento da população tanto

para chegarem ao trabalho ou para se locomoverem pela cidade, desta forma o meio se torna algumas vezes a única forma para uma parcela da população conseguir se locomoverem pela cidade.

O gerenciamento do sistema de transporte público é um grande desafio enfrentado pelos gestores para atender as necessidades e abranger toda a população, tendo em vista qualidade, conforto, acessibilidade, segurança entre outros fatores fundamentais para a excussão do serviço.

Entretanto os problemas com transporte público não são exclusivos dos grandes centros a cidade de Dois Córregos, localizada na região central do estado de São Paulo, também enfrentam dificuldades para atender sua população.

Prezar pela qualidade do transporte é um grande desafio para atender as expectativas e as necessidades dos usuários do meio. Conforto, confiança e segurança está entre os anseios da população.

Os usuários buscam um meio pelo qual consiga chegar aos seus destinos sem grandes transtornos, sendo assim é de suma importância os horários de atendimento, lotação, qualidade da via e por fim o custo do transporte.

Objetivo

Analisar a satisfação da população que utiliza o transporte público na cidade de Dois Córregos tendo em vista se a operação atualmente atende às necessidades dos moradores.

Justificativa

Um sistema de transporte público deve atender as expectativas e as necessidades da população que utiliza o meio, proporcionando conforto segurança e acessibilidade para toda população.

METODOLOGIA

Este estudo teve como embasamento uma pesquisa bibliográfica que segundo Gil (2002, p. 44) “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científico”. Utiliza-se o método de estudo de levantamento que de acordo Gil (2002, p. 50):

Caracterizam-se pela interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Basicamente, procede-se à solicitação de informações a um grupo significativo de pessoas acerca do problema estudado para, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados.

REFERENCIAL TEÓRICO

A facilidade de deslocamento de pessoas, que segundo Ferraz e Torres (2004, p. 1), “que depende das características do sistema de transporte de passageiros, é um fator importante na caracterização da qualidade de vida de uma sociedade e, por consequência, do seu grau de desenvolvimento econômico e social”. Ferraz e Torres (2004) enfatiza que o nível de desen-

volvimento econômico e social também está relacionado com simplicidade no deslocamento de produtos sendo esse dependente do transporte de carga.

As atividades essenciais para uma cidade só são possíveis por conta do deslocamento de pessoas e produtos. De acordo com Ferraz e Torres (2004, p. 1), “o transporte urbano tão é importante para qualidade de vida da população quanto os serviços de abastecimento de água, coleta de esgoto, fornecimento de energia elétrica, iluminação pública etc.”

Ferraz e Torres (2004, p. 1) diz que.

A mobilidade é, sem dúvidas, o elemento balizador do desenvolvimento urbano. Proporcionar uma adequada mobilidade para todas as classes sociais constitui uma ação essencial no processo de desenvolvimento econômico e social das cidades.

De acordo Ferraz e Torres (2004), no Brasil cerca de 80% da população vive nas cidades. Os autores também enfatizam que em 30 anos, a população brasileira deverá estar em torno de 230 milhões, com aproximadamente 184 milhões de pessoas vivendo nas cidades, todos esses usuários do sistema de transporte urbano.

Segundo Santos (2005, p. 1) “O principal desafio dos planejadores de sistema de transporte público é atrair cada vez mais os usuários do automóvel”. Segundo Ferraz e Torres (2004) outro aspecto relevante no transporte em massa de pessoas é a ocupação e um uso mais racional do solo urbano.

De acordo com Santos (2005, p. 2) “uma das maiores dificuldades para se implantar um sistema de transporte coletivo de passageiros, é o desenvolvimento de estratégias que levem ao equilíbrio da oferta com a demanda, com desempenho otimizado”.

Santos (2005) destaca que existem diversos fatores são considerados para avaliação da qualidade pelos usuários, sendo esses:

- A percepção individual e conjunta, que variam de acordo com a condições sociais e econômicas, idade e do sexo;
- As condições de transporte vigente, por sempre haver uma expectativa dos passageiros na melhoria da oferta do serviço prestado.

Ferraz e Torres (2004, p. 109) “outro ponto relevante é que a percepção da qualidade é influenciada pelas condições de transporte vigentes, pois há um crescimento do grau de expectativa dos passageiros com influências com a melhoria da oferta”.

Ferraz e Torres (2004) também enfatiza que costumes, tradições do país, cultura e a própria região como também a variação de cidade para cidade a percepção do conceito de qualidade no transporte público é diferente.

Araújo (2013, p. 62) “por isso a qualidade dos transportes individual e coletivo tende a estar em consonância com a quantidade de investimentos e planejamento que a própria malha urbana oferece. ”

Santos (2005, p. 5) destaca que as principais características de um serviço de transporte público de qualidade são:

- Acessibilidade;

- Tempo de viagem;
- Confiabilidade;
- Intervalo entre atendimentos;
- Lotação;
- Características dos veículos;
- Facilidade de utilização;
- Mobilidade.

Ferraz e Torres (2004, p. 97) diz que:

A qualidade no transporte público urbano de ser contemplada com uma visão geral, isto é, deve considerar o nível de satisfação de todos os atores direta ou indiretamente envolvidos o sistema: usuários, comunidade, governo, trabalhadores do setor e empresário do ramo.

Ferraz e Torres (2004) destaca que para uma manutenção sustentável da qualidade no serviço se dá a um equilíbrio dos atores, se por acaso um grupo ficar insatisfeito acaba acarretando um desequilíbrio no sistema como exemplo a queda de demanda, perde de qualidade e eficiência entre outros

De acordo com Santos (2005, p. 5) a acessibilidade pode ser caracterizada e relacionada “com as distâncias que os usuários caminham quando utilizam o transporte coletivo, desde a origem da viagem até o ponto de embarque e do ponto de embarque até o destino final.”

Para Bracarense e Ferreira (2018, p. 601), “O conceito de acessibilidade no âmbito dos transportes pode ser entendido a partir de dois focos: acessibilidade a destinos e acessibilidade ao sistema de transporte”.

A tabela 1 mostra os padrões de qualidade do sugeridos para o transporte público de ônibus, sendo esses fatores influenciadores na qualidade do transporte do ponto de vista do usuário com uma classificação de bom, regular ou ruim.

Tabela 1 - Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus.

Fatores	Parâmetros de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distância de caminhada no início e no fim da viagem (m)	< 300	300-500	> 500
	Declividade dos percursos não exagerada por grandes distâncias, passeios revestidos e em bom estado, segurança na travessia das ruas, iluminação noturna, etc.	Satisfatório	Deixa a desejar	Insatisfatório
Frequência de atendimento	Intervalo entre atendimentos (minutos)	< 15	15-30	>30
Tempo de viagem	Relação entre o tempo de viagem por ônibus e por carro	< 1,5	1,5-2,5	>2,5
Lotação	Taxa de passageiros em pé (pass/m ²)	< 2,5	2,5-5,0	>5,0
Confiabilidade	Viagens não realizadas ou realizadas com adiamento maior que 3 min ou atraso acima de 5 min (%)	< 1,0	1,0-3,0	>3,0
Segurança	Índice de acidentes (acidentes/100 mil km)	< 1,0	1,0-2,0	>2,0
Características dos ônibus	Idade e estado de conservação	Menos de 5 anos e em bom estado	Entre 5 e 10 anos e em bom estado	Outras situações
	Número de portas e largura do corredor	3 portas e corredor largo	2 portas e corredor largo	Outras situações
	Altura dos degraus, sobretudo do primeiro	Pequena	Deixa a desejar	Grande
	Aparência	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória

Fonte: Ferraz e Torres (2004, p. 110)

Tabela 1- Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus (continuação)

Fatores	Parâmetros de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Características dos locais de parada	Sinalização	Em todos	Falta em alguns	Falta em muitos
	Cobertura	Na maioria	Falta em muitos	Em poucos
	Banco para sentar	Na maioria	Falta em muitos	Em poucos
	Aparência	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
Sistema de informações	Folhetos com itinerários e horários disponíveis	Sim	Sim, porém precário	Não existem
	Informações adequadas nas paradas	Sim	Sim, porém precário	Não existem
	Informações e reclamações (pessoalmente ou por telefone)	Sim	Sim, porém precário	Não existem
Conectividade	Transbordos (%)	< 15	15-30	> 30
	Integração física	Sim	Sim, porém precária	Não existe
	Integração tarifária	Sim	Não	Não
	Tempo de espera nos transbordos (min)	< 15	10-30	> 30
Comportamento dos operadores	Motoristas dirigindo com habilidade e cuidado	Satisfatório	Deixa a desejar	Insatisfatório
	Motoristas e cobradores prestativos e educados	Satisfatório	Deixa a desejar	Insatisfatório
Estado das vias	Vias pavimentadas e sem buracos, lombadas e valetas e com sinalização adequada	Satisfatório	Deixa a desejar	Insatisfatório

Fonte: Ferraz e Torres (2004, p. 111)

De acordo com Ferraz e Torres (2004) os itens da tabela acima são destacados conforme abaixo:

- A acessibilidade sendo associada à facilidade de acessar o local de embarque e o desembarque ao destino da viagem. A avaliação da qualidade da é mensurada por dois parâmetros sendo esses a distância da local origem até o ponto de embarque e do desembarque até o destino final.

- A frequência de atendimento é relacionada com o intervalo de tempo em que cada veículo do transporte público passa. A avaliação da qualidade é medida com base nos intervalos de viagens consecutivas.

- O tempo de viagem é o tempo gasto dentro do transporte variando de acordo com a velocidade e da distância percorrida entre embarque e desembarque. A avaliação da qualidade pode ser feita uma associando o tempo da viagem pelo transporte público com o tempo percorrido por carro nos dois sentidos.

- A lotação refere-se à quantidade de pessoas dentro do transporte, sendo ideal que todos os usuários estivessem sentados, contudo, essa pratica elevaria os custos operacionais. A avaliação de qualidade tem como base na taxa de passageiros em pé por metro quadrado que ocupam espaço livre no transporte público.

- A Confiabilidade está ligada a pontualidade, que o veículo irá passar no local de origem e que chegará ao destino final no horário. A avaliação da qualidade pode ser medida com base na porcentagem de viagens não concluídas ou finalizadas com atrasos superiores a cinco minutos e também com adiantamento de superior a três minutos

- A segurança está relacionada com acidentes no qual o transporte se envolve e a atos violentos como agressões ou roubos dentro do veículo e nos locais de paradas. A avaliação da qualidade pode ser mensurada pelo número de incidentes ocorridos a cada 100 mil quilômetros

percorridos.

- As características dos veículos são determinadas pela tecnologia (temperatura, ventilação, tipos de bancos, largura do corredor e portas, etc.) e o estado de conservação (aspecto interno e externo do veículo, idade, limpeza, etc.). A qualidade pode ser avaliada por fatores como idade, número de portas, largura de corredor.

- As características dos locais de parada têm como importância a sinalização, calçadas largas, coberturas e bancos nos locais de paradas. Esses aspectos são os principais para realizar a avaliação de qualidade.

- O sistema de informações engloba a disponibilidade de folhetos com horários, itinerários das linhas e estações com informativos de números e nome das linhas. Sendo esses fatores essenciais para a avaliação.

- A Conectividade é a facilidade de se locomover entre dois pontos da cidade, sendo ela determinada de como é configurada as linhas, o número de transbordos realizados para chegar ao destino e a integração de tarifas na troca de veículos. Sendo esses fatores determinantes na avaliação de qualidade.

- O Comportamento dos operadores se diz respeito a forma de condução do transporte pelo motorista assim como a educação e prestatividade sendo esses pontos comportamentais em relação também aos cobradores. Sendo isso importantes para avaliação da qualidade do serviço.

- O estado das vias tendo em vista a existência de pavimentação, buracos, lombadas assim como sinalização adequada são os fatores de avaliação da qualidade.

Para Ferraz e Torres (2004, p. 109) “diversos aspectos são considerados pelos usuários na avaliação da qualidade dos sistemas de transporte público urbano”. Os autores citam ainda que as avaliações são individuais variando de acordo com a classe social, idade, sexo, etc.

O fornecimento de um serviço de qualidade que atenda às expectativas e necessidades dos clientes assim como citam Blume e Ledermann (2009, p. 51) “o segredo é superar as expectativas dos consumidores com a qualidade dos serviços, prometendo somente o que puder fornecer e fornecer o que prometeu”

Mediante aos fatores de acordo com Blume e Ledermann (2009, p. 51) “essas expectativas surgem de experiências passadas, da propaganda boca a boca e da propaganda da empresa de serviços”.

Segundo Ferraz e Torres (2004) que mesmo com as dificuldades é preciso definir um padrão de qualidade para se obter um planejamento, esses padrões devem ter como base a opinião da maioria dos usuários do sistema e ter conhecimento que esses padrões podem variar de cidade a cidade e até mesmo de países

Estudo de Caso

Dois Córregos uma cidade localizada no interior do estado de São Paulo que de acordo com o IBGE (2021) residem na cidade 27.704 habitantes. O município possui um único distrito conhecido como Guarapuã que fica a cerca de 15 km do centro cidade.

O transporte coletivo na cidade surgiu oficialmente em 1997 para atender as demandas causadas por conta do crescimento populacional. Atualmente o serviço de transporte coletivo da cidade é realizado por uma empresa privada e que possui uma frota de cinquenta veículos, sendo eles destinados cada um em sua área específica, emprega atualmente sessenta colaboradores, distribuídos em três turnos de trabalho, entre funções de motoristas, monitores, administrativo, limpeza e mecânica.

O transporte é realizado por quatro veículos, dois veículos diariamente em rota dentro do município, um veículo fornecendo o transporte ao distrito de Guarapuã, localizado a cerca de 15 minutos do município de Dois Córregos, também fornecendo um veículo como reserva em caso de manutenção corretiva /preventiva.

A operação é dividida entre os horários estabelecidos para melhor atender a população, passando entre os bairros ligando os transportados de uma ponta a outra da cidade com paradas ao decorrer do percurso, também fornecendo o transporte do distrito de Guarapuã a Dois Córregos.

A tabela 2 mostra os horários dos ônibus para atendimento da população da cidade.

Tabela 2 - Horários e pontos do transporte em Dois Córregos / Guarapuã.

Saída - Nicola Balivo Segunda a sexta		Saída - Arco Íris Segunda a sexta	
05:55	Setor Industrial	06:40	Setor Industrial
06:30	Santa Casa	07:30	Centro
07:25	Santa Casa	08:00	Centro
10:55	Centro	12:00	Centro
12:05	Centro	13:00	Centro
15:25	Centro	16:10	Centro
16:55	Centro	17:35	Centro
17:25	Centro	18:25	Escolar
18:25	Escolar		
22:30	Escolar	22:35	Escolar
Saída - Nicola Balivo Sábado		Saída - Arco Íris Sábado	
05:55	Setor Industrial	06:30	Santa Casa
07:15	Centro	08:00	Centro
10:55	Centro	12:00	Centro
16:55	Centro	17:30	Centro
Dois Córregos > Guarapuã Segunda a sexta		Guarapuã > Dois Córregos Segunda a sexta	
06:00		06:20	
09:00		09:30	
11:00		11:30	
14:00		14:30	
17:15		17:50	
Sábado: Dois Córregos > Guarapuã		Sábado: Guarapuã > Dois Córregos	
06:00		06:30	
12:00		12:30	

Fonte: Autores (2023)

Pesquisa de Satisfação

A pesquisa foi realizada no período de dois dias 15 a 16 março do ano de 2023 sendo no total abordados 73 usuários do sistema de transporte público de Dois Córregos.

A tabela 3 mostra o formulário que foi utilizado para a pesquisa de satisfação.

Tabela 3 - Formulário de Satisfação.

FORMULÁRIO DE SATISFAÇÃO			
LINHAS / HORARIOS	INSATISFEITO	SATISFEITO	MUITO SATISFEITO
1- HORARIOS			
2- ITINERARIO			
3- PONTUALIDADE			
CONDIÇÕES DE FROTA			
1- CONSERVAÇÃO DO ÔNIBUS			
2- LOTAÇÃO			
3- LIMPEZA			
ATENDIMENTO			
1- TRATAMENTO COM OS PASSAGEIROS			
2- FORMA DE DIRIGIR			
3- RESPEITO COM AS PARADAS			

Fonte: Autores (2023)

A tabela 4 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro Guarapuã. Observa-se que de modo geral os 14 passageiros entrevistados estão satisfeitos ou muito satisfeitos com o serviço. Entretanto existe uma parcela que não está satisfeita com conservação e lotação no Bairro sendo assim um ponto a ser analisado para melhorar.

Tabela 4 - Bairro Guarapuã.



Fonte: Autores (2023)

A tabela 5 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro Cidade Amizade. De todos os 4 usuários abordados pela pesquisa todos estão satisfeitos ou muito satisfeitos com o serviço prestando, portanto, conclui-se que manter qualidade no bairro é o suficiente.

Tabela 5 - Bairro Cidade Amizade.

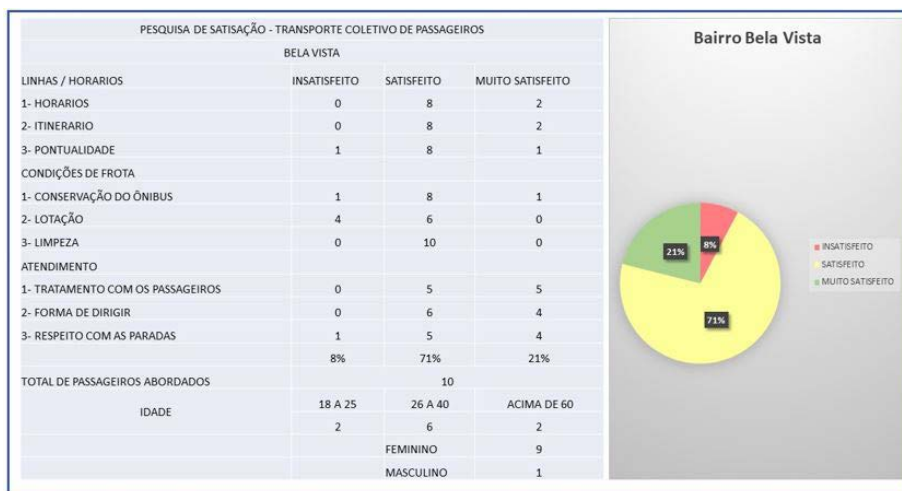


Fonte: Autores (2023)

A Tabela 6 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro Bela Vista. Notou-se que dos 10 entrevistados temos um índice maior de insatisfação em alguns pontos da pesquisa com: pontualidade, conversação do ônibus, lotação e respeito as paradas.

Sendo assim cabe por parte da prestadora de serviço uma avaliação sobre os pontos citados de forma negativa.

Tabela 6 - Bairro Bela Vista.



Fonte: Autores (2023)

A tabela 7 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro Arco-íris. Notou-se que dos 14 entrevistados temos um número maior de insatisfação em alguns pontos da pesquisa com: horários, itinerário, lotação e forma de dirigir

Sendo assim cabe por parte da prestadora de serviço uma avaliação sobre os pontos citados de forma negativa.

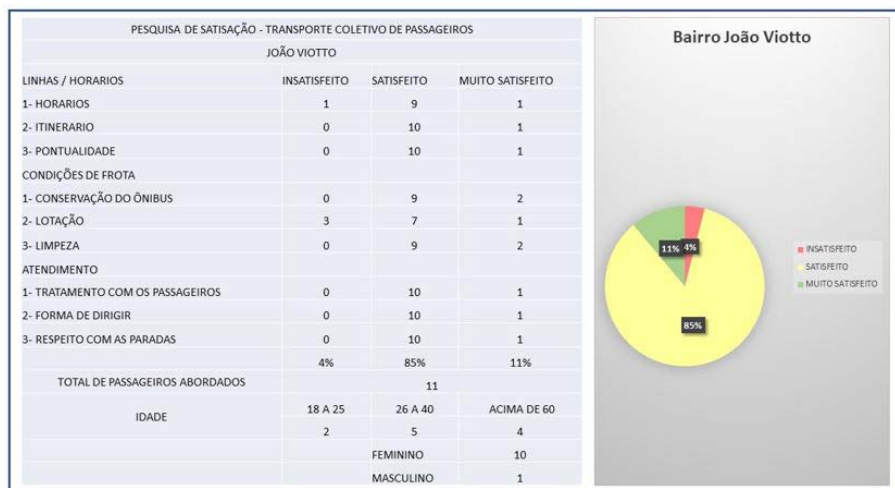
Tabela 7 - Bairro Arco-íris.



Fonte: Autores (2023)

A tabela 8 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro João Viotto. Percebe-se que dos 11 entrevistados a maioria está satisfeita com o serviço e que as insatisfações estão relacionadas aos horários e lotação. Portanto cabe por parte da prestadora de serviço uma avaliação sobre os pontos citados de forma negativa.

Tabela 8 - Bairro João Viotto.



Fonte: Autores (2023)

A tabela 9 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro Nicola Balivo. Foram entrevistados 10 passageiros sendo dos quais 6 estão insatisfeitos com lotação. Contudo os demais itens da pesquisa se mostram satisfatórios para todos os usuários do serviço. Em vista disso a prestadora de serviço deve avaliar a lotação no bairro.

Tabela 9 - Bairro Nicola Balivo.



Fonte: Autores (2023)

A tabela 10 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro Centro. Foram entrevistados 03 passageiros, notou-se que a houve um maior percentual de insatisfeitos com alguns pontos da pesquisa, sendo assim é um local para ser observado e avaliado para mudanças.

Tabela 10 - Bairro Centro.



Fonte: Autores (2023)

A tabela 11 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro Portal. Percebe-se que dos 04 entrevistados a maioria está satisfeita com o serviço e que a insatisfações estão relacionadas a lotação.

Tabela 11 - Bairro Portal.



Fonte: Autores (2023)

A tabela 12 mostra o resultado da pesquisa realizada no Bairro Jardim Paulista. Foram entrevistados 03 passageiros, notou-se que a houve um grande percentual de insatisfeitos com alguns pontos da pesquisa, sendo a lotação o ponto que se mostrou unanime para os passageiros.

Tabela 12 - Bairro Jardim Paulista.



Fonte: Autores (2023)

A tabela 13 mostra o resultado Geral da pesquisa englobando todos os bairros. Do total de 73 usuários entrevistados observa-se que 64% estão satisfeitos com o transporte público, 29% estão muito satisfeitos com o transporte público, 7% estão insatisfeitos com alguns pontos do transporte público. A faixa etária dos entrevistados é de 18 a 25 (21%), 26 a 40 (53%) e acima de 60 (23%), sendo 88% público feminino e 12% masculino

No Centro foi o local com o maior número de insatisfeitos com o serviço prestado representando 22% dos usuários. Por outro lado, no Bairro Cidade amizade houve a maior taxa de aprovação pela população representando 100% de satisfeitos (72%) ou muito satisfeitos (28%) com transporte.

Das insatisfações destacadas a com o maior número de reclamações foi em relação a lotação, portanto é recomendável a partir desta informação a prestadora de serviço avaliar se o

número de veículos ou a capacidade dos mesmos estão atendendo de forma satisfatória a operação.

Tabela 13 - Geral.



Fonte: Autores (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação a horário e itinerário, alguns usuários acreditam que em maior quantidade seria o ideal; Pontualidade / conservação e limpeza, estão aprovadas diante dos usuários.

A lotação em certos horários em que gera um excesso de passageiros, de modo geral aceitável, ao que se refere ao transporte público, já que seu cálculo deve ser baseado no IPK (índice por quilometro).

Conforme a Tabela 13 a empresa com concessão do transporte público tem a aprovação de 100% dos usuários entrevistados, em quesitos ao tratamento com os passageiros, forma de dirigir e respeito as paradas.

Conclui-se que de forma geral a população está satisfeita com o serviço de transporte público na cidade de Dois Córregos, tendo em vista aos dados apresentados no estudo ponto mais relevante seria a lotação nos bairros sendo esse o fator principal a ser considerado pela a empresa prestadora do serviço no município.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, G. C. C. D. Mobilidade urbana: a oferta pública do transporte coletivo e a iniciativa privada dos mototaxistas no município de Araras (SP). Linguagem Acadêmica, Batatais, 2013. 57-77.

BLUME, Marcelo; LEDERMANN, Martin. Gestão de produtos e marcas. Ijuí: Ed. Unijuí, 2009

BRACARENSE, L. D. S. F. P. B.; FERREIRA, J. O. N. Índice de acessibilidade para comparação dos modos de transporte privado e coletivo. Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, n. 10, p. 600-613, set./dez 2018.

FERRAZ, C. P.; TORRES, I. G. E. Transporte Público Urbano. 2ª. ed. São Carlos: Rima, 2004.

GIL, A. C. Método e técnicas de pesquisa social. 4^a. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

IBGE. Cidades e Estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/dois-corregos.html>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SANTOS, B. J. R. D. A qualidade no serviço de transporte público urbano. Redes de estudo de engenharia e socioeconômico em transportes, Goiânia, 2005. 1-12.



Análise e simulação bidimensional da termo-fluído dinâmica entorno de cilindros estacionário e rotativo pelo método da fronteira imersa

Rômulo Damasclin Chaves dos Santos

Dr. PhD. Pesquisador de Pós-doutorado do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA/SP. Prof. Subst. de Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre – IFAC. <http://lattes.cnpq.br/5416661457556148>

Quétilla Gaspar da Silva

Graduanda e Residente CAPES do Curso de Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre – IFAC. <http://lattes.cnpq.br/8858903629557007>

Samia Rubi de Lima Tananta

Graduanda e Residente CAPES do Curso de Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre – IFAC. <http://lattes.cnpq.br/7572912385943173>. Rio Branco - AC

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.16

RESUMO

O estudo dos escoamentos entorno de corpos, tanto aquecidos quanto não aquecidos, desperta um grande interesse científico, industrial e tecnológico. A compreensão desses escoamentos e dos fenômenos associados, como geração de vórtices, transferência de calor e forças exercidas pelo fluido, é crucial em diversas áreas da engenharia. Exemplos incluem plataformas de extração de petróleo, linhas de transmissão de energia, interação fluido-estrutura, meios porosos, trocadores de calor e geometrias complexas, móveis, estacionárias ou deformáveis. Este trabalho apresenta uma abordagem inovadora, combinando a metodologia da Fronteira Imersa (MFI) com o Modelo Físico Virtual (MFV), para simular escoamentos bidimensionais e incompressíveis ao redor de cilindros aquecidos e rotativos. O MFV é empregado para calcular as forças exercidas do fluxo sobre o cilindro (corpo imerso), utilizando as equações da continuidade, da conservação da quantidade de movimento e da energia. Foram realizadas simulações computacionais de baixo custo, utilizando implementações eficientes. O objetivo principal foi avaliar a estabilidade do método e obter parâmetro relevante, como o coeficiente de arrasto (C_d), além da visualização do campo de vorticidade. Os resultados obtidos fornecem a otimização do problema, possibilitando avanços científicos e tecnológicos significativos.

Palavras-chave: método de fronteira imersa. cilindro estacionário e rotativo.

INTRODUÇÃO

Pode-se conceituar um fluido como sendo a matéria que se deforma de forma contínua sobre a aplicação de uma tensão de cisalhamento, não importando o quão pequeno ela possa ser. Os fluidos estão presentes em diversas aplicações, como na natureza ou em processos industriais, seja isolado, como misturas de diferentes fluidos e/ou em contato com superfícies sólidas. Desta forma, a compreensão da dinâmica dos fluidos em cada aplicação é um objeto de estudo de grande importância.

Grande parte das pesquisas em dinâmica dos fluidos envolve escoamentos com a presença de geometrias complexas. Alguns exemplos são as aplicações em aerodinâmica, bioengenharia, máquinas hidráulicas, meios porosos dentre outros. Anterior ao surgimento dos computadores, os custos relacionados aos experimentos ficavam limitados aos túneis de vento e demais pesquisas de campo. Apesar do inegável avanço computacional e da ciência matemática, ainda não é possível obter a solução analítica de equações diferenciais não-lineares, a não ser que se faça um estudo para determinados casos particulares simplificados. Assim, propostas de análises de situações reais em escoamentos de fluidos, fora do campo puramente experimental, ainda esbarram em necessidades técnicas mais sofisticadas e na utilização de poderosos recursos computacionais.

Matemáticos, Físicos, Engenheiros e demais pesquisadores, estão sempre desenvolvendo novas técnicas de simulação numérica, permitindo que os resultados numéricos estejam cada vez mais próximos dos resultados obtidos nos experimentos. Desta forma a Dinâmica dos Fluidos Computacional (em inglês, CFD – *Computational Fluid Dynamics*), utiliza métodos e técnicas numéricas cada vez mais confiáveis aliados à obtenção de resultados mais precisos. Sabe-se que o tratamento envolvendo geometrias complexas ainda é um grande desafio em CFD e quando as fronteiras são móveis, a sua movimentação perturba a dinâmica do escoamento e

vice-versa, tornando o problema ainda mais complexo.

Em métodos baseados em malhas numéricas, a escolha apropriada da malha depende do tipo de problema a ser estudado. Dessa forma um algoritmo desenvolvido, por exemplo, para lidar com malhas curvilíneas, não é capaz de lidar com malhas ortogonais. Algumas técnicas empregam malhas que se ajustam à topologia do domínio, por exemplo, acompanhando uma superfície ou um corpo a ser estudado, e estas são as chamadas malhas adaptativas (do inglês, *Body-Fitted Mesh*).

Muitos problemas práticos de interesse industrial estão relacionados à presença de geometrias complexas. A representação computacional de uma geometria muito complexa quando feita com o auxílio dessas malhas não-estruturadas adaptativas, pode resultar em uma formulação discretizada complicada, elevando o custo computacional e muitas vezes inviabilizando a solução numérica. Esta malha deve se ajustar da melhor forma ao objeto de estudo e ao domínio. A sua geração nem sempre é trivial e podem ocorrer erros entre seus nós elementares. Se considerarmos o caso da discretização em blocos, o acoplamento entre os diversos domínios, se mal construído, pode também gerar inconsistências físicas.

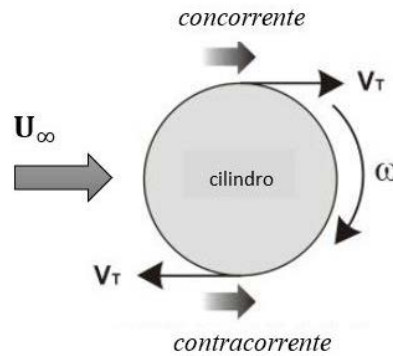
Além da complexidade geométrica outra dificuldade surge nos problemas envolvendo corpos móveis e/ou deformáveis. Existe na literatura algumas propostas para estudar essa classe de problemas, mas nenhuma delas é definitiva. Existem metodologias baseadas no uso de malhas adaptativas para descrever tais geometrias, que por sua vez, utilizam técnicas de remalhagem nos casos de corpos móveis e/ou deformáveis. Outras propostas são baseadas no conceito de Fronteira Imersa. Esta última, apresenta algumas vantagens, como por exemplo, a possibilidade de simular geometrias complexas em malhas ortogonais fixas, não havendo necessidade de remalhagem do domínio. Nos estudos envolvendo geometrias complexas imersas no escoamento, é comum utilizar previamente uma geometria mais simples. Isto é usual para a validação/melhoria de metodologias ou para um melhor entendimento da dinâmica do escoamento.

ESCOAMENTO ENTORNO DE CILINDROS ROTATIVOS

Para os escoamentos externos a um cilindro ou a uma esfera, a literatura apresenta uma ampla quantidade de resultados o que contribui para a comparação com os resultados obtidos, sendo este, portanto, um problema clássico da Mecânica dos Fluidos. Quando um cilindro rotaciona o escoamento, este torna-se assimétrico influenciando nas distribuições de pressão, velocidade e no ponto de separação da camada-limite. A esteira formada a jusante do corpo se inclina fazendo com que a trajetória do corpo seja alterada, caso este não esteja fixo. Este fenômeno denominado de *Efeito Magnus* afeta as condições de sustentação do corpo, podendo deslocar a camada-limite total ou parcialmente, alterando completamente as características do escoamento.

O escoamento em torno de cilindros rotativos apresenta um comportamento dinâmico bastante diferente daquele observado em torno de cilindros estacionários. Como ilustrado na Fig. 1, de um lado (fluxo concorrente), as velocidades da parede do corpo e do escoamento possuem, ambas, o mesmo sentido, enquanto que, do lado oposto (fluxo contracorrente), o escoamento e a parede do cilindro movimentam-se em sentidos contrários.

Figura 1 – Cilindro em rotação imerso em um campo de escoamento.



O movimento da parede pode inibir, total ou parcialmente, a separação de um dos lados do corpo, deslocando a esteira em relação à linha de centro geométrica do sistema, conforme a Fig. 1.2. Nessas circunstâncias, além do número de Reynolds, o escoamento é também governado pela rotação específica do corpo (α), que é a relação entre a velocidade tangencial periférica do cilindro e a velocidade da corrente livre U_∞ , conforme a expressão

$$\alpha = \frac{\omega \cdot R}{U_\infty}, \quad (1.1)$$

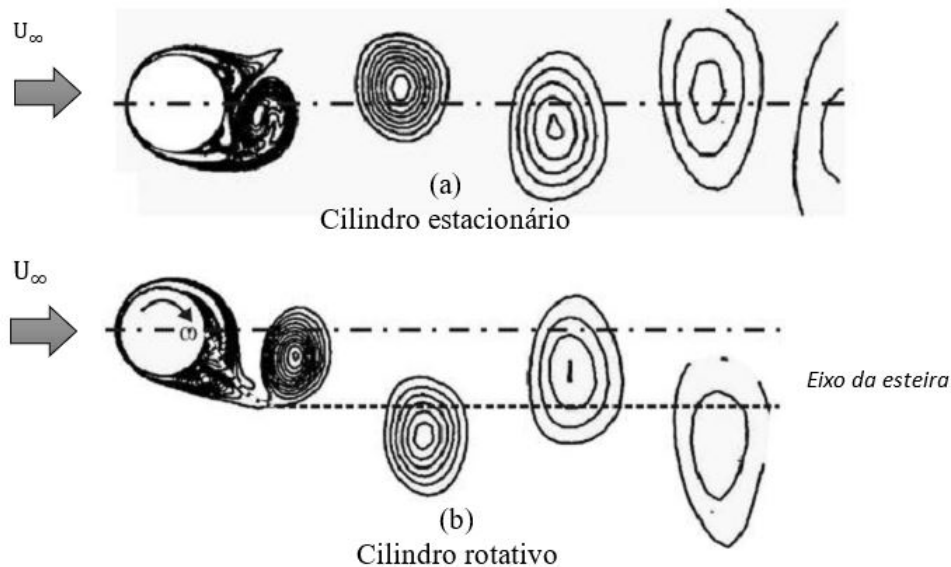
na qual ω é a velocidade angular do cilindro.

Para o estudo do escoamento em torno de cilindros circulares rotativos, dois parâmetros adimensionais são relevantes, são eles: o número de Reynolds (Re), e a rotação específica (α). O número de Reynolds é baseado frequentemente na velocidade da corrente livre e no diâmetro do cilindro, definido como

$$Re = \frac{\rho U_\infty D}{\mu}, \quad (1.2)$$

onde U_∞ é a velocidade do fluido em relação ao eixo do cilindro (conhecida também como velocidade da corrente livre), D é o diâmetro do cilindro e μ é a viscosidade dinâmica ou absoluta do fluido, que representa a relação entre a força inercial e a força viscosa.

Figura 1.2 – Isolinhas de vorticidade de um escoamento em torno de um cilindro. Caso estacionário (a) e um cilindro em movimento de rotação (b), Carvalho (2003)



Em outras palavras, ao contornar o corpo sólido, o escoamento é fortemente afetado

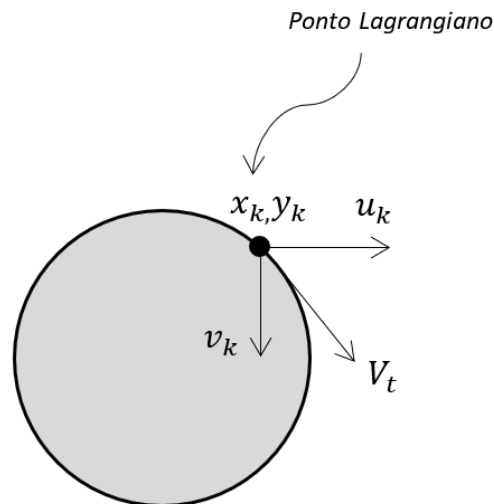
pela rotação imposta ao cilindro, a qual, de um lado acelera o fluido na região parietal (fluxo concorrente) e, do outro, exerce um efeito que se opõe ao seu movimento (fluxo contracorrente).

O presente trabalho

Neste trabalho, o maior interesse é verificar a aplicabilidade e potencialidade do Método de Fronteira Imersa juntamente com o Modelo Físico Virtual para a modelagem matemática e simulação numérica de escoamentos sobre cilindros rotativos e aquecidos.

Para simulações de escoamento sobre cilindros rotativos, as componentes da velocidade tangencial dos pontos Lagrangianos podem ser calculadas, de acordo com a velocidade angular imposta. As simulações foram realizadas para diferentes valores de rotação específica e alguns números de Reynolds, objetivando identificar variações nos coeficientes aerodinâmicos, nos números de Strouhal e Nusselt. Neste caso, a rotação é efetuada apenas com a projeção da velocidade tangencial, obtida através da velocidade angular imposta, nas componentes x e y da velocidade, em cada ponto Lagrangiano, conforme Fig. 1.3.

Figura 1.3 - Esquema ilustrativo da projeção da velocidade tangencial.



Em síntese, o presente trabalho teve como objetivos macros:

- Entender de forma qualitativa e quantitativa os fenômenos gerados pela rotação e aquecimento de um cilindro imerso no escoamento;
- Estudar e validar o código numérico bidimensional denominado IBM-VPM cuja metodologia MFI/MFV já estava implementada;
- Obter resultados dos coeficientes de arrasto, sustentação, assim como números de Strouhal e Nusselt para o escoamento proposto;
- Comparar os resultados numéricos obtidos com os resultados da literatura, visando validar a metodologia e uma melhor compreensão do escoamento.

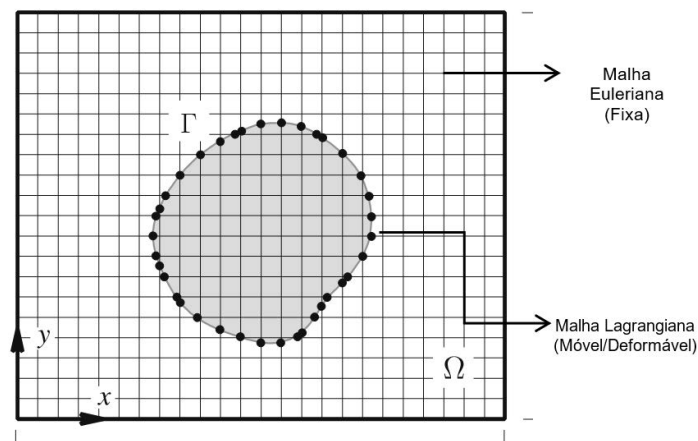
Na Seção a seguir, será apresentada a fundamentação teórica da metodologia da Fronteira Imersa, formulação para o fluido, isto é, a formulação para a interação da interface fluido-corpo.

MÉTODO DA FRONTEIRA IMERSA

O Método da Fronteira Imersa, desenvolvido por Peskin (1972), foi inicialmente proposto para estudar o escoamento sanguíneo em válvulas cardíacas. Este método desde sua proposta inicial vem sendo modificado e aperfeiçoado. A ideia central do método consiste na modelagem das interfaces imersas no escoamento, pela imposição indireta das condições de contorno sobre as fronteiras, através do cálculo de um campo de forças/energia que estas interfaces produzem quando imersos em um fluido. Um termo fonte é inserido nas equações do movimento e da energia para representar esse campo.

Os trabalhos relacionados ao Método da Fronteira Imersa (MFI) são baseados em uma formulação mista onde ocorre a construção de duas malhas computacionais e geometricamente independentes, uma Euleriana, que representam o domínio de cálculo, e outra denominada Lagrangiana, que representa o corpo imerso, facilitando assim a representação de corpos em movimento ou que se deformam, sem a necessidade de se efetuar remalhagem no domínio, como ilustra a Fig. 2.1.

Figura 2.1 – Representação bidimensional da malha fixa em todo o domínio (Euleriana) e malha superficial (Lagrangiana) em uma interface arbitrária.



Para a malha Euleriana, os termos fonte de quantidade de movimento e energia são responsáveis por representar o corpo móvel e aquecido, inserido no escoamento. A facilidade de se representar geometrias quaisquer e de se obter as forças atuantes sobre as mesmas é também uma grande vantagem do Método da Fronteira Imersa perante os demais métodos baseados em malhas adaptativas tradicionais. A malha Euleriana é sempre fixa, e na grande maioria das vezes, construída em coordenadas cartesianas ou cilíndricas, objetivando simplificar o sistema de equações, que gera a discretização das equações de conservação. A malha Lagrangiana, por sua vez, é formada por pontos discretos superpostos à superfície imersa, os quais demarcam sua posição ao longo do tempo. Vale ainda dizer que os pontos Lagrangianos podem mudar continuamente de posição durante os cálculos, simulando movimentos de fronteira, sem que a malha Euleriana precise ser alterada. Sobre a malha Lagrangiana estão concentradas forças de superfície que “obrigarão” o fluido a se “desviar”. A seguir, são apresentados alguns trabalhos relevantes da literatura, que utilizam diferentes abordagens para o estudo de escoamentos com a presença de sólidos imersos, com o uso do Método da Fronteira Imersa.

Fogelson e Peskin (1988) desenvolveram um método numérico para a resolução das equações de Navier-Stokes na forma tridimensional com a presença de partículas suspensas. O método é uma extensão do método proposto por Peskin (1972). Os autores estudaram o fenô-

meno de agregação das plaquetas durante o coágulo sanguíneo e o obtiveram através de simulação numérica o processo de sedimentação de várias partículas com influência da gravidade.

Goldstein *et al.* (1993) desenvolveram um Método Espectral para a solução das equações de Navier-Stokes, também baseado no Método da Fronteira Imersa, onde foram inseridas as forças de corpo para a simulação de obstáculos sólidos no interior do escoamento. Simularam o escoamento em torno de cilindros a baixo e altos números de Reynolds, com a finalidade de validar o método proposto. O modelo apresentado para o cálculo da força na malha Lagrangiana contém duas constantes α e β a serem ajustadas. Os resultados foram comparados com outros resultados disponíveis na literatura. Os autores verificaram uma rápida convergência e eficiência do método.

Lima e Silva (2002) desenvolveu um modelo denominado Modelo Físico Virtual (MFV), em inglês, Virtual Physical Model, para o cálculo da força interfacial Lagrangiana. O MFV é baseado nas equações de Navier-Stokes, isto é, a força é calculada dinamicamente através das equações de quantidade de movimento sobre uma partícula de fluido na interface. A força calculada é inserida como termo fonte nas equações de Navier-Stokes. Assim, impõe-se de maneira indireta, a condição de contorno desejada sobre a fronteira. O Modelo Físico Virtual tem a capacidade de se auto ajustar ao escoamento uma vez que a força necessária para “frear” as partículas de fluido próximas à interface é calculada de maneira automática. Esse método vem apresentando bons resultados em diversas simulações. Foi testado em domínios bidimensionais, para diversos problemas práticos de engenharia. Escoamento em torno de obstáculos a altos Reynolds podem ser encontrados em Oliveira *et al.* (2006), escoamentos em torno de geometrias complexas em Lima e Silva *et al.* (2002), escoamentos em torno de obstáculos móveis, objetos em queda livre podem ser vistos em Vilaça *et al.* (2004). Neste modelo não existem constantes a serem ajustadas e não é necessário o conhecimento prévio das malhas vizinhas à interface. A força interfacial é calculada nos pontos Lagrangianos e distribuída para os pontos Eulerianos vizinhos, com o auxílio de uma função tipo Gaussiana. Foram também simulados escoamentos sobre cilindros circulares e quadrados, aerofólios, dois cilindros alinhados, cilindros em paralelo e banco de cilindros, para número de Reynolds menores e iguais a 300. Há outros trabalhos, mais atuais, como por exemplos, Santos *et al.* (2018), que implementa outros fenômenos físicos, como a transferência de calor por convecção forçada e natural, bem como a turbulência com diferentes modelos, com diferentes números de Reynolds, fazendo valer com base na validação da metodologia MFI; mas que deixaremos à cargo do leitor a devida pesquisa/investigação.

Neste trabalho, o Método da Fronteira Imersa é utilizado para modelar a presença de corpos sólidos imersos em um escoamento bidimensional de um fluido incompressível. Um termo fonte de força introduzido nas equações de Navier-Stokes é usado para modelar a interface fluido-corpo. Analogamente o aquecimento do corpo imerso, quando considerado, é modelado por um termo fonte de energia, representado por \dot{q} . Deste modo, a metodologia é baseada em uma formulação mista, isto é, uma formulação do tipo integro-diferencial. Sendo que, uma malha é destinada ao fluido (malha Euleriana fixa), e outra para a interface fluido-corpo (malha Lagrangiana).

Um código particular foi utilizado para a solução de escoamentos bidimensionais entorno de corpos imersos móveis, estado já implementado, quando for o caso, a transferência de calor por convecção forçada. Foram simulados escoamentos entorno de um cilindro estacionário (sem

aquecimento) e também rotativo, para diferentes números de Reynolds e diferentes taxas de rotações. O programa computacional é baseado na solução explícita das equações de Navier-Stokes. As discretizações espaciais foram realizadas utilizando o método de Diferenças Finitas Centradas. Para a correção da pressão, foi utilizado o método MSIP (Modified Strongly Implicit Procedure), proposto por Schneider e Zedan (1981). Foram obtidos, neste trabalho, apenas os campos de vorticidade e o coeficientes de arrasto.

A seguir é apresentada a formulação que descreve o Método da Fronteira Imersa com o Modelo Físico Virtual, utilizada no presente trabalho.

Formulação para o fluido

As equações governantes adimensionalizadas, foram escritas com as seguintes hipóteses:

- escoamento laminar;
- bidimensional;
- fluido newtoniano;
- escoamento incompressível, com propriedades constantes. O termo de empuxo, com base na aproximação de Boussinesq, não aparece, visto que no presente trabalho apenas casos de convecção forçada são estudados;
- termos fontes nas equações da energia e quantidade de movimento baseados no Método da Fronteira Imersa;
- dissipação viscosa e trabalho de compressão desprezíveis na equação da energia.

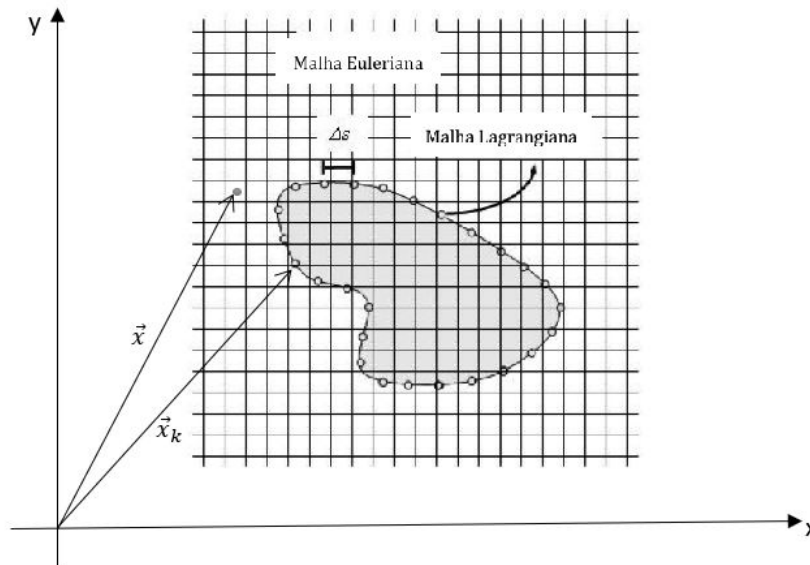
No presente trabalho o domínio de cálculo é modelado por uma malha cartesiana fixa que representa o fluido, como mostra a Fig. 2.2. As equações de conservação de massa, movimento e energia para escoamentos incompressíveis de fluidos newtonianos podem ser escritas em uma forma adimensional, como sendo

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0, \quad (2.1)$$

$$\left[\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V} \right] = -\vec{\nabla} p + \frac{1}{Re} \nabla^2 \vec{V} + \vec{F}, \quad (2.2)$$

onde p é a pressão e \vec{V} é o vetor velocidade. O termo \vec{F} é o campo de forças Euleriano. Esse termo fonte de força \vec{F} modela a existência da interface imersa no escoamento. Assim como o termo fonte \vec{F} “visualiza” o corpo no escoamento, o termo Euleriano de energia Q é responsável por fazer o escoamento “sentir” a presença da interface sólida aquecida, sendo não-nulo nas malhas Eulerianas próximas da malha Lagrangiana.

Figura 3.1- Representação ilustrativa das malhas Eulerianas (para o domínio) e Lagrangiana (para a interface) para um corpo imerso com geometria arbitrária. Δs é a distância entre os pontos Lagrangianos (Lima E Silva, 2002).



A equação da energia é dada por

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla \theta = \frac{1}{Re Pr} \nabla^2 \theta + Q \quad (2.3)$$

onde o produto entre Re (Reynolds) e Pr (Prandtl) é conhecido como o número de Péclet e θ a temperatura adimensional da interface imersa. De forma análoga, Q é o termo fonte de energia de interação entre o fluido e a fronteira imersa. Tanto o termo de força \vec{F} quanto o de energia Q são obtidos com o auxílio da função Delta de Dirac, sendo dadas por

$$\vec{F}(\vec{x}, t) = \int_{\Gamma} \vec{f}(\vec{x}_k, t) \delta(\vec{x} - \vec{x}_k) d\vec{x}_k \quad (2.4)$$

$$Q(\vec{x}, t) = \int_{\Gamma} q(\vec{x}_k, t) \delta(\vec{x} - \vec{x}_k) d\vec{x}_k \quad (2.5)$$

onde $\vec{f}(\vec{x}_k, t)$ é a densidade de força Lagrangiana, calculada sobre os pontos da interface, \vec{x} é a posição de uma partícula de fluido Euleriano e \vec{x}_k é a posição de um ponto Lagrangiano sobre a interface e q é a fonte de aquecimento no ponto Lagrangiano \vec{x}_k na fronteira imersa. As Equações (2.4) e (2.5) modelam a interação entre a fronteira imersa e o fluido, através do cálculo do campo de força e energia na região onde se encontra o objeto imerso. Maiores detalhes com relação ao Modelo Físico Virtual, pode ser visto em Lima e Silva *et al.* (2003). No geral, não existem constantes a serem ajustadas, como nos modelos propostos por Peskin e Goldstein, além disto, não é necessário utilizar algoritmos altamente sofisticados para interpolar variáveis entre duas malhas ou localizar malhas vizinhas a esta interface. Este modelo permite representar a presença da interface resolvendo as equações do movimento e energia em cada ponto da malha Lagrangiana.

MÉTODO NUMÉRICO

Ao realizar uma modelagem matemática relacionada a problemas físicos da engenharia, as equações diferenciais surgem como um “decodificador”, tornando possível a interpretação e compreensão destes fenômenos físicos. Em geral, a solução exata de escoamentos é restrita a

situações simplificadas, pois os modelos matemáticos geralmente envolvem equações do tipo não-lineares. Por esta razão os métodos numéricos são grandes aliados dos experimentos e podem aproximar os resultados numéricos dos experimentais.

A análise numérica de um escoamento é possível desde que se determinem os campos das variáveis de interesse, em pontos discretos. O objetivo de um método de discretização é substituir as equações diferenciais por um conjunto de equações algébricas, o qual fornecerá o valor das quantidades de interesse em pontos discretos dentro do domínio do escoamento. O resultado é um conjunto de equações, que devem ser resolvidas a cada ponto do domínio em que se deseja encontrar a solução do problema. Após a resolução deste sistema de equações, encontra-se a solução aproximada do problema em questão. À medida que o número de pontos da malha se torna grande, a solução das equações discretizadas se aproxima da solução exata da equação diferencial. Neste trabalho, para o processo de discretização, utilizou-se o Método de Diferenças Finitas Centradas em uma malha não-uniforme.

Para a discretização temporal, foi utilizado o Método de Euler de primeira ordem. As equações de Navier-Stokes e da energia foram resolvidas de forma explícita. A expressão discretizada para a correção de pressão resulta em um sistema linear que foi resolvido pelo Método MSIP (*Modified Strongly Implicit Procedure*), desenvolvido por Schneider e Zedan (1981).

A seguir é apresentada uma breve descrição do método do passo fracionado, maiores detalhes ver Santos *et al.* (2018).

Método do passo fracionado

O Método do Passo Fracionado constitui um procedimento numérico para o acoplamento entre pressão e a velocidade. A sua função é resolver numericamente as equações de Navier-Stokes e da Continuidade, realizando seu acoplamento de modo a fornecer campos finais de velocidade e pressão. Como grande parte dos métodos de solução numérica das equações de Navier-Stokes, o princípio básico é o da resolução em dois passos, um preditor e outro corretor.

A etapa preditora é direta, ela utiliza as derivadas discretizadas. Um campo de velocidades não corrigido é obtido a partir de campos tomados em instantes anteriores. A etapa corretora, por sua vez, garante a conservação de massa através da resolução de uma equação de Poisson para os termos de correção de pressão.

Pode-se resumir o processo de cálculo da seguinte forma:

- Calcula-se o campo de força com as informações do tempo precedente;
- De forma explícita, resolve-se a Eq. (2.2), isto é,

$$\left[\frac{\bar{u}_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} + \frac{\partial(u_i u_j)^n}{\partial x_j} \right] = -\frac{\partial p^n}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial u_i^n}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j^n}{\partial x_i} \right) + F_i^n, \text{ para obter o valor aproximado}$$

dos campos de velocidades;

- Obtendo-se os campos de velocidades estimados, calcula-se a correção da pressão resolvendo de forma implícita a Equação de Poisson, isto é, $\frac{\partial^2 p'^{n+1}}{\partial x_j \partial x_j} = \frac{\rho}{\Delta t} \frac{\partial \bar{u}_i^{n+1}}{\partial x_i}$, utilizando o método MSIP;
- Com a correção do campo de pressão, calcula-se de forma explícita, o campo de ve-

locidades que satisfaz a equação da continuidade, ou seja, $u_i^{n+1} = \bar{u}_i^{n+1} - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial p'^{n+1}}{\partial x_i}$

É importante comentar que uma vantagem predominante de se utilizar o Método de Passos Fracionado decorre da própria dedução do método, ou seja, é a garantia de baixos resíduos da Continuidade $\left(\frac{\partial u_i^{n+1}}{\partial x_i} \cong 0\right)$ logo após a solução do sistema. Isto permite um avanço temporal mais rápido, ou seja, uma passagem rápida e direta para o próximo instante de tempo. No quesito dos avanços temporais explícitos, houve o cuidado na atribuição de valores dos incrementos de tempo.

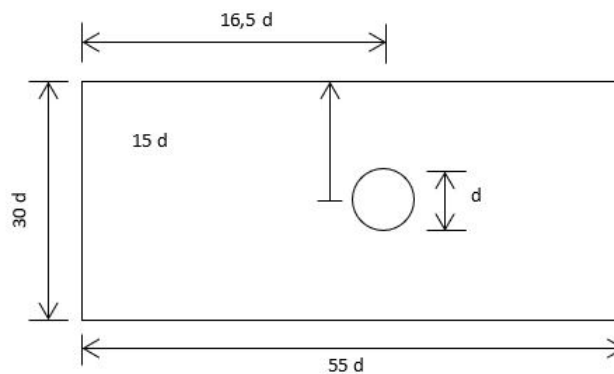
Grandes incrementos são fortes condicionamentos de instabilidade no código. Nesse contexto, os cálculos foram inicializados com passos de 10^{-6} s, os quais foram suavemente elevados até valores de 10^{-4} s. Com relação às equações apresentadas no item anterior, elas foram discretizadas pelo método de Diferenças Centradas no espaço, mais detalhes podem ser vistos em Santos *et al.* (2018).

RESULTADOS

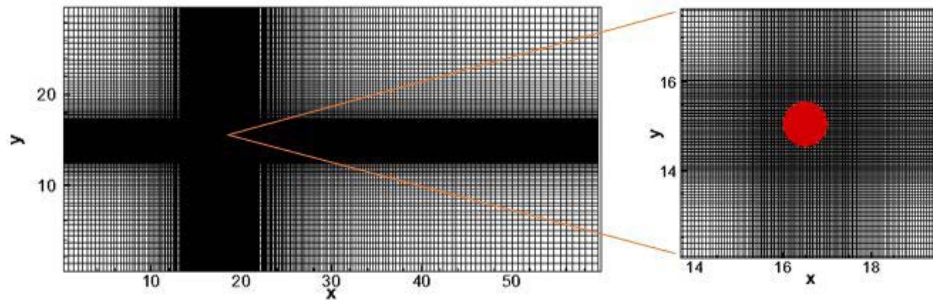
Com a utilização do Método da Fronteira Imersa e do Modelo Físico Virtual, foi possível realizar simulações de escoamentos bidimensionais em torno de um corpo imerso no escoamento. As simulações de escoamentos em torno de um cilindro estacionário e com rotação foram realizadas para números de Reynolds variando de 47 a 250. O valor da rotação específica (α) foi variado de 0 a 4,0 afim de se analisar a sua influência no coeficiente de arrasto (C_d). São apresentados os campos de vorticidade para os diferentes números de Reynolds e rotações específicas.

Para todas as simulações, foi utilizado um domínio retangular de dimensões 55 d x 30 d, Fig. 4.1, visto que uma análise prévia das suas dimensões e também do refinamento da malha já foram realizadas no trabalho de Lima e Silva (2002). Essas dimensões foram determinadas numericamente para minimizar as influências do domínio no escoamento em torno do cilindro e ao mesmo tempo, minimizar o número desnecessário de nós. As coordenadas centrais do cilindro são 16,5 d x 15 d em x e y.

Figura 4.1 – Esquema ilustrativo das dimensões do domínio de cálculo.



Uma malha não-uniforme de 318 x 164 pontos foi utilizada com objetivo de capturar melhor os efeitos da rotação juntamente com um total de 201 pontos para a malha Lagrangiana. A malha é uniforme na região do cilindro, mantendo um mínimo de 30 malhas no seu interior, como ilustra a Fig. 4.2.

Figura 4.2 - Esquema ilustrativo da malha não uniforme utilizada com as dimensões do domínio.

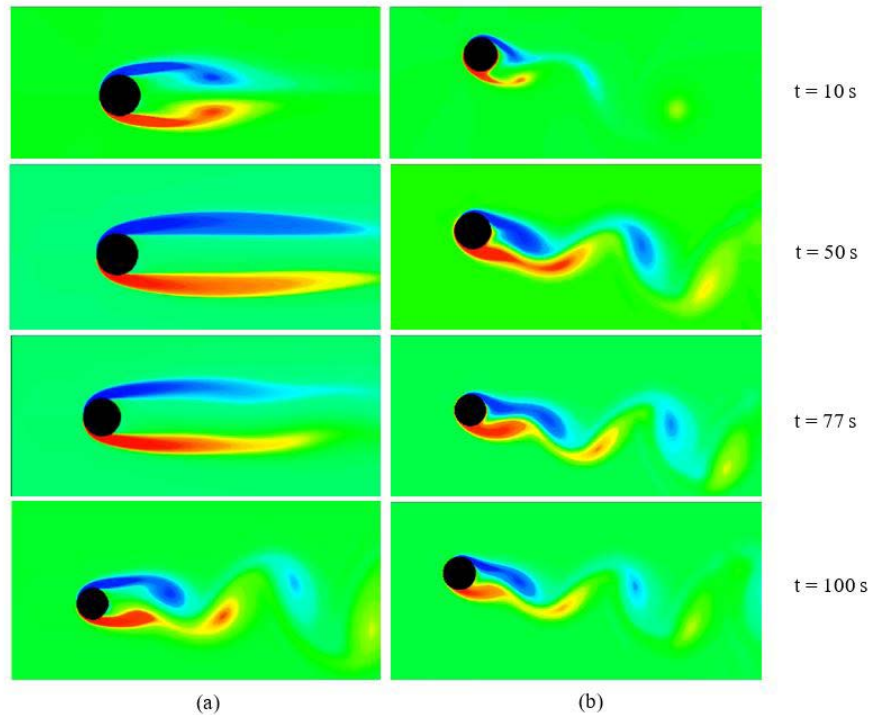
O passo de tempo utilizado no processo de cálculo está no intervalo que vai de $1,0 \times 10^{-6}$ s (mínimo) a $1,0 \times 10^{-4}$ s (máximo) e é calculado dinamicamente com o critério de estabilidade de Friedrichs – Lewy, mais conhecido como critério CFL, necessário para as soluções explícitas no tempo. Inicialmente, para os números de Reynolds igual a 100 foi realizada uma análise para o escoamento com o cilindro fixo sem rotação com aquecimento.

Em seguida, foram realizadas simulações numéricas para os respectivos números de Reynolds variando a $47 \leq Re \leq 250$, para diferentes valores de α . Foram realizadas análises do escoamento para diferentes velocidades angulares, impostas no sentido anti-horário, para os respectivos números de Reynolds já citados anteriormente. A diferença de temperatura entre o cilindro e o fluido foi mantida constante. O escoamento se desenvolve da esquerda para a direita, com perfil de velocidade uniforme imposto na entrada do domínio e uma função de amortecimento na saída do domínio para prevenir o retorno de vórtices na saída. O número de Prandtl foi mantido constante igual a 0,7 (ar) para todas as simulações. Para as fronteiras laterais do domínio, foram utilizadas condições de contorno de fronteira livre, isto é, derivada nula das velocidades. Na entrada do domínio foi imposto um perfil uniforme de velocidade, U_{∞} , e na saída, derivada nula para as velocidades. Para a pressão, as condições de contorno utilizadas foram do tipo Neumann na entrada e Dirichlet na saída e nas laterais do domínio e, para a temperatura as condições são análogas à velocidade.

Todas as simulações foram realizadas até que o regime estivesse estabelecido, isto é, em todas as simulações foram gastos um tempo de aproximadamente 48 h, para que o regime de escoamento estabelecido fosse atingido, o que foi verificado através dos gráficos dos coeficientes das forças em função do tempo. O computador utilizado possui processador Intel(R) Core (TM) i5-2400 CPU 3.10 GHz com 4,00 GB com sistema operacional de 64 Bits. As simulações com as diferentes rotações foram iniciadas com um cilindro estacionário e após aproximadamente $t = 0,05s$ a rotação foi iniciada. Este procedimento foi adotado para assegurar o campo de força calculado já fosse capaz de reproduzir o cilindro imerso antes que a rotação iniciasse.

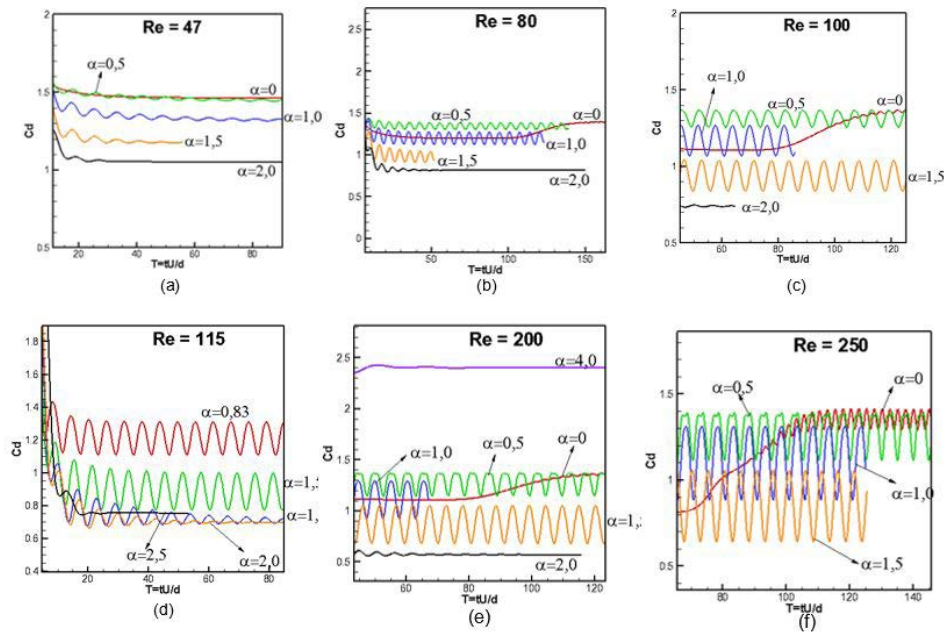
A seguir é apresentada na Figuras 4.3 em diferentes instantes de tempo, os campos de vorticidade (fornecem uma noção considerável acerca do movimento dos fluidos), para os números de Reynolds igual a 100, respectivamente, em torno de um cilindro estacionário. A coluna da esquerda representa os diferentes instantes de tempo para a simulação com rotação específica = -1,5 (sentido horário).

Figura 4.3 – Campos de vorticidade para $Re = 100$. A Coluna da esquerda (a) representa o cilindro estacionário com $\alpha=0$. Coluna da direita (b) representa o cilindro rotativo para $\alpha=-1,5$.



No escoamento com cilindro estacionário, os instantes iniciais são marcados pelo surgimento de uma bolha de recirculação atrás do cilindro. Esta região onde o fluido se encontra aprisionado, aumenta constantemente ($t = 77s$ na figura) até um comprimento máximo. Em seguida, inicia-se o processo de desprendimento dos primeiros vórtices. Sabe-se que o processo de geração e desprendimento de vórtices ocorre devido a instabilidades das camadas cisalhantes que por sua vez dependem da geometria do corpo e do número de Reynolds. Devido à aproximação que ocorre nas camadas cisalhantes opostas, isso faz com que os vórtices sejam gerados e transportados a jusante, fazendo com que o processo se repita periodicamente de forma alternada, no caso do cilindro estacionário. A Fig. 4.4 mostra a evolução do coeficiente de arrasto em função do tempo adimensional T , para os números de Reynolds iguais a $Re = 47, 80, 100, 115, 200$ e 250 , para diferentes valores de α . Para as simulações com o cilindro estacionário ($\alpha = 0$) o tempo gasto para se atingir um regime de escoamento estabelecido foi maior. O aumento da rotação fez com que o desprendimento de vórtices seja antecipado e conseqüentemente o regime periódico é atingido mais cedo. Além disso, com a rotação as oscilações do C_d (Coeficiente de arrasto) são maiores até o ponto onde os vórtices são inibidos, onde eles desaparecem. Quanto maior o número de Reynolds, maior as oscilações do C_d , e portanto, maior será o valor de α crítico necessário para inibir por completo o processo de geração e desprendimento dos vórtices.

Figura 4.4 – Evolução temporal do coeficiente de arrasto para (a) $Re = 47$, (b) $Re = 80$, (c) $Re = 100$, (d) $Re = 115$, (e) $Re = 200$ e (f) $Re = 250$ para diferentes valores de α .



A Tabela 1 a seguir apresenta alguns dos resultados obtidos no presente trabalho para os valores médios (médias temporais) dos coeficientes de arrasto, para os números de Reynolds iguais a 80, 100 e 200 simulados numericamente, comparados com os dados numéricos de Ren *et al.* (2013), Lima e Silva (2002), e Liu *et al.* (1998), para o caso estacionário, $\alpha = 0$.

Tabela 1 – Comparação entre os valores médios dos coeficientes de arrasto para $Re = 80$, $Re = 100$ e $Re = 200$.

Autores	Presente Trabalho	Ren et al. (2013)	Lima e Silva (2002)	Lai et al. (2000)
Re				
80	1,395	-	1,40	-
100	1,368	1,346	1,390	1,350
200	1,348	-	1,390	1,310

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, após observação dos valores médios dos coeficientes de arrasto, os mesmos sofrem redução devido ao aumento da rotação. Os resultados quantitativos apresentaram boa concordância numérica em relação aos resultados apresentados pela literatura, validando assim a metodologia para o coeficiente aerodinâmico em questão e seu campo de vorticidade.

REFERÊNCIAS

SANTOS, R. D., GAMA, S.M., & CAMACHO, R. G. (2018). Two-Dimensional Simulation of the Navier-Stokes Equations for Laminar and Turbulent Flow around a Heated Square Cylinder with Forced Convection. *Applied Mathematics*, 9(03), 291–312.

FOGELSON, A. L. E PESKIN, C. S., A Fast Numerical Method for Solving the Three-Dimensional Stokes Equations in the Presence of Suspended Particles, *Journal of Computational Physics*, v. 79, pp. 50-69, 1988.

GOLDSTEIN, D., ADACHI, T. E SAKATA, H., Modeling a No-Slip Flow with na External Force Field. *Journal Computational Physics*, 105, 354, 1993.

OLIVEIRA, J. E. S., LIMA E SILVA, A. F. L., E SILVEIRA-NETO, A., 2006. Influência de Modelos de Turbulência na Simulação de Escoamentos sobre Aerofólios Móveis usando o Método de Fronteira Imersa, IV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica.

VILAÇA, A., OLIVEIRA, O., LIMA E SILVA, A. E SILVEIRA-NETO, A., Modelagem matemática e simulação numérica do escoamento sobre uma partícula em queda livre, Submetido ao XXXI ENEMP – Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 2004.

SCHNEIDER, G. E.; ZEDAN, M. A Modified Strongly Implicit Procedure for the Numerical Solution of Field Problems. *Numerical Heat Transfer*, v. 4, n.01, pp. 1-19, 1981.

REN, W., SHU, C., YANG, W., An eficiente immersed boundary Method for Thermal flow problems with Heat flux boundary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer* v.64, pp.694-705, 2013.

LAI, M-C.; PESKIN, C. S. An Immersed Boundary Method with Formal Second-Order Accuracy and Reduced Numerical Viscosity. *Journal of Computational Physics*. pp. 705-719, 2000.

SILVA, A. L. E., SILVEIRA-NETO, A. AND DAMASCENO, J. J. R. (2003). Numerical Simulation of Two-Dimensional Flows over a Circular Cylinder using the Immersed Boundary Method. *J. Comput. Phys.*, 189, 351–370.

PESKIN, C. S. Numerical Analysis Of Blood Flow In The Heart. *Journal of Computational Physics*. v.25, pp. 220-252, 1977.

SCHNEIDER, G. E.; ZEDAN, M. A Modified Strongly Implicit Procedure For the Numerical Solution of Field Problems. *Numerical Heat Transfer*, v. 4, n.01, pp. 1-19, 1981.



**Prevenção da corrosão dos
vergalhões de aço**
Corrosion prevention of steel rebar

Kézia Brasilino de Souza
Luís Felipe Cruz e Souza

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.17

RESUMO

O avanço na construção civil proporciona novas e melhores metodologias para execução das obras. Isso torna-se necessário a fim de que se prolongue o tempo de vida útil das construções. Deste modo, combater a corrosão nos vergalhões de aço tem sido fundamental para que as edificações possam ter maior durabilidade e segurança. A corrosão de armadura é uma das principais ocorrências que comprometem a degradação das estruturas. Diante disso, diferentes propostas inovadoras vêm sendo difundidas com o objetivo de evitar a corrosão dos vergalhões, como a galvanização por imersão a quente de estruturas metálicas, armadura a partir de tratamentos superficiais, inibidores de corrosão, pintura epóxi, tipo de aço. Com isso, foi realizado uma pesquisa qualitativa a respeito da temática, prevenção da corrosão dos vergalhões de aço, por meio trabalhos acadêmicos, artigos, resumos, com intuito de despertar e incentivar os profissionais da área da construção civil, a respeito da importância do uso de técnicas/maneiras de combater a corrosão das barras de aço.

Palavras-chave: vergalhões de aço. corrosão. construção civil.

ABSTRACT

The advance in civil construction provides new and better methodologies for the execution of the works. This becomes necessary in order to extend the useful life of the constructions. Thus, combating steel reinforcement corrosion has been fundamental for buildings to have greater durability and safety. The reinforcement corrosion is one of the main occurrences that compromise the degradation of structures. In view of this, different innovative proposals have been disseminated with the objective of avoiding the corrosion of rebars, such as hot-dip galvanization of metallic structures, reinforcement from surface treatments, corrosion inhibitors, epoxy paint, and steel type. Thus, a qualitative research was conducted on the topic, corrosion prevention of rebars, through academic papers, articles, abstracts, in order to awaken and encourage professionals in the construction industry about the importance of using techniques/ways to combat the corrosion of steel bars.

Keywords: steel rebar. corrosion. civil construction.

INTRODUÇÃO

É sabido que o concreto armado surgiu no Século XX e atualmente é o principal método construtivo, principalmente no Brasil e conta com a composição de materiais que combina a resistência a tração do vergalhão de aço e a resistência a compressão do concreto. Os vergalhões feitos de aço possuem resistência mecânica, fácil trabalhabilidade com corte e dobra, dispensa mão de obra especializada, alta disponibilidade e baixo custo de mercado, podendo ser encontrado de diversos diâmetros (bitolas), a depender da necessidade.

Diante deste exposto, é cabível reconhecer sua importância e a variabilidade de aplicação nos diversos leques da engenharia, seja para obras de grande ou pequeno porte, residenciais ou de infraestrutura. Os vergalhões para estruturas devem garantir a alguns requisitos mínimos e fundamentais como a ductilidade, soldabilidade, elevado valor da relação limite de

resistência à tração-limite de escoamento e razoável resistência a corrosão.

Levando em consideração a segurança esperada pelo aço, há um fator importante que levará ao gasto financeiro e/ou segurança estrutural: a resistência a corrosão. A corrosão de armaduras nada mais é de que a deterioração do aço através de um processo físico-químico que destrói a película passivadora da superfície do vergalhão, gerando mudança física no material, onde há um volume maior que o metal original. E esse produto da corrosão do aço, origina muitas fissuras e deslocamento de concreto na peça de concreto armado.

Um início muito comumente visto do processo de corrosão, é na base dos pilares, por ser a área mais exposta umidade, lençóis freáticos e demais agentes químicos, e como é um elemento de suporte estrutural, pode levar a ruína da peça inteira de concreto armado. Outro processo comum, é a falta de zelo com o material no canteiro de obras, tendo como depósito um local com elevada umidade presente e proximidade com demais materiais químicos.

Esse fator é guia do presente estudo, com isso foi utilizada a abordagem da pesquisa qualitativa, através de estudos acadêmicos, artigos e revisões bibliográficas, acerca do tema, prevenção da corrosão dos vergalhões de aço, a fim obter formas de se combater ou reparar esse mal frequente nas construções, sabendo que existem situações mais ou menos agressivas a depender da região do Brasil que se encontra a obra e assim encontrar uma solução mais generalizada que possa servir a diversas situações.

ESTADO DA ARTE

Consta estudos desenvolvidos com objetivo de apresentar diferente tipos de técnicas e formas para combater a corrosão das armaduras de concreto. Deste jeito, o trabalho experimental Abdala e Albaglli (2011), Oliveira (2019) realiza revisão bibliográfica com os principais métodos de proteção dos vergalhões de aço à corrosão e Silva *et al.* (2020) analisou a resistência à corrosão das barras de aço carbono, do tipo CA-25 e CA-50.

Abdala e Albaglli (2011)

Apresentam um estudo sobre vergalhão galvanizado e sua vantagem para aplicação em estruturas de concreto armado com finalidade de combater a corrosão. Desta maneira, é realizado ensaio de tração e dobramento do vergalhão e aderência, espessura e uniformidade do revestimento quando usado vergalhão de aço comum e quando utilizado aço galvanizado, de diâmetros 10 e 25 mm, a fim de comparar os resultados.

Os ensaios foram realizados no laboratório Falcão Bauer, seguindo as recomendações das normas ABNT, segundo Tabela 1, com objetivo de testificar que as propriedades mecânicas do aço galvanizados não alteram, em relação aos vergalhões de aço comum. Os ensaios comportam de mesma quantidade de amostras, e os processos foram executados de formas análogas. As armaduras foram ensaiadas com e sem revestimento de zinco.

Tabela 1 – Ensaios realizados com vergalhões de aço comum e aço galvanizado.

Número norma ABNT	Ensaio
ABNT NBR 6153	Ensaio de dobramento semi-guiado
ABNT NBR 7477	Determinação do coeficiente de conformação superficial de barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado
ABNT NBR 7398	Produto de aço ou ferro fundido galvanizado por imersão a quente – verificação da aderência do revestimento – método de ensaio
ABNT NBR 7399	Produto de aço ou ferro fundido galvanizado por imersão a quente – verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo – método de ensaio
ABNT NBR 7400	Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido por imersão a quente – verificação da uniformidade do revestimento
ABNT ISO 6892:2013	Materiais metálicos - ensaio de tração – parte 1: método de ensaio à temperatura ambiente
ABNT ISO 6892:2013	Corrosão por exposição à névoa salina – Câmara de salt spray
ABNT NBR 8095	Corrosão por atmosfera úmida saturada
ABNT NBR 8096	Corrosão por exposição ao dióxido de enxofre

Fonte: Abdala e Albagli (2011).

Tabela 2 – Ensaios realizados com vergalhões de aço comum e aço galvanizado

Parâmetro Determinado	Especificado* (mínimo)	Bitola 10 mm Aço Comum	Bitola 10 mm Galvanizado	Bitola 25 mm Aço Comum	Bitola 25 mm Aço Galvanizado
Limite de Escoamento (Mpa)	500	664	627	563	566
Limite de Resistência (Mpa)	540	846	763	713	683
Relação LE/LR	1,08	1,27	1,21	1,26	1,21
Alongamento após ruptura	8	14,1	13,6	16,7	16,4

Fonte: Abdala e Albagli (2011).

Os resultados dos ensaios de tração, dobramento e escoamento constam na Tabela 2. Com isso, é possível observar que todas as amostras obedecem as especificações da NBR 7480:2007, referente ao limite de escoamento, limite de resistência, relação LE/LR, alongamento seguido da ruptura. Por meio dos ensaios, nota-se que as barras galvanizadas, quando ensaiadas ao dobramento, não evidenciaram fissuras na zona tracionada, destacando a forte aderência entre a camada de zinco e o substrato aço. A caracterização do revestimento do zinco para determinar a espessura e uniformidade da camada de zinco são fornecidas na Tabela 3. Desta maneira, é possível constar que as espessuras obedecem a norma internacional ASTM A767: Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Bars for Concrete Reinforcement.

Tabela 3 – Resultados encontrados nos testes de espessura da camada zinco para vergalhões de aço galvanizado.

Parâmetro Determinado	Bitola 10 mm Aço Comum	Bitola 10 mm Galvanizado	Bitola 25 mm Aço Comum	Bitola 25 mm Aço Galvanizado
Espessura do revestimento de zinco (μm)	319	45,64	254,8	36,57

Fonte: Abdala e Albagli (2011).

Nas Figuras 1 e 2 é possível notar a uniformidade antes e sucessivamente o ensaio de 06 imersões de 01 minuto cada, em solução de cobre. Sendo assim, as amostras não evidenciaram depósito de cobre aderente e brilhante, afirmando a uniformidade do revestimento de zinco.

Figura 1 – Vergalhões galvanizados (bitola 10 mm) antes do ensaio.



Fonte: Abdala e Albagli (2011).

Figura 2 – Vergalhões galvanizados (bitola 10 mm) após ensaio.



Fonte: Abdala e Albagli (2011).

Ademais, os ensaios de exposição de névoa salina, em câmara de salt spray, com duração de 28 dias e avaliação de perda de massa, foram realizados com objetivo de simular um cenário de agressividade média em ambiente com altos teores de cloretos. Os resultados dos ensaios destacam que com 24h de exposição as barras comuns apresentam corrosão vermelha, as barras galvanizadas, de ambas espessuras, não apresentam a corrosão vermelha até o término de 28 dias (672 horas), enquanto os dos vergalhões logo já estão comprometidas (Figuras 3 e 4). A corrosão branca ocorre quando oxidação no revestimento de zinco e após totalmente corroído a corrosão vermelha se inicia. Desta forma, é plausível afirmar que a corrosão do aço galvanizado é mais lenta quando comparada com a corrosão do aço comum.

Figura 3 – Barras de aço comum após exposição de 672 horas à névoa salina, com intensa corrosão vermelha.



Fonte: Abdala e Albagli (2011).

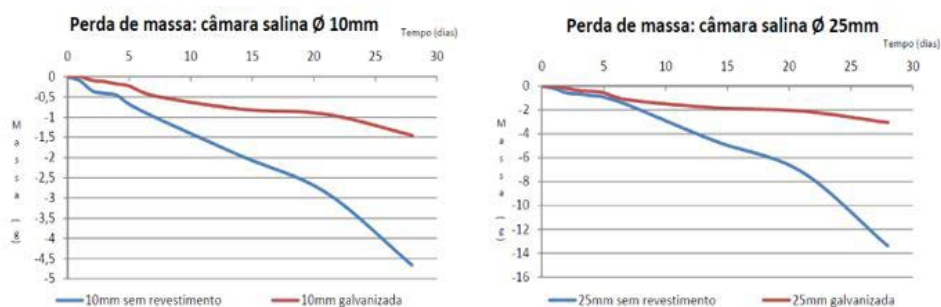
Figura 4 – Barras de aço galvanizado após exposição de 672 horas à névoa salina, ausência de corrosão vermelha.



Fonte: Abdala e Albagli (2011).

A Figura 5 apresenta o gráfico da perda de massa dos vergalhões comuns e das barras galvanizadas, nas bitolas de 10 mm e 25 mm, ao longo do tempo (28 dias). Diante do contexto, a perda de massa é constatada superior para as barras comuns.

Figura 5 – Perdas de massa durante o ensaio de 672 horas de exposição em câmara salina de vergalhões de aço comum e de aço galvanizado para diâmetros de 10 mm e de 25 mm.



Fonte: Abdala e Albagli (2011).

A Figura 5 apresenta o gráfico da perda de massa dos vergalhões comuns e das barras galvanizadas, nas bitolas de 10 mm e 25 mm, ao longo do tempo (28 dias). Diante disso, a perda de massa é constatada superior para as barras comuns.

Portanto, por meio dos ensaios comparativos entre os vergalhões comuns e as barras galvanizadas, fica evidente que as propriedades mecânicas de ambos são semelhantes e atendidas pelas normas, no entanto, os vagalhões galvanizados apresentam melhor desempenho com a corrosão das armaduras.

Oliveira (2019)

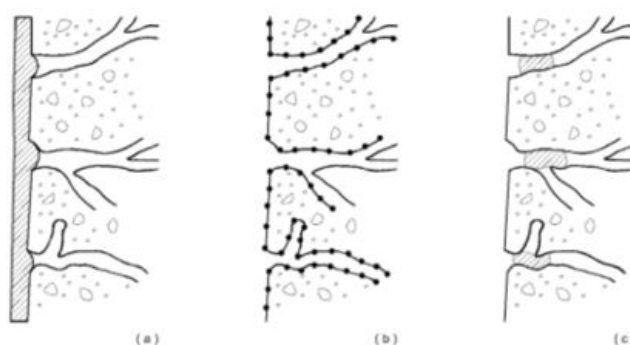
O trabalho de Oliveira (2019) retrata uma revisão de bibliografia acerca da corrosão das armaduras nas estruturas de concreto enfatizando os meios para prevenção e recuperação das estruturas. O estudo do desencadeamento do processo de corrosão foi destacado por meio da presença de íons cloreto e a carbonatação.

A corrosão por carbonatação é o processo físico-químico onde a deterioração da armadura ocorre de forma gradual no interior do concreto com a presença de dióxido de carbono (CO₂) que reage com CH e outros sólidos carbonatáveis, como hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH). A carbonatação é um processo natural que juntamente aos ataques de cloretos proporciona a redução da durabilidade da estrutura (MAZZA, 2015).

A corrosão por íons cloreto ocorre devido os Cl⁻ serem capazes de dissolver a camada protetora de óxido de ferro que protege as armaduras de aço, iniciando a reação anódica de solubilização do Fe⁺⁺ (FUSCO, 2008).

Diante deste contexto, existem métodos para proteção a fim de prevenir a corrosão dos vergalhões. Métodos de aplicação sobre o concreto, Meira (2017) destaca os tratamentos superficiais (Figura 6), que visa dificultar a entrada de agentes agressivos para o interior do concreto, e os inibidores de corrosão, que são substâncias com propriedade de reduzir o processo de corrosão sem modificar a concentração do agente agressivo. O Tabela 4 apresenta materiais empregados para tratamento superficial do concreto a fim de combater a corrosão.

Figura 6 – Tipos de tratamentos superficiais: (a) pinturas e selantes, (b) hidrofugantes, (c) bloqueadores de poros.



Fonte: KEER (1992).

Tabela 4 – Tipos de tratamento superficial e seus materiais

Tipo de tratamento	Material
Pinturas e selantes	Acrílico Epóxi Poliéster Poliuretano Vinil
Hidrofugantes	Silicone Siloxano Silano
Bloqueadores de poros	Silicato Fluoreto de silício Dispersão com cimento

Fonte: Adaptado de Meira (2017).

Ademais, destaca-se o uso de armaduras galvanizadas para combater a corrosão. Meira (2017) diz que a armadura galvanizada tem vantagens significativas quando comparadas com o aço convencional. Pois o aço galvanizado é produzido com uma camada externa de Fe-Zn e uma capa de zinco puro formando um filme passivo, resultando a redução da dissolução da camada de zinco.

Por fim, também são evidenciados os métodos de recuperação em sequência da ação da corrosão das barras de aço. Segundo Helene (1986) a recuperação dos vergalhões é dividida em três etapas: limpeza, recuperação de armadura e revestimento. Deste modo, a limpeza pode ser executada com jato de areia e apicotamento de todo concreto. Deve-se analisar a viabilidade da redução de seção transversal das armaduras e estudo de armaduras de complementação e a reconstrução do cobrimento realizada para ser possível a manutenção do meio alcalino do

concreto, logo a manutenção do revestimento de passivação dos vergalhões.

Silva *et al.* (2020)

O trabalho apresentado por Silva *et al.* (2020), analisou, comparou e registrou a resistência à corrosão de vergalhões de aço carbono, do tipo CA-25 e CA-50 utilizados nas armaduras do concreto armado nas construções, na cidade de Belém do Pará, analisando o ataque feito por agentes agressivos como cloretos, nitritos e sulfetos da água de chuva ácida.

Assim, foi feito um levantamento bibliográfico das principais metodologias a serem usadas nesse estudo, com o objetivo de entender as técnicas e conhecimentos. Em seguida, uma amostra de 100 ml de água da chuva foi colhida para se ver a concentração de cloreto, sulfeto e nitratos contidos na amostra, e a coleta foi feita na cidade de Belém do Pará. Para análise laboratorial da amostra de chuva, as metodologias usadas foram uma Titulometria e duas Espectrofotometria.

A análise laboratorial apontou que de fato, haviam cloretos, nitritos e sulfetos presentes na amostra de água da chuva, que por sequência, foi usada como base para saber qual a concentração de pH para cidade de Belém seria usada no experimento. Com base em estudos, foi optado por usar uma solução ácida de concentração de pH de 3 a 5 para emular o pH da chuva na cidade.

O experimento teve início de fato quando 12 corpos de provas, onde 6 eram de vergalhão do tipo CA-25 e os outros 6 do tipo CA-50, todos em formato cilíndrico que foram dimensionados com tamanho de 10 mm de altura e diâmetros de 8 e 11, nesta sequência. Todos os corpos foram usinados, com o uso de um torno mecânico, para retirar suas saliências laterais, deixando assim sua superfície polida. A Figura 7 caracteriza o modelo do corpo de prova usado no experimento.

Figura 7 – Modelos dos corpos de prova de vergalhões usados para fazer os ensaios.



Fonte: Adaptado de experimento de 2018 de Silva *et al.* (2020).

As soluções ácidas foram geradas em laboratório e a mistura da solução usada consiste em ácido clorídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico e hidróxido de sódio. Seguidamente o pH calibrado, em cada amostra de solução (pH's 3, 4 e 5), os corpos de provas foram decapados em solução de 5% de ácido sulfúrico (H_2SO_4) com intuito de eliminar todos os seus óxidos para que não interferirem no resultado do experimento. Depois de decapados, foram limpos usando água destilada e secados, para que fossem mensuradas e anotadas suas massas iniciais.

Colocou-se então, os corpos de prova em imersão total, cada grupo de 4 corpos de prova

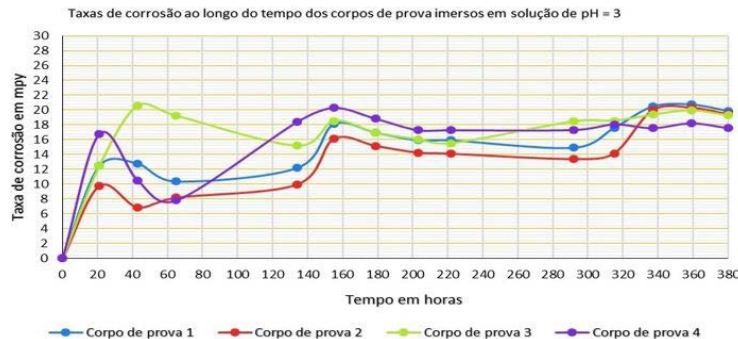
em um Erlenmeyer de 100 ml, sendo dois do tipo CA-50 e dois do tipo CA-25, dos 4 corpos de prova. Eles foram pendurados verticalmente, através de fios de teflon, para que não tocassem no fundo do Erlenmeyer. Os corpos receberam numeração de 1 a 12 e essas marcações foram usadas para ter o controle e saber o sobre a perda de massa na experiência.

Após cerca de 24 horas em imersão, os corpos de prova eram retirados para serem aferidas suas massas. Em seguida, os corpos serem retirados do Erlenmeyer com solução, eram escovados com uma escova de dente simples e lavados com água destilada. Depois com um secador de cabelo e pesados em balança analítica (de ordem de 10^{-4} de precisão). Concluindo as anotações acerca das mensurações de massa de cada corpo de prova, eles eram novamente postos nas soluções ácidas.

Esse procedimento foi feito em um ciclo de 18 dias de ensaios, aproximadamente 380 horas imersos em soluções ácidas. A cada dia de ensaio, as massas eram aferidas e anotadas, e os ácidos eram trocados para que o pH da solução fosse mantido com o valor desejado. Com o fim do ciclo de 18 dias, com todos os dados tabelados, foi seguida a norma ASTM G-31-72 para se mensurar o valor numérico da perda de massa através das suas áreas.

De acordo com os parâmetros postos na norma ASTM G-31-72, as áreas dos corpos de prova, bem como suas perdas de massa foram postos em tabela, de maneira que gráficos fossem gerados a partir destes dados, na unidade de mpy (taxa de corrosão em milésimos de polegada por ano) por tempo (em horas). O Figura 8 mostra o gráfico dos dados obtidos da solução ácida com pH 3.

Figura 8 – Gráfico da taxa de corrosão (mpy) dos corpos imersos em solução ácida de pH = 3



Fonte: Adaptado de experimento de 2018 de Silva et al. (2020).

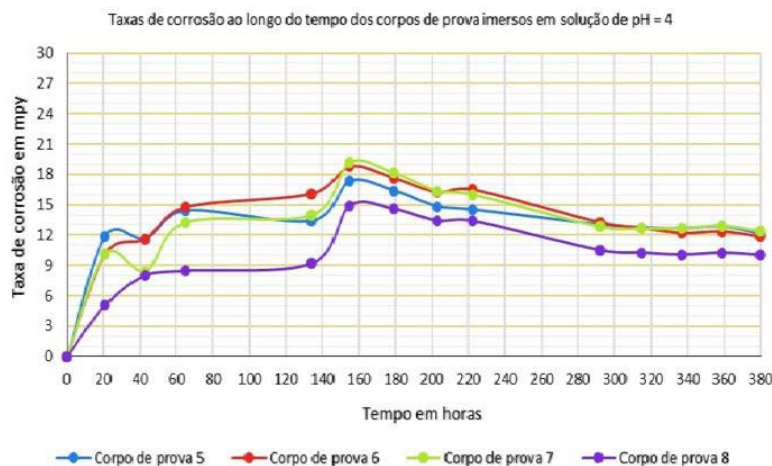
Nota-se que na Figura 8, para a taxa de corrosão em dos corpos 1,2,3 e 4 nas soluções ácidas de pH 3, os corpos 1 e 2 obtiveram as curvas parecidas e os corpos de prova 3 e 4 lideraram com as variações de pico.

É visto que o corpo de prova 4 (tipo CA-50), possuiu grandes perdas de massa no intervalo de tempo aproximado de [20,220]. E após pouco mais de 220 horas, diminuiu a proporção de massa, ficando abaixo dos outros corpos de prova no intervalo aproximado de [340,380]. O corpo de prova 1 (tipo CA-25), teve em relação aos demais corpos prova, uma menor perda no intervalo aproximado de [20,220], após o tempo de 220 horas perdeu mais massa que os demais, e no tempo final de 380 horas, foi o pior em relação a perda de massa.

Os corpos de prova 3 (tipo CA-25) e 4 (tipo CA-50) mostraram que suas curvas invertiram as posições, essa característica é vista ao longo do gráfico.

O Figura 9 mostra o gráfico dos dados obtidos da solução ácida com pH 4.

Figura 9 – Gráfico da taxa de corrosão (mpy) dos corpos imersos em solução ácida de pH = 4.

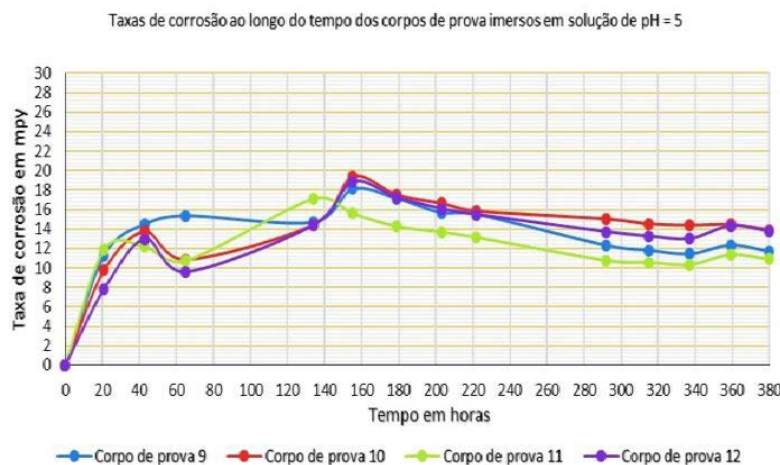


Fonte: Adaptado de experimento de 2018 de Silva et al. (2020).

Os corpos de provas 5,6 e 7 das soluções ácidas de pH 4, tiveram média de 14 mpy, já o corpo de prova 8 teve média de 11 mpy. Isso mostra que a corrosão ocorreu de forma similar na solução ácida de pH 4. Até as próximas 160 horas de ensaios, a corrosão apresentou o seu pico. Seguido esse tempo, a corrosão decresceu, ficando constante entre 9 a 12 mpy. Houve perda quase linear entre os intervalos de 0 a próximo das 140 horas e de 140 a pouco mais das 220 horas, os corpos sofreram aumento em sua perda de massa, e após esse intervalo, perda quase constante ao longo do restante do tempo.

O Figura 10 mostra o gráfico dos dados obtidos da solução ácida com pH 5.

Figura 10 – Gráfico da taxa de corrosão (mpy) dos corpos imersos em solução ácida de pH = 5.



Fonte: Adaptado de experimento de 2018 de Silva et al. (2020).

Os corpos de provas 10 e 12 tiveram perda de massa semelhante em alguns pontos. Suas médias das taxas de corrosão foram, respectivamente, 14 mpy e 13 mpy. O corpo de prova 9, ficou com a média muito próxima do corpo de prova 10, com 14 mpy. O corpo de prova 11 muito próximo do corpo de prova 12, com média de 13 mpy. As curvas apresentaram comumente grandes oscilações entre o intervalo de 0 a aproximadamente 180 horas e após as 180 horas, apresentaram comportamento mais constante e mais próxima da linearidade.

Para análise final, foi usada a microscopia óptica, para se ver o quanto foi danoso ao corpo de prova, o ciclo de 18 dias com as soluções ácidas. Concluiu-se por fim, que o vergalhão do tipo CA-25 teve maior resistência à corrosão do que o vergalhão CA-50, nas soluções ácidas compostas por cloretos, sulfetos e nitratos nos pH's 3, 4 e 5.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de conhecimento que a construção civil é um dos pilares da economia que hora oscila com grandes obras de infraestrutura e hora se mantém constante com pequenas obras, mas ambas utilizam vergalhões de aço e os demais materiais para confecção do concreto armado e isso influi significativamente no PIB brasileiro.

Em obra, o material deve ser posto com rigor de correto manuseio e estocagem, pois se houver cuidado com sua estocagem, a segurança estrutural estará garantida e não advirão gastos extras com esse material. Em contrapartida, a negligência com a estocagem no canteiro de obras e o desleixo com o uso, trazem além do perigo estrutural, gasto extra e inesperado para se reparar o dano criado. Não esquecendo de se levar em consideração o grau de agressiva da região onde se faz a obra.

Por fim, de acordo com todas as abordagens de pesquisas qualitativas que o presente trabalho se propôs a fazer, tem-se que: os vagalhões galvanizados apresentam melhor desempenho com a corrosão das armaduras, em comparação aos vergalhões de aço comuns, já que as propriedades mecânicas de ambos são semelhantes e respeitam a norma vigente; Que a recuperação da armadura pode ter a limpeza feita com jato de areia e apicotamento de todo concreto, análise da viabilidade da redução de seção transversal das armaduras e estudo de armaduras de complementação e reconstrução do revestimento para a manutenção do meio alcalino do concreto, e manutenção do revestimento de passivação dos vergalhões; E que o vergalhão do tipo CA-25 apresenta maior resistência à corrosão em situações onde a região da obra sofre com chuva ácida.

REFERÊNCIAS

ABDALA, L.; ALBAGLI, D. Vergalhão Galvanizado: Vantagens, Aplicações e Desempenho em Estruturas de Concreto Armado. In: VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro. 2014. p. 1-10.

HELENE, P.R.L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: Pini, 1986.

KEER, J. G. Surface treatments. In: MAYS, G. Durability of concrete structures: Investigation, repair, protection. London: E & FN Spon, 1992. Cap.5. p. 146-169.

MAZZA, R. Carbonatação acelerada de concretos com cinza de arroz sem moagem. 2015. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: < <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/7875>>. Acesso em: 15 out. 2017.

MEIRA, G. R. Corrosão em Armadura em Concreto Armado: Fundamentos, diagnóstico e prevenção. João Pessoa: IFPB, 2017. 130p.

OLIVEIRA, H. G. Uma discussão sobre a corrosão do aço induzida por íons cloreto e carbonatação em estrutura de concreto armado. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Londrina, 2019.

SILVA, E. B. *et al.* Estudo da resistência à corrosão dos vergalhões CA-25 e CA-50 utilizados na construção civil. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 57852-57869, 2020.



Pesquisa de satisfação na área acadêmica de uma instituição de ensino superior do oeste do Paraná

Satisfaction survey in the academic area of a higher education institution in western Paraná

Silvani da Silva

Acadêmica Engenharia de Produção da Faculdade ISEPE/RONDON.

Bruna Pasqualotto

Professor Orientador da Faculdade ISEPE/RONDON

Jéssica Cristina Urbanski

Professor Coorientador da Faculdade ISEPE/RONDON

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.18

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar os fatores que determinam a satisfação dos alunos da Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândido Rondon – ISEPE Rondon, com o intuito de traçar ações estratégicas de melhoria no ensino. Para isso, realizou-se uma pesquisa descritiva qualitativa e quantitativa, utilizando como instrumento um questionário, onde foi realizada a coleta de dados com 116 alunos da instituição de ensino. Para análise dos dados utilizou-se da técnica de análise de conteúdo, onde foi desenvolvido gráficos e figuras. Foi possível constatar que os cursos atendem a expectativa de 92,2% dos participantes. Os principais pontos fortes citados foram o apoio dos professores aos alunos e a boa qualificação dos mesmos, assim como crescimento pessoal e profissional que o curso proporciona. Como sugestões de melhorias foi relatado especialmente aspectos da estrutura física, sendo que os três itens mais mencionados foram: salas de aulas, internet e instalações. A satisfação dos alunos é diretamente influenciada pelo envolvimento dos professores e pelo interesse do estudante. Conhecer as satisfações ou insatisfações dos estudantes auxilia no entendimento do impacto do ensino superior relacionado ao desenvolvimento dos mesmos. A limitação do estudo se deu pela baixa participação dos alunos ao responder os questionários, além de um curso da instituição não obter nenhum aluno como participante da pesquisa. Em futuras investigações, será possível cruzar estes dados com medidas de satisfação percebidas no decorrer do percurso acadêmico de alunos que responderam ao questionário nos primeiros semestres letivos.

Palavras-chave: estudante universitário. desenvolvimento profissional. avaliação discente. satisfação discente.

INTRODUÇÃO

O mundo está em constante transformação, com inovações e novidades a todo momento, o que leva os profissionais do mercado de trabalho buscarem aperfeiçoamento e capacitação, que ocorre muitas vezes por meio da busca por instituições de ensino superior (MAINARDES; DOMINGUES, 2010).

No Brasil houve uma expansão no que diz respeito às universidades no início dos anos 2000 com o objetivo de qualificar o ensino superior dentro do contexto brasileiro. Diante disso o ingresso da população jovem nas universidades aumentou (entre 18 e 24 anos), parcela esta que apresentava participação reduzida dentro do ambiente universitário. Com isso, houve também um aumento no surgimento de instituições privadas de ensino no país (PINTO *et al.*, 2019).

Devido à grande oferta de universidades e cursos observou-se um aumento da população acadêmica em meados dos anos 2000, no entanto, através do censo da educação de 2021 realizado pelo Inep, foi apontado um aumento na taxa de desistência dos estudantes, preocupando as instituições de ensino em geral (RIBEIRO, 2021).

Nesse contexto, a qualidade dos serviços oferecidos e a satisfação dos estudantes são essenciais para as instituições de ensino que buscam sobreviver no mercado institucional, uma vez que os alunos são sua fonte de recursos para manter sua manutenção e perpetuação (VENTURINI *et al.*, 2008).

No entanto, a missão das universidades não deve se limitar apenas ao aumento de co-

nhecimento dos alunos, devendo contribuir no desenvolvimento integral dos estudantes. Portanto alguns estudos apontam a importância de compreender como os alunos vivenciam o ambiente universitário e tomam decisões sobre a vida acadêmica. A literatura brasileira e latino-americana confirma a associação entre as experiências e o desenvolvimento psicossocial e cognitivo dos alunos com seu desempenho acadêmico e integração universitária (BARDAGI, 2007; CUNHA; CARILHO, 2005; MEDRANO *et al.*, 2010; MORGADO, 2009).

Peng e Samah (2006) citam algumas definições de qualidade no âmbito acadêmico, referente ao ponto de vista de diversos autores. Não existe um consenso exato com relação ao termo, porém é possível determinar alguns aspectos da qualidade educacional, como: experiências pessoais (não apenas acadêmicas), infraestrutura oferecida, eficácia do curso, tecnologia, acessibilidade e reputação.

Quanto à satisfação acadêmica, Soares *et al.* (2002) destacam seu importante papel na avaliação da efetividade institucional. No entanto, como alerta Dey e Astin (1993) a satisfação acadêmica não recebe a atenção necessária dos estudiosos do ensino superior, que a entendem como a percepção dos alunos sobre suas experiências educacionais. Dessa forma, está diretamente relacionado ao envolvimento do aluno com a universidade e sua decisão de permanecer nela ou não.

Compreender a satisfação dos alunos com as experiências acadêmicas é uma tarefa complexa e multidimensional que exige a consideração de diferentes aspectos dos alunos. Formação acadêmica, como currículo, relacionamento com professores e colegas, estrutura administrativa, instalações físicas e recursos disponibilizados pela instituição de ensino (SOARES *et al.*, 2002).

No entanto, conforme observado por Peng e Samah (2006), há poucas pesquisas sobre satisfação do cliente em instituições de ensino superior. Sobre essa questão, a pesquisa de Elliott; Shin (2002) destaca que a satisfação do aluno pode ser um diferencial competitivo. Essa satisfação é constantemente moldada e influenciada por experiências repetidas no campus e na sala de aula.

A forma mais tradicional de mensurar a satisfação do aluno é por meio de questões de item único, utilizando respostas binárias (sim ou não) ou questões que avaliam a satisfação em uma escala completamente diferente (ELLIOTT; SHIN, 2002).

Este estudo justifica-se pela necessidade de abordar os pontos positivos e sugestões de melhorias da satisfação do cliente, sendo alcançada a partir de ações para executar e oferecer produtos e serviços de qualidade.

Neste mundo globalizado, os clientes estão bem mais exigentes à procura de produtos/serviços com qualidade e que supram suas necessidades da melhor forma possível, sendo ele o principal elemento formador de uma empresa.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a satisfação dos acadêmicos dos cursos de Administração, Agronomia, Ciências Contábeis, Direito, Engenharia de Produção, Enfermagem, Psicologia, Pedagogia, Técnico de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, oferecidos pela Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândido Rondon – ISEPE Rondon, com o intuito de traçar ações estratégicas de melhoria no ensino e atendimento aos alunos.

Este estudo está estruturado em cinco capítulos, sendo o Capítulo 1 composto pela Introdução, Capítulo 2 pelo desenvolvimento teórico com informações sobre a evolução do ensino superior no Brasil, conceitos de marketing, satisfação do cliente e satisfação dos alunos na área acadêmica. No Capítulo 3, tem-se a Metodologia de pesquisa que explica a abordagem escolhida, seguido pelo Capítulo 4 onde são apresentadas as discussões e resultados da pesquisa, e por fim, o capítulo 5 com a conclusão, limitações da pesquisa e sugestões de estudos futuros.

REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é composto por um breve histórico do ensino superior no Brasil e aborda o conceito de marketing direcionando para satisfação do cliente e mais especificamente satisfação dos alunos na área acadêmica.

Breve histórico da educação superior no Brasil

A primeira universidade brasileira foi criada em 1920, no Rio de Janeiro, sendo resultado do Decreto nº 14.343, onde reunia, administrativamente, Faculdades profissionais pré-existentes. Em Souza et al (2019) está descrito que “segundo alguns estudiosos, a razão principal da criação da universidade teria sido a necessidade diplomática de conceder o título de Doutor Honoris Causa ao rei da Bélgica em visita ao País”. A universidade neste período era voltada mais ao ensino do que à pesquisa, tendo carácter elitista (SOARES; OLIVEN, 2002). A Universidade ganhou notoriedade via Associação Brasileira de Educação (ABE) e Associação Brasileira de Ciências (ABC).

A Universidade de São Paulo foi criada 14 anos mais tarde, em 1934, através do Decreto nº 6.283 e representou um momento decisivo na história do sistema brasileiro de educação superior. Nela foram reunidas faculdades tradicionais e independentes, originando assim a nova Faculdade de Filosofia, ciências e Letras. Assim a USP se tornou o maior centro de pesquisa do Brasil (SOARES; OLIVEN, 2002).

A partir de 1940, novos cursos pertencentes às Faculdades de Filosofia passaram a ser frequentados por moças, uma vez que passou a ocorrer uma maior aceitação da mulher no mercado de trabalho, principalmente no magistério. Em 1961 foi criada a Universidade de Brasília, cujos principais objetivos eram: o desenvolvimento de uma cultura e de uma tecnologia nacionais ligadas ao projeto desenvolvimentista. Esta foi a primeira universidade nacional que não foi criada a partir da conciliação de outras faculdades pré-existentes (SOARES; OLIVEN, 2002).

Após 1968 ocorreu uma expansão do setor privado de educação, devido à grande pressão pelo aumento de vagas. As novas faculdades situavam-se nas regiões onde havia a maior demanda, sendo nas periferias das grandes metrópoles e nas cidades do interior mais bem desenvolvidas. O resultado desse aumento de instituições privadas foi que, em 1980, 86% dos alunos estavam matriculados em faculdades do setor privado (SOARES; OLIVEN, 2002).

No ano de 1981, o Brasil possuía 65 universidades e o número de estabelecimentos privados de ensino superior excedia a 800 unidades, sendo esta última focada mais ao ensino que a pesquisa (SOARES; OLIVEN, 2002).

Em 2004 houve uma reforma na Educação Superior do Brasil, sendo que esta reestru-

turação se fez necessária para que houvesse modernização, aprimoramento e democratização das instituições de ensino. Atualmente, a Educação Superior no Brasil engloba diversos grupos de instituições públicas e privadas, abrangendo diversos tipos de cursos e programas, integrando vários níveis de ensino (SOUZA, 2019).

Com o aumento da oferta de cursos e instituições de ensino superior privadas, passou a ocorrer a competição pelos alunos com o intuito de sobreviver ao mercado, sendo assim o investimento em marketing dessas instituições tornaram-se fundamentais para chamar a atenção do cliente e garantir um número maior de matrículas.

História da Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândido Rondon – ISEPE

A Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândido Rondon – ISEPE – está localizada na cidade de Marechal Cândido Rondon na Rua Sete de Setembro, nº 2341, bairro Jardim Alvorada. Iniciou suas atividades no ano de 2001, criada e credenciada através da Portaria Ministerial nº 1.142, de 11 de junho de 2001, recentemente recredenciada pela Portaria Ministerial nº 48 de 18 de janeiro de 2017 e inaugurada em ato solene no dia 6 de agosto de 2001 (ISEPE, 2023).

O ensino proposto pela ISEPE possui uma forte característica ligada a ações do campo e das agroindústrias, devido a característica econômica regional. A Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândido Rondon, tem como mantenedora a União Rondonense de Ensino e Cultura LTDA, empresa do grupo ISEPE, situado na cidade de Curitiba-Paraná, que está devidamente registrada junto ao Ministério da Educação e Cultura - MEC. Como grande objetivo, esta empresa está buscando consolidar cada vez mais os cursos da instituição (ISEPE, 2023).

Hoje a faculdade conta com variados tipos de cursos como Administração, Agronomia, Ciências Contábeis, Direito, Engenharia de Produção, Enfermagem, Psicologia, Pedagogia, Técnico em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, entre outros.

Conceito de marketing

Não existe um consenso geral sobre o surgimento e conceito de marketing, sendo assim, existem discussões das mais variadas sobre o tema. A AMA – American Marketing Association – é referência no que diz respeito ao marketing. Em 1960 publicou a sua primeira definição de marketing, que era considerado o resultado das atividades das empresas que direcionam o fluxo de bens e serviços dos produtores aos consumidores (TRESSOLDI; JUNIOR, 2019).

Em 1966, Jerome McCarthy lançou uma proposta chamada de Marketing-Mix, muito conhecido como 4P's: produto, preço, praça e promoção. Essas características são muito usadas para obter um bom resultado em suas estratégias e são definidas como (LUCCHESI, 2010):

- Produto: ao compreender a necessidade dos clientes é possível vender o que alguém quer adquirir;
- Preço: compreender o custo para o consumidor e manter estratégias para facilitar o pagamento e satisfazer a sua vontade;
- Praça: a escolha da melhor forma de comercialização do produto para o cliente e pensar na conveniência de compra;

- Promoção: são estratégias que devem ser colocadas no mercado, como meio de divulgação do produto.

Assim, uma série de mudanças e adaptações ocorreram no meio acadêmico e comercial. Em 1983, o escritor Cowell enfatizou que o marketing é uma combinação de três aspectos: mentalidade de atitude que sustenta a orientação global da empresa, a forma de organizar as diversas atividades e funções dentro da empresa e o conjunto de ferramentas, técnicas e funcionalidades disponíveis para os clientes.

Nos anos seguintes, em 1985, 2005 e 2013, a AMA revisou o conceito de marketing. Na última definição proposta, o marketing é visto como “a atividade, conjunto de instituições e processos para criar, comunicar, entregar e trocar ofertas que tenham valor para consumidores, clientes, parceiros e sociedade em geral” (AMERICAN MARKETING ASSOCIATION, 2017).

No Brasil, após os anos 2000, muitos acontecimentos mudaram a forma como as pessoas interagem. A participação dos usuários nas redes possibilitou uma mudança na cultura de consumo e, conseqüentemente, o marketing precisou se adaptar, onde o foco passou a ser o cliente. Essa mudança de pensamento não teve somente uma evolução mercadológica, como também em termos de pensamento. Por sua vez, o governo e as organizações com participação ativa nas instituições de ensino superior, tiveram influência na evolução do marketing (TRES-SOLDI; JUNIOR, 2019).

De modo geral, o marketing é fundamental para atrair novos clientes, porém não somente ele garante que o produto ou ideia sobreviva ao mercado cada vez mais exigente e competitivo, por isso a satisfação deve ser um fator a ser levado em consideração, uma vez que quanto mais satisfeito o cliente estiver, maior a probabilidade de o mesmo recomendar e/ou voltar a consumir o produto.

Satisfação do Cliente

A satisfação pode ser definida como a experiência de atender às expectativas (SOUZA; REINERT, 2010), manifestada quando as necessidades são atendidas ou eliminadas (CODA; BERGAMINI, 1997), sendo conceituada com o diferencial entre expectativas e experiências (PINTO *et al.*, 2017).

As empresas devem se preocupar como está a prestação de seu serviço e se informar no dia a dia como está a satisfação dos seus clientes para que ocorra a fidelização do mesmo, uma vez que o cliente satisfeito é o elemento essencial para o sucesso de uma empresa (SANTOS, 2008).

Segundo o estudo de Bateson e Hoffman (2016) a maioria dos especialistas classifica a satisfação do cliente como uma medida de curto prazo, portanto ela é influenciada pelas características e atributos do produto e pelas percepções particulares de cada cliente.

Pesquisas indicam que um cliente insatisfeito pode comunicar a sua má experiência para até dez pessoas. Por outro lado, se o problema for resolvido rapidamente, esse mesmo cliente irá contar sua boa experiência para até cinco outras pessoas, além de que a chance do mesmo voltar a fazer negócios com a mesma empresa é muito maior (BATESON; HOFFMAN, 2016).

Toda a organização deve estar comprometida em satisfazer o cliente, pois ela é resul-

tante da comprovação do desempenho esperado pelo produto em relação às expectativas da pessoa (SANTOS, 2018).

Quando a expectativa de um cliente com o produto, atendimento e serviços oferecidos é atingida ou superada, este fica satisfeito. No entanto quando essa expectativa não é atingida a satisfação é substituída pelo desapontamento.

Para que um cliente se sinta satisfeito é necessário entregar um produto ou serviço com qualidade. Neste contexto, Garvin (1992) estabeleceu que a qualidade de um produto pode ter significados distintos, a depender do contexto no qual ele está inserido, por isso definiu que ela possui oito dimensões que são essenciais para o seu entendimento, sendo elas: o desempenho, as características, a confiabilidade, a conformidade, a durabilidade, o atendimento, a estética e a qualidade percebida.

Com o aumento de instituições privadas de ensino superior, busca-se a satisfação dos alunos no contexto acadêmico, uma vez que são eles os seus clientes e quem recomendam ou não o local para outras pessoas que seriam potenciais novos estudantes.

Avaliação da satisfação dos alunos na área acadêmica

Embora o termo “satisfação acadêmica” não seja unânime na literatura, Okun e Weir (1990) a definem como uma avaliação cognitiva e afetiva da qualidade da experiência acadêmica dos alunos. Por sua vez, Dey e Astin (1993) conceituam como uma avaliação subjetiva que combina componentes cognitivos e afetivos.

De forma geral, a satisfação do aluno pode ser entendida como o grau em que suas expectativas em relação aos cursos e universidades são atendidas. Considerando que a satisfação dos alunos com o programa educacional depende também de o sucesso da instituição satisfazer suas necessidades, as mesmas devem ser ambientes que ofereçam informações complementares e formem alunos para uma disciplina, mas principalmente atender expectativas e necessidades dos alunos e promover o seu desenvolvimento global (MAINARDES; DOMINGUES, 2010).

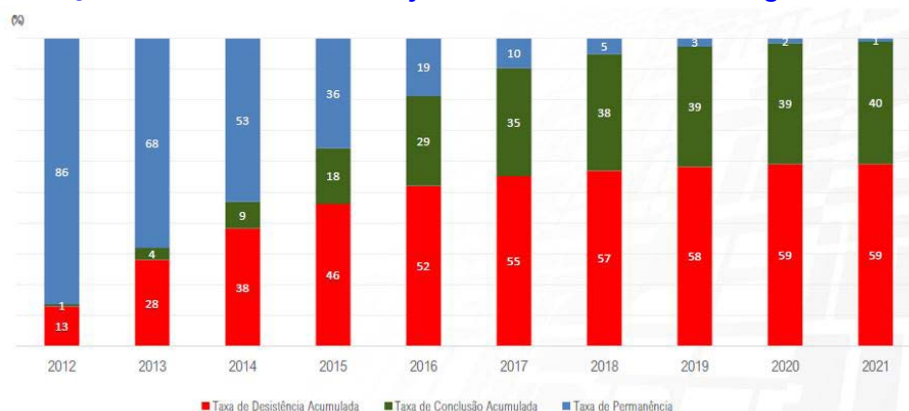
Sheu e Bordon (2017), por sua vez, mencionam que fatores como autoeficácia acadêmica, progresso nos objetivos acadêmicos e apoio de professores, colegas e membros da família, além de uma consciência afetiva, afetam positivamente a satisfação da vida universitária. Da mesma forma, a qualidade das relações interpessoais com funcionários e professores contribui para as taxas de retenção de alunos.

Assim que chegam no ensino superior os alunos ficam por conta própria e devem adaptar-se a uma nova realidade, resolvendo os desafios que lhes são apresentados. (ARAÚJO, 2017). Nesse sentido, a satisfação do aluno com a experiência acadêmica envolve o acesso aos recursos institucionais e o sucesso no processo de ensino e aprendizagem do curso e sua estrutura curricular, serviços de apoio a qualidade das relações com os colegas (DEY; ASTIN, 1993; GREBENNIKOV; SHAH, 2013; MAGALHÃES *et al.*, 2013).

Pela sua magnitude, antecipa-se a relevância da satisfação para o bem-estar, formação e sucesso acadêmico dos estudantes do ensino superior. Entre os alunos, a satisfação aparece com a perseverança ou abandono do curso e/ou do estabelecimento, assumindo o papel relevante na adaptação aos estudos. (ARANTES *et al.*, 2018; TEIXEIRA *et al.*, 2008). A desistência é

um fator preocupante nos dias atuais, visto que a taxa de abandono dos cursos tem aumentando nos últimos anos, conforme a Figura 1 abaixo:

Figura 1 – Evolução dos indicadores de trajetória dos estudantes de ingresso em 2012 – 2021.



Fonte: Ministério da Educação (2022).

Todos esses aspectos fundamentam a satisfação ou insatisfação dos alunos e tem implicações no seu engajamento e durante o curso. O conhecimento dessa realidade permite apontar variáveis do contexto escolar que sabemos serem relevantes para o desenvolvimento de políticas públicas e intervenções nas universidades, que podem intervir na evasão (CODA; BERGAMINI, 1997; DOMINGUEZ-LARA *et al.*, 2019; GREBENNIKOV; SHAH, 2013; HU; KUH, 2002; OSTI *et al.*, 2020).

A satisfação acadêmica inclui três dimensões, nomeadamente institucional e curricular. A primeira refere-se à qualidade das relações dentro e fora do contexto acadêmico. A segunda indica a satisfação do em relação à infraestrutura, equipamentos e serviços prestados pelo estabelecimento. E por fim, satisfação com as atividades e inerentes ao curso e ao currículo. Nesta perspectiva tridimensional, obtém-se uma avaliação dos componentes centrais da satisfação escolar como resultado do desempenho acadêmico dos alunos (SOARES; ALMEIDA, 2011).

Como afirmam Schleich *et al.* (2006), compreender a satisfação do aluno permite conhecer a realidade das repercussões da educação superior no seu desenvolvimento integral. Da mesma forma, o descompasso entre a diversidade de expectativas dos alunos e a oferta do estabelecimento pode levar o mau desempenho, menor integração, sucesso ou mesmo abandono do curso. Assim, tornam-se importantes ações que promovam o sucesso e melhorem a formação dos universitários.

A satisfação acadêmica é considerada como uma realidade muito complexa. Houve uma época em que havia escassez de empregos nessa área relacionada ao ensino superior, no entanto, nos últimos anos, despertou um interesse renovado em sua pesquisa e avaliação. O conceito e a avaliação da satisfação acadêmica têm uma importância particular, sendo mesmo uma medida importante de dentro das instituições de ensino superior (MAGALHÃES, 2009).

Além disso, a satisfação é considerada multidimensional, pois depende de uma ampla gama de variáveis e fatores, tanto intrínsecos quanto extrínsecos. O ensino superior tem centrado essencialmente a sua avaliação na análise dos resultados, tanto a nível cognitivo como acadêmico. No entanto, o estudo da satisfação acadêmica não deve considerar dados de natureza quantitativa, mas deve centrar na reflexão do aluno e desenvolvimento psicossocial (SOARES

et al., 2002).

Pesquisas mostram que variáveis de natureza contextual, como o tipo de curso realizado e a não participação dos alunos em atividades extracurriculares durante sua trajetória escolar, parecem ser aquelas que influenciam os níveis de satisfação obtidos, particularmente no que diz respeito às dimensões institucional e reacional da escolaridade dos alunos. De fato, a avaliação da satisfação acadêmica pode ser uma medida do sucesso pessoal dos alunos, bem como um indicador do sucesso institucional do ensino superior. (SOARES; ALMEIDA, 2011).

A qualidade de um curso, como uma graduação, o envolvimento e a satisfação dos alunos são fatores determinantes do perfil e da atuação dos profissionais que ingressam no mercado de trabalho (VENTURINI *et al.*, 2008; PORTUGAL, 2017).

Porém, a satisfação não é estática. Alunos reavaliam continuamente suas opiniões anteriores com base em novas informações. Portanto, o nível de satisfação pode variar à medida que mais informações são levadas em consideração para a análise do julgamento do curso. Em outras palavras existem sempre fatores que mudam sua opinião (SOUZA; REINERT, 2010).

Nesse sentido, é importante investigar os alunos e entender quais são suas expectativas em relação ao relacionamento com a Instituição. Mesmo com a existência de estudos semelhantes, deve-se destacar que o processo dinâmico de satisfação do aluno com novas experiências requer novas avaliações.

A satisfação pode assim ser entendida como uma variável derivada das experiências dos alunos, mas também afeta essas mesmas experiências, por exemplo através da maior ou menor participação dos alunos e do seu sucesso acadêmico.

As medidas de satisfação abrangem a satisfação do aluno com a experiência geral de formação, bem como aspectos mais específicos relacionados à qualidade do ensino, currículo, relacionamento com professores e colegas, administração, instalações e recursos da universidade e percepções dos alunos sobre o ambiente acadêmico e de conhecimento da instituição (SCHLEICH *et al.*, 2006).

Para mensurar estes fatores e o nível de satisfação acadêmica, as pesquisas normalmente recorrem aos questionários.

A investigação sobre a experiência acadêmica mostra que este processo atravessa a literatura e é importante frente às muitas mudanças que afetam a sociedade em geral, as universidades em particular e as organizações econômicas, sociais, culturais e políticas. Cada vez mais a informação e o conhecimento desempenham um papel relevante, e o acesso à educação tornou-se uma meta valorizada para os indivíduos (que buscam melhores condições de vida e de trabalho), bem como para os países que visam melhorar sua capacidade de gerar inovação e resolução de problemas. (REASON *et al.*, 2006).

Outro ponto digno de atenção e reconhecimento é que o percurso formativo não se limita à educação formal, mas deve também salientar a importância de julgar o peso da experiência acadêmica, não só para compreender o desenvolvimento dos conteúdos curriculares escolares e a formação universitária resultante. Estudos de Capovilla; Santos (2001) mostram a relevância das atividades não obrigatórias na formação dos universitários, que eles percebem como diferenças em sua vida pessoal e profissional.

A satisfação representa, assim, uma medida da avaliação dos alunos sobre suas experiências subjetivas de bem-estar no domínio acadêmico, afetando a qualidade das mesmas experiências em termos de frequência e intensidade (NOVO, 2005; WILKINS *et al.*, 2016).

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi levado em consideração a importância da pesquisa de satisfação, sendo necessário identificar os prováveis itens considerados como fatores críticos para saber se as expectativas dos consumidores estão sendo atendidas, especificamente neste tipo de público.

A pesquisa de satisfação permite que o serviço meça qual o nível de satisfação do cliente referente ao serviço prestado, onde é demonstrado a importância que o cliente tem para a empresa e estes se sintam valorizados, sendo os feedbacks a melhor maneira de tomar decisões. Neste mundo de mercado competitivo faz toda a diferença saber o que as pessoas pensam sobre seu produto/serviço.

Participantes

Esta pesquisa consistiu em uma investigação qualitativa de caráter exploratório, descritivo e estudo de caso, realizada com a população de graduandos dos seguintes cursos: Administração, Agronomia, Ciências Contábeis, Direito, Engenharia de Produção, Enfermagem, Psicologia, Pedagogia, Técnico em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

O questionário foi realizado entre os meses de março e abril de 2023, por meio da plataforma Google Forms, onde acadêmicos do ISEPE receberam um link compondo uma breve explicação a respeito da pesquisa. Cada participante teve a livre escolha para acessar o link e responder o questionário.

Para este estudo foi caracterizado uma pesquisa descritiva qualitativa e quantitativa, utilizando como instrumento um questionário para coleta de dados com questões fechadas e uma questão aberta, baseadas na escala de Likert de 1 a 5, as quais variaram entre: 1) discordo totalmente; 2) discordo; 3) neutro; 4) concordo e 5) concordo totalmente.

O questionário contou com 5 blocos de perguntas referentes a: professores, conteúdo, alunos, estrutura e aspectos gerais. A pesquisa buscou avaliar basicamente seis processos: o ensinar, o conhecimento dos professores, o conteúdo das disciplinas, alunos e a estrutura oferecida pela faculdade e o geral, que engloba todos os demais aspectos envolvidos no curso (Apêndice A).

Participaram da pesquisa 116 acadêmicos, sendo 29 do curso de Psicologia, 18 do curso de Ciências Contábeis, 10 do curso de Agronomia, 20 do curso de Engenharia de Produção, 4 do curso de Administração, 13 do curso de Direito, 8 do curso de Enfermagem, 14 do curso de Pedagogia. Como a coleta de dados foi realizada de forma voluntária, não se obteve resultados do curso de Técnico em Análise de Sistemas.

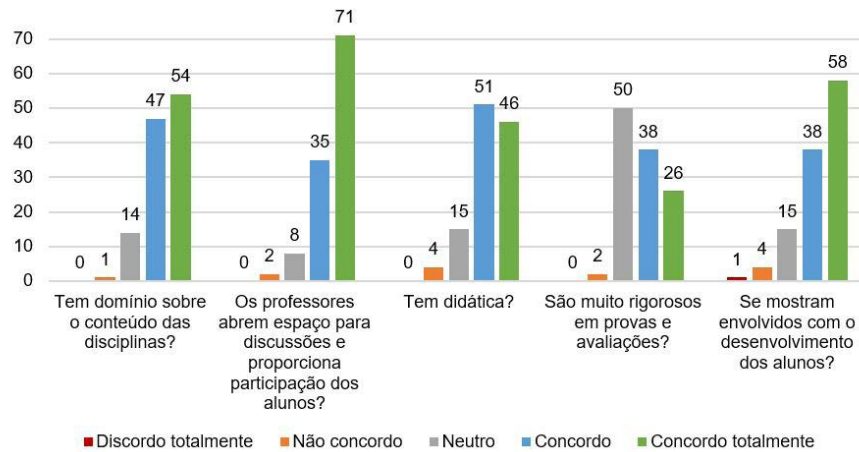
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados conforme a disposição das categorias no questionário, sendo: avaliação dos professores, avaliação dos conteúdos nos cursos, autoavaliação dos alunos, avaliação de itens da estrutura do curso, atendimento das expectativas, avaliação da estrutura física e grau de recomendação da instituição.

Avaliação dos professores

A partir da avaliação dos professores é possível verificar se o plano de ensino está sendo aplicado dentro das salas de aula de modo efetivo, sendo possível melhorar a qualidade de ensino. Esta categoria foi dividida em 5 subcategorias para melhor entender os pontos fortes e os pontos a serem melhorados deste quesito, sendo elas: domínio sobre o conteúdo, abertura para discussões, qualidade da didática, rigor e envolvimento, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Avaliação dos professores.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Na avaliação geral desta categoria se sobressaiu o resultado “concordo totalmente” com 44% dos votos totais, seguido por “concordo” com 36% dos votos, representando satisfação da maioria dos alunos.

Com relação às subcategorias, a melhor avaliada foi “os professores abrem espaço para discussões e proporciona participação dos alunos?”, com 61 dos votos para “concordo totalmente”. A categoria “são muito rigorosos em provas e avaliações?” Teve 43% dos votos neutros, demonstrando que os alunos não consideram os professores muito rigorosos, embora também não os considerem pouco exigentes.

Segundo estudo de Bardagi (2007) dificuldades na relação professor-aluno pode levar a evasão do ensino superior, devido ao distanciamento, falta de interesse nos alunos, falta de conhecimento, formalidade excessiva e, em certos casos, competitividade com os estudantes.

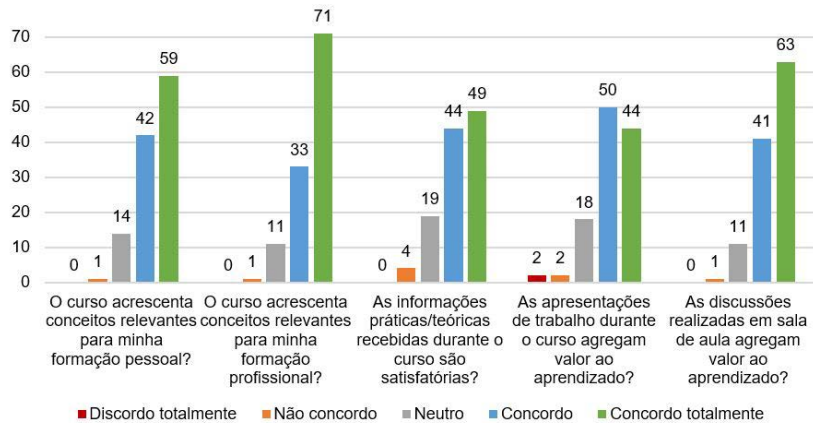
Avaliação dos conteúdos nos cursos

A avaliação dos conteúdos repassados aos alunos demonstra se o que está sendo ensinado condiz com a matéria e o curso, além de avaliar se está sendo transformado em valor agregado na vida profissional e/ou pessoal do aluno. A avaliação desta categoria, assim como a

anterior, apresentou resultados positivos, com 49% das respostas para “concordo totalmente” e 36% para “concordo”. Apenas 1,89% das respostas foram “não concordo” e “discordo totalmente” somadas.

Todas as subcategorias tiveram percentual de satisfação elevados, sendo que “o curso acrescenta conceitos relevantes para minha formação profissional” e “as discussões realizadas em sala de aula agregam valor ao aprendizado?” Tiveram 61% e 54% dos votos para “concordo totalmente”, respectivamente. No Gráfico 2 demonstra-se a avaliação de todas as subcategorias.

Gráfico 2 – Avaliação dos conteúdos nos cursos.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

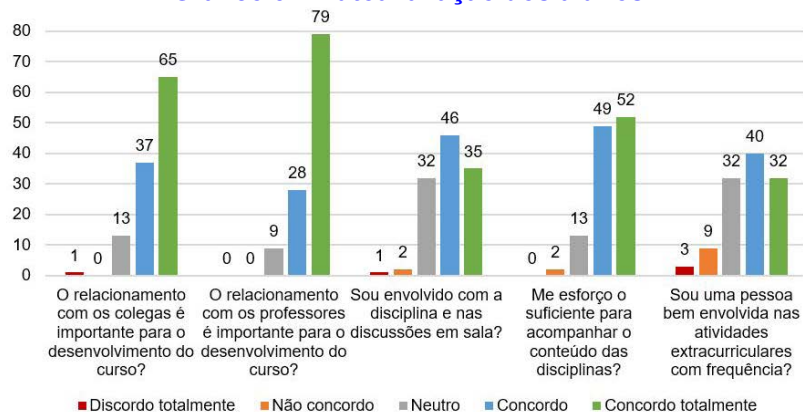
A subcategoria com menos votos para “concordo totalmente” e mais votos para “discordo totalmente” foi “as apresentações de trabalho durante o curso agregam valor ao aprendizado?”. Com 38% e 2% das avaliações respectivamente, portanto mesmo sendo a subcategoria com os votos menos positivos ainda possui uma boa avaliação e satisfação.

Autoavaliação dos alunos

Além dos alunos avaliarem os professores e a forma como o ensino é aplicado, é importante que cada um olhe para si e para seu comportamento dentro da instituição, uma vez que nem mesmo o melhor professor com a melhor metodologia seria capaz de ensinar um aluno que não possui interesse no aprendizado, servindo também como reflexão sobre suas próprias ações.

Como mostrado no Gráfico 3, os alunos possuem uma forte percepção de que a relação aluno/professor e aluno/aluno é essencial para o desenvolvimento acadêmico.

Gráfico 3 – Autoavaliação dos alunos.



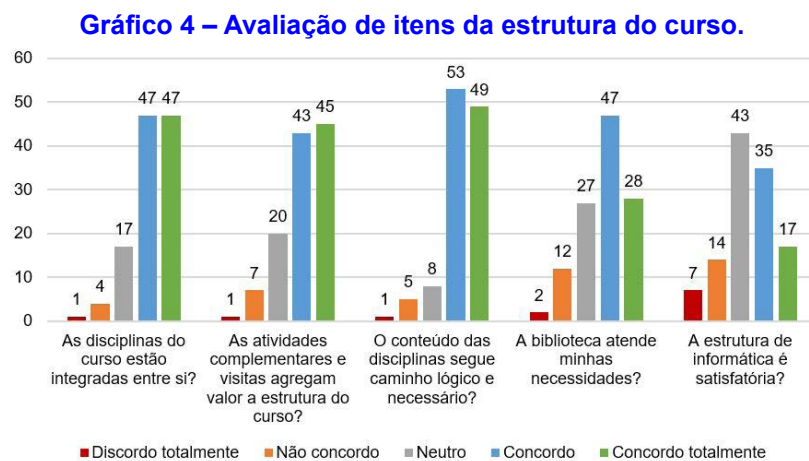
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Por outro lado, 11% dos alunos admitem não estarem bem envolvidos nas atividades extracurriculares com frequência. A maioria dos cursos oferecidos pelo ISEPE são noturnos, onde uma gama de alunos possui trabalho formal no período diurno, dificultando esse envolvimento frequente com atividades extras fora do horário de aula.

Teixeira (2008) aborda em sua investigação que na universidade o envolvimento do estudante com sua formação depende muito mais dele do que do ambiente universitário (fatores institucionais), uma vez que dele se espera autonomia na aprendizagem, na administração do tempo e na definição de metas e estratégias de estudo, aspectos que antes eram centradas na escola.

Avaliação de itens da estrutura do curso

Esta categoria está dividida entre duas partes, onde possui 5 subcategorias com foco nas disciplinas, conteúdo, atividades complementares, biblioteca e estrutura de informática, havendo ainda um item extra que avalia especificamente a estrutura física da instituição. No Gráfico 4 estão os valores obtidos na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Dentre as categorias, esta é a que apresenta menos votos para “concordo totalmente” e “concordo”, sendo 39% “concordo” e 32% “concordo totalmente”. Os votos em “não concordo” e “discordo totalmente”, somados, apresentam 9% dos votos.

A subcategoria melhor votada foi a que abordou as atividades complementares e sua relevância em agregar valor na estrutura do curso, com 39% de votos para “concordo totalmente”. Atividades complementares e visitas técnicas são dinâmicas e permitem aos alunos saírem da rotina morosa de sala de aula. Aprender ou ver situações na prática também agregam muito valor no aprendizado.

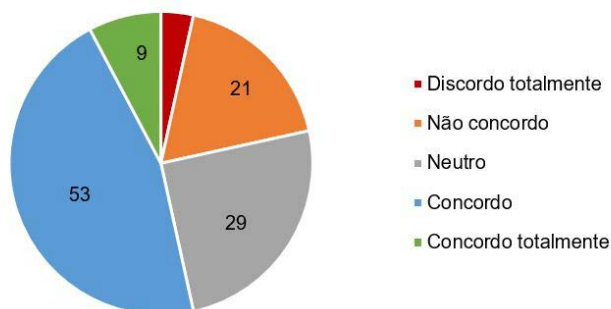
A subcategoria “a estrutura de informática é satisfatória?” É a que possui o menor grau de satisfação, sendo o maior ponto de reclamações por parte dos alunos, melhor abordado nos próximos tópicos. A infraestrutura da biblioteca também merece ponto de atenção, pois 23% dos votos foram neutros, significando que a biblioteca atente as necessidades mais básicas dos alunos, porém não supera as expectativas com excelência.

Como item de complemento, foi abordado na pesquisa se a infraestrutura da instituição atende às necessidades do curso. Conforme o Gráfico 5, a insatisfação é demonstrada por 21%

dos alunos e 25% demonstrou opinião neutra.

Gráfico 5 – Avaliação da estrutura física.

Avaliação da estrutura física (salas de aula, laboratórios), atendem as necessidades do curso?



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Conclui-se então que 54% dos estudantes estão satisfeitos com a estrutura física oferecida tendo, portanto, uma forte divisão de opiniões sobre o quesito.

As condições físicas de um campus podem ser determinantes para atrair novos estudantes, assim como para a evasão dos mesmos, pois a infraestrutura, instalações de apoio, serviços, entre outros, é onde as experiências concretas dos alunos ocorrem e onde se desenvolvem na prática (MAGALHÃES *et al.*, 2012).

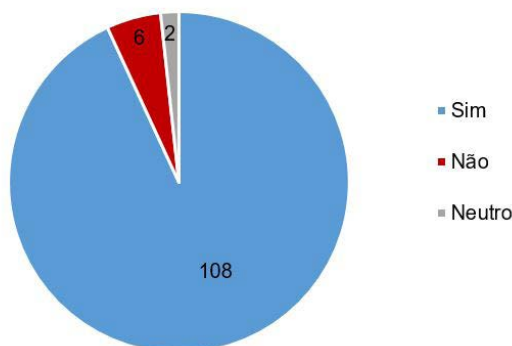
Aspectos gerais

Foram adicionadas ainda questões com relação ao atendimento das expectativas, recomendação do curso e um espaço aberto para mensagens.

Com relação ao atendimento das expectativas, 93% dos alunos se sentem satisfeitos de forma geral com a instituição, como mostra o Gráfico 6.

Gráfico 6 – Avaliação de satisfação.

De forma geral, o curso atende minhas expectativas?



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

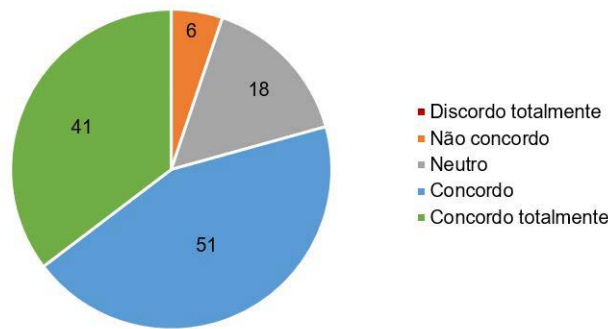
Isto mostra que, apesar de algumas insatisfações pontuais, o curso cumpre a proposta de ensino com os alunos.

Com relação à recomendação, conforme é possível verificar no Gráfico 7, 35% dos alunos recomendariam fortemente e 44% recomendariam o curso. Esta avaliação é importante, pois

assim como um produto, quanto maior a satisfação, maior a probabilidade de recomendação do mesmo.

Gráfico 7 – Avaliação de satisfação.

Você recomendaria a faculdade ISEPE para um amigo?



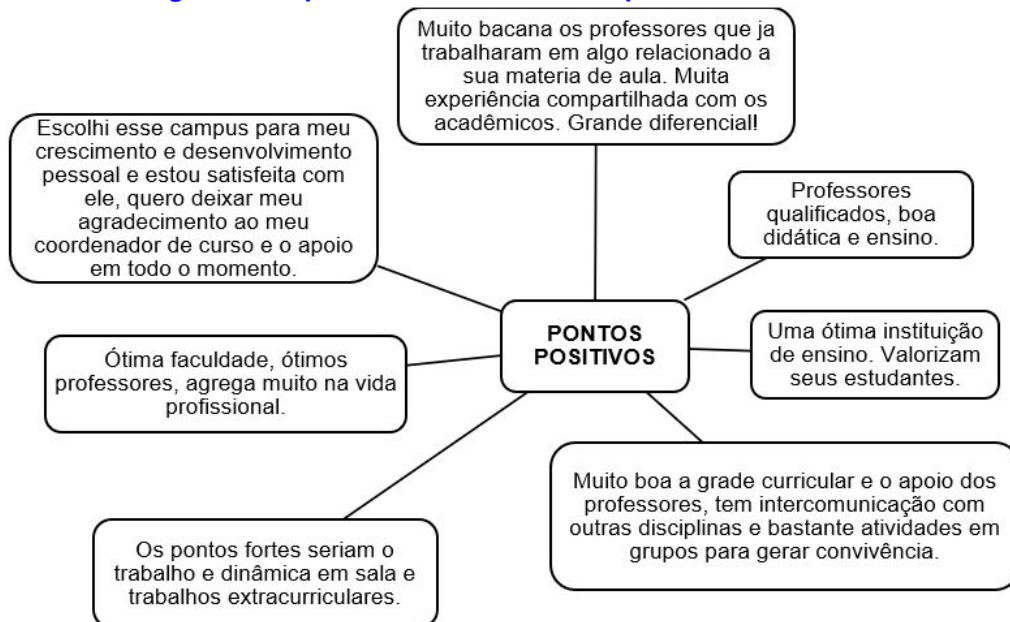
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Da mesma forma, quanto maior a insatisfação, maior a probabilidade de o cliente falar de forma negativa do local. Na pesquisa não foi observado nenhuma resposta como “discordo totalmente”, demonstrando assim, que nenhum aluno está completamente insatisfeito.

Ao realizar o levantamento das mensagens abertas, foi possível observar comentários acerca de diferentes aspectos que foram classificados como positivos e sugestões de melhorias.

Na Figura 2 tem-se os relatos dos alunos classificados como pontos positivos em relação a instituição de ensino.

Figura 2 - Aspectos Positivos citados pelos acadêmicos.



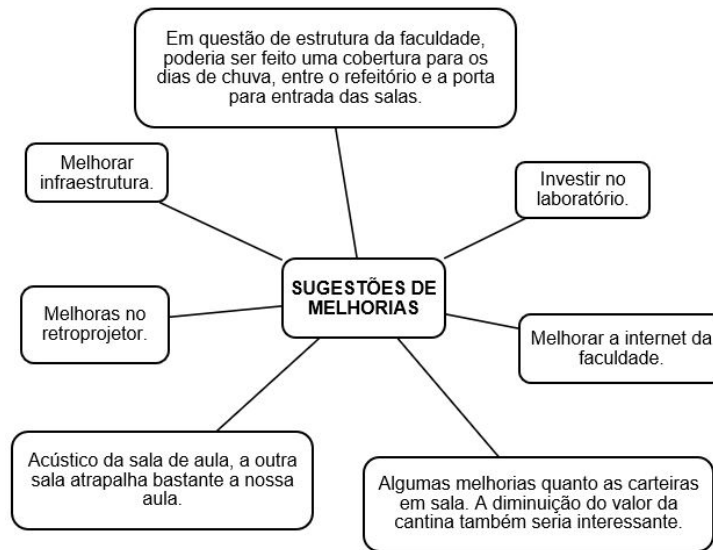
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Nos pontos positivos se destaca o apoio dos professores para com os alunos e a boa qualificação dos mesmos, assim como crescimento pessoal e profissional que o curso proporciona.

Já na Figura 3, é apresentado as sugestões de melhorias no que tange ao objeto de

estudo.

Figura 3 - Sugestões de Melhoria destacadas pelos acadêmicos.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

As sugestões de melhorias abrangem especialmente aspectos da estrutura física, sendo que os três itens mais mencionados foram: salas de aulas, internet e estrutura. Com relação às salas de aula houveram reclamações referente às carteiras, portas, acústica, quadro branco e ar condicionado. Sobre a internet o volume de comentários se concentrou em apontar seu funcionamento deficiente, prejudicando alunos e professores em momentos em que a mesma é necessária para dar aulas ou realizar pesquisas. Houveram muitos comentários apontando a estrutura física no geral, como corredores, rampas lisas em dias de chuva, banheiros e infiltrações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento pela busca de aperfeiçoamento no mercado de trabalho faz com que exista uma busca pelas instituições de ensino superior, especialmente àquelas que se enquadram na rotina dos novos estudantes, sendo assim muitas vezes a escolha por instituições privadas são uma alternativa adequada. Devido a isso, este estudo abordou os pontos positivos e sugestões de melhorias da satisfação dos acadêmicos, sendo alcançada a partir de ações para executar e oferecer produtos e serviços de qualidade.

A partir de um questionário realizado com 116 estudantes do ISEPE foi possível constatar que, no geral, os alunos estão satisfeitos com os serviços oferecidos pela instituição, com todas as respostas tendendo para “concordo” e “concordo totalmente”.

Nos itens de avaliação dos professores, conteúdos nos cursos e autoavaliação dos alunos os resultados formam positivos para a instituição, mostrando que a didática e conteúdo estão satisfatórios e que os alunos estão satisfeitos com a relação professor-aluno, assim como entendem sua importância dentro do desenvolvimento acadêmico. Os alunos admitem pouco envolvimento com as atividades extracurriculares, no entanto entendem sua importância.

A estrutura física foi a categoria com menor número de avaliações com “concordo totalmente”, demonstrando que a instituição necessita dar atenção a este quesito, sendo também

como sugestão de melhoria para que os alunos se sintam melhores atendidos em seus requisitos para um bom desenvolvimento acadêmico.

Os cursos atendem a expectativa de 92,2% dos participantes. A satisfação dos alunos é diretamente influenciada pelo envolvimento dos professores e pelo interesse do estudante.

Os principais pontos fortes citados pelos estudantes foram o apoio dos professores para com os alunos e a boa qualificação dos mesmos, assim como crescimento pessoal e profissional que o curso proporciona. Como sugestões de melhorias foi relatado especialmente aspectos da estrutura física, sendo que os três itens mais mencionados foram: salas de aulas, internet e instalações.

Conhecer as satisfações ou insatisfações dos estudantes auxilia no entendimento do impacto do ensino superior relacionado ao desenvolvimento dos mesmos, uma vez que o desencontro entre as expectativas e a experiência vivida no dia a dia do que a instituição oferece, pode gerar baixo desempenho, reduzida integração, insucesso ou até mesmo evasão do curso. Uma pesquisa de satisfação também é útil para a gestão, planejamento, estratégias de intervenção e desenvolvimento de programas e serviços, de forma que seja conduzida a promoção e o sucesso dos estudantes e melhorar a qualidade da formação.

A limitação do estudo se deu pela baixa participação dos alunos ao responder os questionários, além de um curso da instituição não obter nenhum aluno como participante da pesquisa.

Em futuras investigações, será possível cruzar estes dados com medidas de satisfação percebidas no decorrer do percurso acadêmico de alunos que responderam ao questionário nos primeiros semestres letivos.

REFERÊNCIAS

AMERICAN MARKETING ASSOCIATION. Definitions of Marketing. 2017. Disponível em: <<https://www.ama.org/the-definition-of-marketing-what-is-marketing/>>. Acesso em: 28 de jan. 2023.

ARANTES, Valéria Amorim; PÁTARO, Cristina S. Oliveira; PINHEIRO, Viviane P. Guimarães; GONÇALO, Mariana Francio. Felicidade e bem-estar da juventude brasileira. *Notandum*, v. 46, p. 55-68, 2018.

ARAÚJO, Alexandra M. Sucesso no Ensino Superior: Uma revisão e conceptualização. *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, v. 4, n. 2, p. 132-141, 2017.

ASTIN, Alexander W. An empirical typology of college students. *Journal of College Student Development*, v. 34, n. 1, p. 36-46, 1993.

BARDAGI, Marúcia Patta. Evasão e comportamento vocacional de universitários: estudo sobre o desenvolvimento de carreira na graduação. Porto Alegre, 2007. Tese (Doutorado em Psicologia), Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BATESON, Jhon E. G.; HOFFMAN, K. Douglas. Princípios de marketing de serviços: conceitos, estratégias e casos. São Paulo: Cengage Learning, 3 ed. 2016.

BORDON, Jennifer. A cross cultural comparison of Asian college students' well-being: exploring the impact of cultural factors in a social cognitive. Albany, 2021. Dissertation (Doctorate in Philosophy), Department of Educational and Counseling Psychology, University at Albany.

CAPOVILLA, Sheirla Luiza; SANTOS, Acácia A. Angeli. Avaliação da influência de atividades extramuros no desenvolvimento pessoal de universitários. *Psico USF*, p. 49-57, 2001.

CODA, Roberto; BERGAMINI, Cecília W. *Psicodinâmica da vida organizacional: motivação e liderança*. São Paulo: Atlas, v. 2, p. 23-46, 1997.

COWELL, Donald W. International Marketing of Services. *The Service Industries Journal*, v. 3, ed. 3, p. 308-328, 1983.

CUNHA, Simone M.; CARRILHO, Denise M. O processo de adaptação ao ensino superior e o rendimento acadêmico. *Psicologia Escolar e Educacional*, n. 9, v. 2, p. 215-224, 2005.

DEY, Eric L.; ASTIN, Alexandre W. Statistical alternatives for studying college student retention: A comparative analysis of logit, probit, and linear regression. *Research in Higher Education*, v. 34, p. 569-581, oct. 1993.

DOMINGUEZ-LARA, Sergio; PRADA-CHAPOÑAN, Rony; MORETA-HERRERA, Rodrigo. Gender differences in the influence of personality on academic procrastination in Peruvian college students. *Acta Colombiana de Psicología*, v. 22, n. 2, p. 125-136, 2019.

ELLIOTT, Kevin M.; SHIN, Dooyoung. Student satisfaction: an alternative approach to assessing this important concept. *Journal of Higher Education Policy and Management*, v. 24, n. 2, p. 197-209, nov. 2002.

GARVIN, D. A. *Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva*. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 1992.

GREBENNIKOV, Leonid; SHAH, Mahsood. Monitoring trends in student satisfaction. *Tertiary Education in Management*, v. 19, p. 301-322, 2013.

HU, Shouping; KUH, George D. Being (dis)engaged in educationally purposeful activities: The influences of student and institutional characteristics. *Research in Higher Education*, v. 43, p. 555-575, 2002.

ISEPE. Nossa História. Disponível em: < <https://www.iseperondon.com.br/sobre/1/nossa-historia#:~:text=Criada%20e%20credenciada%20atrav%C3%A9s%20da,importante%20com%20a%20sociedade%20rondonense.>>. Acesso em: 22 de out. 2022.

LUCCHESI, Reinaldo N. Marketing: da origem à sociedade de consumo. *Revista Hórus*, v. 5, n. 1, p. 79-101, 2010.

MAGALHÃES, António; MACHADO, Maria L.; SÁ, Maria José. *Satisfação dos estudantes do ensino superior português*. Matosinhos, Editora CIPES, 2013.

MAGALHÃES, Carla. A experiência do estudar na Universidade: perspectivas autorregulatórias de alunos de insucesso no 1º ano. Braga, 2009. Tese (Mestrado em Psicologia), Área de Especialização em Escolar e da Educação, Universidade do Minho.

- MAINARDES, Emerson W.; DOMINGUES, Maria José C. S. Satisfação de estudantes em administração de Joinville/SC. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, v. 4, n. 2, p. 76-94, 2010.
- MEDRANO, Leonardo A.; GALLEANO, Carolina; GALERA, Miriam; VALLE, Ruth F. Creencias irracionales, rendimiento y deserción académica en ingresantes universitarios. *Liberabit: Revista de Psicología*, v. 16, n. 2, p. 183-191, 2010.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Censo da educação superior 2021. MEC, Brasília, 2022.
- MORGADO, Nelly Fernández. Retención y persistencia estudiantil en instituciones de educación superior: una revisión de la literatura. *Paradigma*, v. 30, n. 2, p. 39-62, 2009.
- NOVO, Rosa F. Bem-estar e psicologia: Conceitos e propostas de avaliação. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación Psicológica*, v. 20, n. 2, p. 183-203, 2005.
- OKUN, Morris A.; WEIR, Renee M. Toward a Judgment Model of College Satisfaction. *Educational Psychology Review*, v. 2, n. 1, 1990.
- OSTI, Andreia; ALMEIDA, Leandro S.; CHICO, Beatriz M.; DE OLIVEIRA, Vinícius. Satisfação acadêmica de estudantes universitários: construção de uma escala de avaliação. *Educação: Teoria e Prática*, v. 30, n. 63, p. 1-13, nov. 2020.
- PENG, Poh J.; SAMAH, Ainon J. A. Measuring students' satisfaction for quality education in a e-learning university. *Unitar e-Journal*, v. 2, n.1, p. 11-21, 2006.
- PINTO, Nelson G. Machado; QUADROS, Michel R. Costa; CRUZ, Fernando V.; CONRAD, Carla C. Satisfação acadêmica no Ensino Superior brasileiro: uma análise das evidências empíricas. *Revista Brasileira de Ensino Superior*, v. 3, n. 2, p. 3-17, 2017.
- PORTUGAL. Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação. DGE. Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória. 2017.
- REASON, Robert D.; TERENCEZINI, Patrick T.; DOMINGO, Robert J. First things first: Developing academic competence in the first year of college. *Research in Higher Education*, v. 47, p. 149-175, 2006.
- RIBEIRO, I. M., CORREIA, W. F. M., & CAMPOS, F. (2021). Setores acadêmicos que interferem na satisfação do aluno no ensino superior. *Acta Scientiarum. Education*, 43(1), e50121. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v43i1.50121>.
- SANTOS, Valdecir N. Satisfação de clientes. Brasília, 2008. Monografia (Pós-graduação em Administração), Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade de Brasília.
- SCHLEICH, Ana Lúcia; POLYDORO, Soely A. J.; SANTOS, Acácia A. Angeli. Escala de satisfação com a experiência acadêmica de estudantes de ensino superior. *Avaliação Psicológica: Interamerican Journal of Psychological Assessment*, v. 5, n. 1, p. 11-20, 2006.
- SHEU, Hung-Bin; BORDON, Jennifer J. SCCT Research in the International Context: Empirical Evidence, future directions, and Practical implications. *Journal of Career Assessment*, v. 25, n. 1, p. 58-74, 2017.
- SOARES, Ana Paula; ALMEIDA, Leandro S. Questionário de Satisfação Acadêmica (QSA). *Instrumentos e contextos de avaliação psicológica*, p. 103-124, 2011.

SOARES, Ana Paula C.; VASCONCELOS, Rosa M.; ALMEIDA, Leandro S. Adaptação e satisfação na universidade: apresentação e validação do questionário de satisfação acadêmica. Contextos e dinâmica da vida acadêmica, Braga, Portugal: Universidade do Minho, p. 153-165, 2002.

SOARES, Maria S. A.; OLIVEN, Arabela C. Educação superior no Brasil. Capes, 2002.

SOUZA, Dominique G.; MIRANDA, Jean C.; SOUZA, Fabiano S. Breve histórico acerca da criação das universidades no Brasil. CEDERJ – Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro, v. 19, ed. 5, p. 1-10, 2019.

SOUZA, Saulo A.; REINERT, José N. Avaliação de um curso de ensino superior através da satisfação/ insatisfação discente. Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas), v. 15, n. 1, p. 159-176, 2010.

TEIXEIRA, Marco A. Pereira; DIAS, Ana C. Garcia; WOTTRICH, Shana Hastenpflug; OLIVEIRA, Adriano Machado. Adaptação à universidade em jovens calouros. Psicologia Escolar e Educacional, n. 12, v. 1, p. 185-202, jun. 2008.

TRESSOLDI, Cassiano; JUNIOR, Renato P. Dall Agnol. A Evolução do Conceito de marketing no Brasil: 60 anos de história. 2019.

VENTURINI, Jonas; PEREIRA, Breno A. D.; VIEIRA, Kelmara M.; MILACH, Felipe. Satisfação dos alunos do curso de Ciências Contábeis da UNIFRA: um estudo à luz das equações estruturais. Anais do Congresso de Controladoria e Contabilidade da USP, São Paulo - SP, v. 8, 2008.

WILKINS, Stephen; BUTT, Muhammad M.; KRATOCHVIL, Daniel; BALAKRISHNAN, Melodena S. The effects of social identification and organizational identification on student commitment, achievement and satisfaction in higher education. Studies in Higher Education, n. 41, v. 12, p. 2232-2252, 2016.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Pesquisa de satisfação dos estudantes da ISEPE.

1- Avaliação dos professores:

Os professores têm domínio sobre o conteúdo das disciplinas?

() Discordo Totalmente () Não concordo () Neutro () Concordo () Concordo totalmente

Os professores abrem espaço para discussões e proporciona participação dos alunos?

() Discordo Totalmente () Não concordo () Neutro () Concordo () Concordo totalmente

Os professores têm didática?

() Discordo Totalmente () Não concordo () Neutro () Concordo () Concordo totalmente

Os professores são muito rigorosos em provas e avaliações?

() Discordo Totalmente () Não concordo () Neutro () Concordo () Concordo totalmente

Os professores mostraram envolvidos com o desenvolvimento dos alunos?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

2- Avaliação dos conteúdos nos cursos:

O curso acrescenta conceitos relevantes para minha formação pessoal?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

O curso acrescenta conceitos relevantes para minha formação profissional?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

As informações práticas/teóricas recebidas durante o curso são satisfatórias?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

As apresentações de trabalho durante o curso agregam valor ao aprendizado?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

As discussões realizadas em sala de aula agregam valor ao aprendizado?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

3- Autoavaliação dos alunos:

O relacionamento com os colegas é importante para o desenvolvimento do curso?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

O relacionamento com os professores é importante para o desenvolvimento do curso?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

Sou envolvido com a disciplina e nas discussões em sala?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

Me esforço o suficiente para acompanhar o conteúdo das disciplinas?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

Sou uma pessoa bem envolvida nas atividades extracurriculares com frequência?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

4- Avaliação de itens da estrutura do curso:

As disciplinas do curso estão integradas entre si?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

As atividades complementares e visitas agregam valor a estrutura do curso?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

O conteúdo das disciplinas segue caminho lógico e necessário?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

A biblioteca atende minhas necessidades?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

A estrutura de informática é conveniente?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

5- Avaliação da expectativa dos alunos em relação aos cursos:

De forma geral, o curso atende minhas expectativas?

Sim

Não

6- Avaliação em relação a escolha da Faculdade ISEPE:

Você recomendaria a faculdade ISEPE para um amigo?

Discordo Totalmente Não concordo Neutro Concordo Concordo totalmente

7- Deixe sua mensagem para a equipe do ISEPE:



**A utilização do programa 5s como
vantagem competitiva em uma
empresa de estética automotiva**

**The use of the 5s program as
a competitive advantage in an
automotive aesthetics company**

Julio Cesar de Amorin

Acadêmico de Engenharia de produção da Faculdade ISEPE/RONDON.

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.19

RESUMO

Diversos fatores colocam as organizações empresariais em posições desafiantes, fazendo com que as empresas procurem novas tecnologias, ferramentas e processos visando melhorar o atendimento aos seus clientes que estão cada vez mais exigentes em relação à qualidade dos serviços solicitados e garantir mais vantagens competitivas nos negócios. Desta forma, objetivou-se, apresentar uma metodologia de implantação do programa 5S em uma empresa do ramo de estética automotiva na cidade de Marechal Cândido Rondon, Paraná, com base em pesquisas bibliográficas, com o intuito de mobilizar, motivar e conscientizar a empresa para um melhor atendimento no requisito da qualidade do ambiente e serviço prestado. A metodologia do programa 5S foi abordada detalhadamente dentro do ambiente proposto, sendo realizado um plano de ação para auxiliar o processo de implantação do programa. Os problemas foram identificados, tais como a falta de organização de objetos e ferramentas, falta de identificação dos espaços, acúmulo de lixo e falta de higienização, as ações adotadas para sanar esses problemas foram envolver os colaboradores com orientações e treinamentos sobre suas responsabilidades e ações necessárias para implantação dos sentidos. Os resultados obtidos na implantação do programa 5S foram satisfatórios e mostram benefícios, tais como um ambiente mais limpo e organizado, otimização de tempo, diminuição do risco de acidentes e mudança de cultura e hábitos dos colaboradores no ambiente de trabalho.

Palavras-chave: empresa. qualidade. automotiva. tecnologia. ferramenta. processo.

ABSTRACT

Several factors put business organizations in challenging positions, causing companies to seek new technologies, tools and processes to improve the service to their customers who are increasingly demanding in relation to the quality of services requested and ensure more competitive advantages in business. This way, the objective was to present a methodology for the implementation of the 5S program in a company in the branch of automotive aesthetics in the city of Marechal Cândido Rondon, Paraná, based on bibliographic research, with the intention of mobilizing, motivating, and making the company aware of the need for a better service in the requisite quality of the environment and the service provided. The methodology of the 5S program was approached in detail within the proposed environment, and an action plan was made to assist in the process of implementing the program. The problems were identified, such as the lack of organization of objects and tools, lack of space identification, garbage accumulation, and lack of hygiene. The actions adopted to solve these problems were to involve the collaborators with orientations and training about their responsibilities and necessary actions for the implementation of the senses. The results obtained in the implementation of the 5S program were satisfactory and show benefits, such as a cleaner and more organized environment, time optimization, decreased risk of accidents, and change in culture and habits of employees in the workplace.

Keywords: company. quality. automotive. technology. tool. process.

INTRODUÇÃO

Em um cenário mundial, a sociedade e as organizações estão mudando com intensidade e rapidez, trazendo insegurança e imprevisibilidade para diversas organizações. A busca por ferramentas administrativas é de suma importância para contribuir com a gestão organizacional, pois ajudam na interpretação e a solucionar problemas observando-se e tendo um levantamento detalhado de fatores ou causas relacionadas (ROSSATO *et al.*, 2016).

Com a chegada da globalização e o desenvolvimento de novas tecnologias, tem-se a evidência da competitividade que se resume basicamente a uma busca incessante das organizações por alternativas que as diferem (DEMO *et al.*, 2015).

A competitividade está ligada ao correto desenvolvimento de ações que estimulem o crescimento empresarial da mesma forma que garante resultados mais favoráveis ao negócio. Com isso, são necessários maiores investimentos em recursos de tecnologia, qualificação profissional além de outras condições como conseguir menores custos que aqueles alcançados pelos concorrentes ou a capacidade em gerar um valor diferenciado para os clientes, resultando assim na competitividade (DEMO *et al.*, 2015).

A qualidade tornou-se fundamental para uma empresa se manter no mercado, ser competitiva e gerar lucros, mas principalmente buscar atender as necessidades dos clientes. Portanto é necessário para a continuação da organização analisar se o bem ou serviço atende máximo da qualidade exigida pelos consumidores, procurando atingir melhorias na qualidade através de programas e padrões. Uma dessas maneiras é através da ferramenta 5S, de origem japonesa, que consiste em cinco sentidos, sendo eles: utilização (*Seiri*), ordenação (*Seiton*), limpeza (*Seisou*), saúde (*Seiketsu*) e autodisciplina (*Shitsuke*). Visa mudar, mobilizar e conscientizar o comportamento da empresa toda, não apenas para casuais eventos de limpezas, mas um novo modo de administrar e alcançar mais produtividade e competitividade (CAMPOS, 2009).

A aplicação da ferramenta 5S traz diversos benefícios para as empresas quanto para os colaboradores, tais como maior desenvolvimento do seu trabalho, aumento da produtividade, padronização, um ambiente melhor para redução de falhas humanas, facilidade de visualizar os problemas, redução de desperdícios e um ambiente mais seguro, organizado e disciplinado (DUARTE *et al.*, 2013).

Sob essa perspectiva, Martins e Laugeni (2005) mencionam que a ferramenta 5S, vem com essa proposta de melhorar a competitividade, a eficácia e a flexibilidade de uma empresa através de planejamento, organização e compreensão de cada atividade, envolvendo todos os colaboradores e departamentos dessa empresa.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo aplicar o programa 5S em uma empresa de pequeno porte no ramo de estética automotiva, especializada em funilaria, pintura e polimentos, localizada na cidade de Marechal Cândido Rondon, estado do Paraná. O estudo é relevante por sua ênfase no crescimento e desenvolvimento de novos procedimentos e ferramentas à empresa e ao proporcionar uma maior produtividade e um diferencial competitivo em relação às outras empresas que estão no mesmo ramo de atuação. Com isso, acredita-se que a implementação do programa 5S proporcionará benefícios a organização, padronização de processos, otimização de tempo, custo e materiais, controlar e respeitar com exatidão os prazos de entrega

e aperfeiçoar a qualidade do serviço e satisfação dos colaboradores.

CONCEITO DE QUALIDADE

Conforme Oakland (1994), a palavra qualidade é frequentemente usada para indicar a superioridade de um bem ou serviço, porém abrange também muitos outros diferentes elementos conforme as necessidades, exigências e expectativas do comprador.

Inicialmente a qualidade foi definida como a perfeição técnica de um produto, que evoluiu para a adequação do produto ao seu uso, direcionado a busca de satisfazer o cliente e atender as suas necessidades quando é usado esse produto adquirido. Posteriormente, levou-se em conta a definição na indústria, baseado no atendimento as especificações do produto, próprio para uso e consistência durante o processo de produção (CARPINETTI, 2016).

Devido à dificuldade e parcialidade dessa concepção e variação de qualidade, Garvin (2002) dividiu esse conceito e analisou os elementos básicos. Em sua análise, o autor classifica as chamadas oito dimensões da qualidade como: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética e qualidade percebida.

Percebe-se que alguns desses elementos são de natureza técnica, pois garantem com que o produto esteja dentro da especificação, exemplo: suas características e durabilidade. Outros fatores, como estética, confiabilidade e qualidade percebida, são intangíveis, dependem da percepção do usuário. Estes elementos podem ser diferentes para cada usuário do serviço, tendo cada um uma percepção diferente (GARVIN, 2002).

Atualmente, conforme Carpinetti (2016), a qualidade é considerada um fator de mercado. A excelência nos serviços, produtos com alta qualidade técnica, preços competitivos e segurança vem sendo exigidos pelos clientes. Para isso, é necessário ter em seu plano estratégico os objetivos que se pretende obter e buscar por diferenciais de outras empresas no quesito de qualidade dos produtos e serviços que entregam, atingindo total satisfação e confiança dos clientes.

Portanto, as indicações sobre o tema compreendem as mudanças de hábitos, economia, tecnologias e a evolução do setor industrial em geral. Os investimentos em qualidade devem trazer retorno para a organização, do contrário, não se justificam. Por isso, programas de qualidade devem ser acompanhados por medidas que forneçam suporte para transformar perdas em ganhos de rendimento e lucratividade.

Qualidade Total

Dentro de uma organização os principais objetivos da Qualidade Total são a minimização dos custos, maximização dos recursos, oferecer produtos de qualidade, suprir as expectativas dos consumidores e elevar o rendimento e lucro. Para isso é necessário à administração da empresa conhecer os objetivos da qualidade total, para então poder alcançar com maior eficácia os seus objetivos (CAMPOS, 2009).

As instituições globais e seus mercados tornaram-se mais exigentes ao longo dos anos. Aumentou-se a concorrência entre os estabelecimentos forçando as mais resistentes a novos negócios e penalizar as empresas infratoras quando deixam de comprar seus bens e serviços.

Para sobreviver, as empresas têm sido obrigadas a focar nos desejos e expectativas dos clientes, aderindo assim à Qualidade Total, pois dela depende o seu futuro (CAMPO, 1999).

Para Campos (1999) os princípios básicos da Qualidade Total garantem a competitividade das organizações no mercado, pois tem como foco gerenciar o processo produtivo em que as correções não demorem a serem feitas, e que erros não se repitam pelo mesmo motivo. Sendo assim, os clientes ficarão satisfeitos com os produtos, já que atenderão às suas necessidades.

Esses princípios, segundo Campos (1999) são:

- Produzir e fornecer bens e serviços que atendam a necessidade do cliente;
- Garantir a continuidade da instituição através do lucro contínuo;
- Identificar problemas mais críticos e solucioná-los com prioridade;
- Tomar decisões em cima de fatos e dados concretos e não com base em experiência;
- Gerenciar a empresa de forma preventiva com correção de ações durante a execução da produção para que não ocorra de forma tardia;
- Reduzir as dispersões através do isolamento de suas causas;
- Evitar a venda de produtos defeituosos;
- Prevenir a origem dos problemas;
- Nunca permitir que o problema se repita pela mesma causa;
- Respeitar os empregados;
- Deve haver execução da visão e estratégia dos administradores da empresa.

Conforme Ishikawa (1993), o controle de qualidade total não pode ser completo sem a total aceitação e enfoque por todos os trabalhadores. O regionalismo precisa ser derrubado dando lugar à livre comunicação.

Portanto, o termo Qualidade Total, é formado por várias ferramentas e programas aplicados na produção afim de garantir custos mais baixos e a melhor qualidade, tendo como fatores a qualidade do processo, melhoria contínua, bom relacionamento entre consumidor e distribuidor e a participação de todos os funcionários para a obtenção dos melhores resultados.

FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade foram estruturadas, principalmente, a partir dos anos 50, baseado em conceitos e práticas existentes. São métodos de alto valor utilizados nos processos e gerenciamento da qualidade, que permitem análises de fatos e dados estruturados para as escolhas de decisões com maior probabilidade de adequação a situação analisada para melhoria dos produtos, serviços e processos (MEIRA, 2003).

Assim, os instrumentos da qualidade entram em cena para potencializar as habilidades e competências do trabalho em grupo, disponibilizando métodos e técnicas para identificação das possíveis causas e a descoberta de soluções para o problema (LUCINDA, 2010).

Segundo Carpinetti (2016), as ferramentas básicas da qualidade são: Fluxograma, Brainstorming, Diagrama de causa e efeito ou Diagrama Ishikawa (Espinha de peixe), Cinco porquês, Folha de verificação, Diagrama de Pareto, Histograma, Diagrama de dispersão e Cartas de controle, além da matriz GUT, 5W2H, 5S e do ciclo PDCA.

PROGRAMA 5S

No final dos anos 60, como parte do esforço empreendido para reconstruir o país derrotado no pós-guerra, nasceu no Japão os senso 5S, contribuindo em conjunto com outros métodos como forma de se recuperar economicamente. A utilização do método 5S e a Qualidade Total foram os responsáveis pela recuperação das empresas japonesas no país. Apresentou índices de eficácia tão elevados que, até os dias atuais é considerado o principal instrumento de gestão da qualidade e da produtividade utilizado no Japão (MARSHALL, 2005).

Segundo Rebello (2005) o 5S tem dentre as suas funções a de transformar as atitudes humanas e os ambientes, o que proporciona total reorganização eliminando os materiais inúteis, ocasionando melhor qualidade de vida tanto fisicamente e mentalmente dos funcionários, diminuição de custos e desperdícios, como também do aumento da produtividade. As empresas japonesas consideram indispensável o uso do Programa 5S para a plena consolidação do gerenciamento pela Qualidade Total de seus empreendimentos.

No Brasil esta metodologia foi lançada formalmente em 1991 pela fundação Christiano Ottoni. Na implantação o plano 5S era iniciado pelos três primeiros “S” e posteriormente foram incorporados o quarto e o quinto, onde o ramo empresarial foi o pioneiro no país a adotar esta prática com a ideia de otimizar seus custos e com cortes de desperdícios, aumentando sua produtividade e maximizando seus lucros (SILVA, 2001).

Desse modo, a busca pela melhoria dos processos produtivos em qualquer organização visa maior produtividade, a confiabilidade e menores custos. A garantia do plano 5S depende do rigor e empenho, adaptado à real situação de cada empreendimento e de seus funcionários para alcançar resultados satisfatórios e duradouros (MORETT *et al.*, 2022).

Uma vez compreendidos e estudados os 5 senso, começam a surgir os benefícios, pois é uma ferramenta de qualidade comprovada, que objetiva melhor produtividade e desempenho. Ao introduzir esse método, gera-se os resultados planejados e obtêm-se um diferencial competitivo tornando a organização em destaque perante seus concorrentes e conseqüentemente a primeira opção dos clientes (LIMA; MARTINS, 2018).

Definições e características do programa 5S

O nome 5S provém de palavras em japonês que começam com “S”: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Antes de serem realizadas simplesmente traduções correntes de cada S para o português, foram realizados estudos para interpretar a verdadeira profundidade do programa (SILVA, 1994).

Conforme Rebello (2005), o 5S é um instrumento que possibilita a organização, mobilização e transformação da cultura de pessoas e organizações. Os 5S foram designados como “senso” não por conta do nome original do método, e sim porque representam melhor a ideia de

profunda mudança comportamental. Desta forma, adotou-se: senso de utilização (*Seiri*); senso de ordenação (*Seiton*); senso de limpeza (*Seiso*); senso de saúde (*Seiketsu*) e senso de auto-disciplina (*Shitsuke*).

Seiri: Senso de Utilização

No primeiro senso, é feita a identificação e separação de materiais necessários e não essenciais presentes no local de serviço. É descartar e eliminar de forma adequada o que não será aproveitado, dispor as ferramentas de trabalho em local apropriado para aumentar sua vida útil, deixando no local somente as ferramentas e materiais que vão ser usados no dia a dia e guardar o restante em um local adequado. (SILVA, 1994).

Segundo Ribeiro (2010), esse senso tem como finalidade o de combater o desperdício de materiais, a partir da correta utilização dos recursos disponíveis na empresa. Esse objetivo pode ser alcançado realizando algumas tarefas no dia a dia como: conferir todos os maquinários existentes no local, fazer sua retirada e deixar apenas o que vai ser utilizado; deixar os materiais usados com frequência próximos e os itens raramente usados em locais distantes; evitar deixar muitos objetos nas superfícies de trabalho, ou seja, deixando apenas o necessário no local; manter instalações e equipamentos com manutenção em dia evitando assim riscos ou prejuízos.

O desenvolver do senso de utilização implicará na eliminação do desperdício, disponibilidade de espaço físico, facilidade na localização dos materiais e ter ciência de todas as coisas que possui em seu local de trabalho.

Seiton: Senso de Organização

Trata-se de definir locais para armazenar as coisas partindo do seu nível de utilização, onde os itens mais utilizados estejam em melhor acesso, identificados e sinalizados para que sejam fáceis e rápidos de encontrar, ou caso os materiais terminem, para que sejam repostos. É pensar no layout da empresa (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

No senso *Seiton* o objetivo é tornar a segurança e a organização do ambiente uma cultura para aqueles que estão ali presentes. Essas metas são alcançadas por meio dos seguintes afazeres: determinar locais de armazenamento adequados para as ferramentas; armazenar as ferramentas de maneira acessível para localização visual; evite deixar objetos no chão ou em cima dos armários e, quando não forem semelhantes, procurar não os misturar; identificar e etiquetar objetos, prateleiras e locais de trabalhos para otimizar tempo e riscos para aqueles que estão na empresa ou utilizam os materiais e ferramentas (RIBEIRO, 2010).

Nessa fase de implantação, o local terá uma disposição sistemática dos objetos e dados, e uma excelente comunicação visual, agilizando o acesso aos mesmos e melhorar a fluidez das pessoas no local de trabalho.

Seiso: Senso de Limpeza

Colenghi (2003) e Silva (1994) afirmam que todos os funcionários são responsáveis pela limpeza de sua própria estação de trabalho, e é importante saber que melhor que limpar, é não sujar. Essa responsabilidade pela manutenção de um ambiente limpo, também se estende aos objetos e materiais de trabalho, o que garante a disponibilidade dos mesmos em bom estado de

conservação e uso.

Ribeiro (2010) argumenta que neste senso é imprescindível tornar hábito zelar das instalações e ferramentas por meio da seguinte maneira: cada funcionário deve ter a consciência que seu lugar de trabalho deve ser limpo e mantido por eles mesmos, pois mesmo tendo um responsável especializado pela limpeza, devem evitar sujar os locais de trabalho; toda que vez que sair de áreas comuns, deixá-las limpas e organizadas para que os outros possam utilizá-las; verificar lixeiras e outros recipientes de lixo, pois facilita a remoção de resíduos pela equipe de limpeza.

A implantação deste senso proporciona um ambiente de trabalho saudável e agradável; melhor relacionamento interpessoal e com o grupo, e assim reduz os desperdícios através da melhor conservação dos móveis, equipamentos e ferramentas.

Seiketsu: Senso de Saúde

Conforme Silva (1994) o *Seiketsu* refere-se à padronização do comportamento, valores e práticas favoráveis a saúde pessoal dos níveis físico, mental e emocional.

O autor descreve que o *Seiketsu* visa criar a prática de higiene e regularização do ambiente. Algumas tarefas podem ser realizadas para implantar essa cultura: discutir com os funcionários sobre regras de convivência que sejam de comum acordo; verificar a necessidade dos funcionários através de especialistas em saúde; identificar instalações, ferramentas e recursos conforme os padrões propostos pela empresa (RIBEIRO, 2010).

Esse senso busca a conservação de forma contínua e padronizada dos três primeiros “S”. Tem como objetivo a ética, pois aborda a saúde mental, de modo que o relacionamento entre as pessoas proporcione um ambiente saudável e de respeito mútuo.

Shitsuke – Senso de Autodisciplina

Este senso, Colenghi (2003) e Silva (1994) declaram que aprender e disciplinar as pessoas na aplicação da filosofia 5S, é quando o funcionário segue padrões técnicos, éticos e morais da organização, sem a exigência de controle externo. Esta última fase, tem a garantia da aplicação dos sentidos e representa o coroamento dos esforços persistentes de educar e treinar cada um, e levem em conta a complexidade do ser humano.

Ribeiro (2010) aponta que o senso *Shitsuke* tem como finalidade compreender a cultura da autodisciplina para vários fundamentos, como: regras, normas e procedimentos. Essa cultura foi conquistada por conta dos seguintes afazeres: independente do monitoramento, deve manter em dia o 5S; cumprir na data estabelecida todos os compromissos assumidos e na impossibilidade, fazer o contato o mais rápido possível com as pessoas afetadas para tentar contornar o atraso; independente das cobranças, cumprir acordos e normas estabelecidas.

Este senso é caracterizado pelo desenvolvimento mental, físico e moral para disciplina inteligente, que é respeitar a si próprio e aos outros. A disciplina é a prática que as pessoas façam a coisa certa, com naturalidade. Trata-se de erigir bons hábitos por meio da prática e da repetição.

Plano de implantação da metodologia 5S

Para começar a implementar o conceito 5S, Silva (1994) aponta que deverá se desenvolver um plano que não conflite com a cultura local e permita que haja adaptação às mudanças de forma harmoniosa, é fundamental conhecer sua realidade atual e então, partir dela para sua implantação.

Silva (1994) também destaca o mérito de não copiar um plano existente, pois cada empresa possui seu modelo de administração, sendo necessário conhecer o estilo de gestão vigente. Quando se trata de mudar hábitos, o resultado da implementação do programa é diretamente dependente das pessoas e, portanto, dos valores que praticam.

Conforme Martins (2014), é necessário algumas etapas para um resultado concreto do método 5S e este deve ser adequado ao dia a dia de cada empresa. A primeira etapa é reunir a equipe e enfatizar sobre o que é o 5S e a sua importância, ou seja, informar a equipe dos conceitos e garantir que todos se sintam parte do programa e estejam engajados no desenvolvimento do mesmo. O segundo passo a ser seguido é o planejamento do que deve ser feito na implantação, quando e por quem. Envolve também a decisão das áreas nas quais o 5S será implementando, definição de cada membro da equipe, planejamento do que deve ser alterado, como também os objetivos almejados. Ainda, em seguida é preciso suceder com treinamento de toda a equipe, para capacitar e saberem como agir em cada um dos 5 sensos. O quarto passo é o mais importante pois é a execução de tudo que foi programado e é quando tudo realmente acontece. No quinto passo, após realização do plano completo, será a certificação do time, reconhecendo o esforço e aprendizado de todos em tornar o ambiente de trabalho um local mais organizado, limpo e melhor de estar.

METODOLOGIA

Partindo do objetivo de desenvolver estratégias para implantação do programa 5S na empresa de estética automotiva, inicialmente foi realizada a pesquisa bibliográfica com base em materiais já publicados com o tema proposto. A partir disso, foi realizado o estudo de caso que consiste em analisar informações e coletar dados sobre um determinado indivíduo, grupo ou comunidade, a fim de realizar o estudo de diversos aspectos de acordo com o tema, podendo ser classificado como qualitativo e/ou quantitativo (PRODANOV E FREITAS, 2013).

A empresa objeto desse estudo é uma empresa do ramo de estética automotiva localizada no Estado do Paraná, no município de Marechal Cândido Rondon. Com aproximadamente dois anos no mercado, a empresa conta com atendimento de pinturas automotivas, polimentos técnicos e reparações. É uma empresa familiar composta pelo pai, filho e mais três colaboradores.

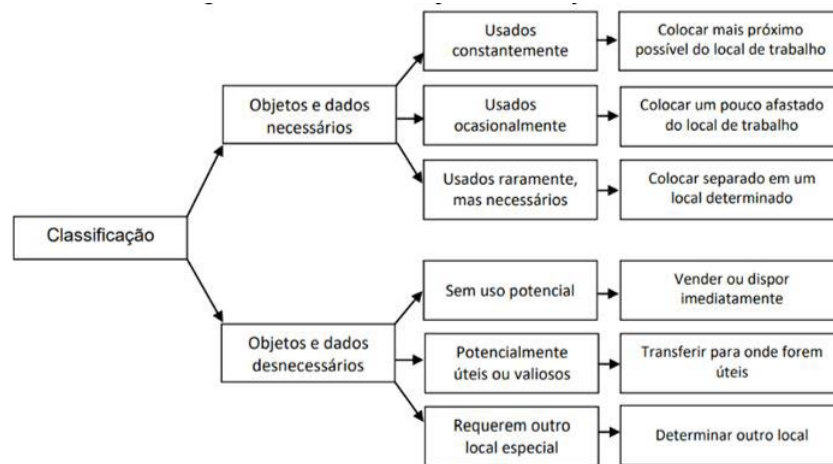
O levantamento dos dados ocorreu através de entrevista com os sócios da empresa. Desta forma, foi possível visualizar e diagnosticar a necessidade de melhorias nos diversos ambientes, assim como as deficiências na estrutura física e os problemas de ordem comportamental da organização, formular estratégias de ação, desenvolver essas estratégias e avaliar sua eficiência, ampliar a compreensão da nova situação e estabelecer uma metodologia para a implantação do programa.

Salienta-se ainda que os planos para o processo de implantação do programa 5S foram discutidos entre os sócios e demais colaboradores da empresa em estudo, pois, dessa forma, foi possível levar uma conscientização sobre o que é a ferramenta 5S, desenvolvendo o senso de utilização, de organização, e de limpeza nos ambientes de trabalho, como também a padronização das atividades e a criação do hábito diário do senso de autodisciplina na empresa.

Senso de Utilização

Para efetivação do primeiro senso, os colaboradores buscaram liberar os locais na área de trabalho, identificando os itens necessários e desnecessários e mantendo somente o que realmente precisa usar. Na Figura 1, descreve-se como efetivar a separação, a classificação e armazenagem dos itens.

Figura 1 - Classificação dos objetos e dados.



Fonte: Rossato et al. (2016).

Senso de Organização

No segundo senso, o de organização, foram organizados os setores dentro do espaço, estudando melhorias no layout da empresa. Determinou-se os locais devidos para cada ferramenta e material, padronizando as nomenclaturas para facilitar guardar ou estocar algum item. Desta forma, foram guardados os itens de acordo com a frequência de uso, conforme observa-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Frequência de uso e onde guardar.

Frequência de uso	Onde guardar
Toda hora	No local de trabalho
Todo dia	Próximo ao local de trabalho
Toda semana	Almoxarifado
Sem uso previsível	Em local fechado

Fonte: Rossato et al. (2016).

Senso de Limpeza

Para o terceiro senso, o de limpeza, realizou-se o momento específico da limpeza e avaliada quais etapas nos processos geram maior acúmulo de sujeira, para manter um foco maior

na limpeza.

Para se obter êxito ao colocar em prática o senso de limpeza e melhorar o ambiente de trabalho, ficando mais agradável e propício à saúde, foram listadas e executadas algumas atividades para o desenvolvimento do trabalho, como: estabelecimento de horários para que todos façam suas limpezas diárias, promoção da conscientização dos envolvidos para colaborarem com a limpeza do ambiente de trabalho e elaboração de listas para verificação de todos os pontos que mereçam atenção especial durante a limpeza.

Senso de Saúde

No quarto senso, o senso de saúde, foi feita uma padronização para manter os três primeiros sentidos diariamente, além de cuidar do corpo e da mente dos colaboradores, como também orientar sobre o uso correto de EPI's e armazenamento correto das ferramentas. Com isso, o ambiente de trabalho torna-se mais saudável.

Senso de Autodisciplina

Criou-se no último senso, o senso de autodisciplina, uma rotina para constantemente buscar a melhoria desejada. Realizaram-se auditorias periódicas de 5S, por meio de práticas para verificar e manter os benefícios do programa. O acompanhamento da implantação do programa deve ser feito por meio de uma planilha de avaliação (Quadro 2).

Quadro 2 - Planilha de avaliação.

ORGANIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO	Peso:
	Máximo de pontos:
Existem materiais e equipamentos utilizados em situações de rotina espalhadas pelo chão, mesas ou pela área? Objetos de usos pessoal são guardados em local específico?	
Para todos os materiais e equipamentos existe local apropriado e definido para armazenagem?	
Existe identificação de áreas, salas, equipamentos, armários ou gavetas, equipamentos de emergência etc.?	
Mesas e armários estão em ordem durante e após a realização das atividades?	
A quantidade de armários, prateleiras, cadeiras, coletores de lixo está adequada à necessidade?	
Existem tubulações não protegidas, fios exposto ou material fora do local dificultando a passagem e possibilitando acidentes?	

Fonte: Rossato et al. (2016).

Em continuidade com o processo de implantação do programa 5S na empresa será disponibilizado ainda aos colaboradores um plano de melhorias, conforme pode ser visualizado no Quadro 3. O propósito desse plano de melhorias é criar uma forma de instigar os colaboradores a se comprometerem com a empresa, assim todos terão a oportunidade de contribuir para a implantação do programa. Essa ferramenta, o 5W2H, foi utilizada no mapeamento e padronização de processos, na elaboração de planos de ação e no estabelecimento de procedimentos associados a indicadores. Recebeu esse nome devido à primeira letra das palavras inglesas: why (por que), what (o que), where (onde), when (quando), who (quem), how (como) e how much (quanto custa) (MARSHALL, 2005).

Quadro 3 - Plano de melhorias.

PLANO DE MELHORIAS						
Melhoria:						
Responsável:						
O QUE?	POR QUE?	ONDE?	QUEM?	QUANDO?	COMO?	QUANTO?

Fonte: Rossato et al. (2016).

Após realizar uma auditoria, foram levantados todos os pontos positivos e negativos para realizar possíveis ajustes nos procedimentos de aplicação do programa 5S.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa 5S foi aplicado em todas as áreas do setor, onde inicialmente foi realizado um treinamento com todos os colaboradores sobre a metodologia a ser implantada. Todos foram instruídos sobre os 5 sentidos: utilização, organização, limpeza, saúde e autodisciplina, de modo a torná-los familiarizados com os passos e se habituarem com as mudanças.

Para o sentido de utilização, identificaram-se os itens necessários e desnecessários, mantendo apenas o que realmente tinha necessidade de uso.

A partir do descarte dos itens desnecessários, passou-se para o sentido de organização dos espaços. Na Figura 2 é possível observar a bancada, onde as ferramentas estavam dispostas de maneira irregular e bagunçadas. Com a separação dos itens de peças miúdas como porca, arruelas, parafusos e demais ferramentas, elas foram identificadas e dispostas em recipientes adequados.

Figura 2 - Disposição das ferramentas antes e depois.



Fonte: Autoria própria (2023).

As ferramentas não tinham um local adequado para armazenamento, ficavam jogadas pelo chão, expostas ao tempo e deterioração. A partir disso, foi elaborado um painel com padronização visual para apoiá-las adequadamente.

No setor de preparação de peças, as mesas estavam desorganizadas com os produtos e objetos jogados de qualquer maneira, caixas de papelão sem uso, plásticos e outros materiais espalhados no espaço. Após a organização, foi possível dispor somente os materiais necessá-

rios para esse setor e ter espaço livre nas mesas (Figura 3).

Figura 3 - Mesas de preparação de peças antes e depois.



Fonte: Autoria própria (2023).

No armário de tintas, conforme a Figura 4, todas estavam misturadas por tipo, cor, latas cheias e vazias, vencidas ou não. Também havia uma mesa onde as latas e materiais utilizados ficavam de forma bagunçada. Foram separadas as latas vazias e vencidas e destinadas ao descarte, as latas em uso foram empilhadas e separadas por cor. Posteriormente, foi feita a identificação de cada prateleira e feito um suporte adequado para as pistolas de pintura.

Figura 4 - Pannel de tintas antes e depois.



Fonte: Autoria própria (2023).

No espaço do polimento, o carrinho era desorganizado com todos os materiais dispostos de maneira bagunçada e sem espaço definido para cada material. Também havia cadeiras velhas sem uso e abandonadas, fios de energia e mangueiras de ar jogados pelo chão, máquinas sem utilização e os funcionários utilizavam o espaço para deixar as motocicletas e objetos pessoais (Figura 5). Após a aplicação do 5S, todos os produtos foram guardados no armário e somente deixado na parte superior os de uso diário. As boinas ficaram em espaço exclusivo para elas e os demais materiais sem uso foram descartados ou levados para outro espaço adequado.

Figura 5 - Carrinho de polimento antes e depois.



Fonte: Autoria própria (2023).

O escritório, como visto na Figura 6, estava servindo de depósito para peças de carros e estava totalmente desorganizado. Após a arrumação foi possível colocar os materiais de escritório devidamente em seus lugares, facilitando a limpeza e o acesso ao local.

Figura 6 - Escritório antes e depois.



Fonte: Autoria própria (2023).

Os benefícios adquiridos com a execução dos dois primeiros sentidos foram a retirada de materiais sem uso, a diminuição de recursos não aproveitados, diminuição do tempo de busca das ferramentas e um melhor aspecto visual do local. Fora os sócios proprietários do local, os colaboradores adquiriram o compromisso de tornar mais agradável e seguro seu local de trabalho para o desenvolvimento de suas atividades.

Ao aplicar o senso de limpeza, os funcionários puderam notar que, ao manter um local de trabalho sem sujeira e organizado, traz um conforto pessoal, melhora a estética corporativa e tem um efeito positivo nos clientes. Além disso, para manter os postos de trabalho organizados, os trabalhadores foram orientados a sempre que encerrassem as atividades, guardar as ferramentas em seus devidos lugares e retirar o lixo descartando-o nos locais corretos.

No quarto senso, cuidou-se da saúde e segurança dos colaboradores para tentar manter saudável o ambiente de trabalho. Foram adquiridos extintores de incêndio, instalando-os em lugares estratégicos, reduzindo o risco de acidentes. Foi reforçado a importância do uso dos EPI'S para maior segurança de todos. Além disso, as práticas de higiene nos banheiros e áreas comuns foram estabelecidas como parte do senso de saúde.

O último senso, de autodisciplina, procurou-se criar uma rotina com todos os colaboradores para melhorar cada vez mais e sustentar os princípios estabelecidos pelo 5S, tentando manter uma cultura de qualidade na empresa. Utilizou-se de auditorias periódicas dos 5S, em que os representantes farão uma vez por mês uma vistoria, verificando e mantendo os benefícios do programa. Para isso, foi utilizada a planilha apresentada no método, na etapa do senso de autodisciplina (Quadro 2).

Após implantar todos os procedimentos planejados, realizou-se uma auditoria, em que foram listados os pontos positivos e negativos junto com os colaboradores para realizar possíveis ajustes nos procedimentos de aplicação do programa 5S.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe um mercado cada vez mais exigente no cenário atual e uma concorrência cada vez mais acirrada, o que tem levado as organizações a realizarem grandes esforços, visando garantir a competitividade de seus negócios, buscando programas capazes de reduzir custos,

melhorar a produtividade, aumentar a flexibilidade, diminuir o tempo de ciclo e acima de tudo melhorar a qualidade dos produtos e serviços. Assim, neste novo contexto organizacional, o sistema de gestão da qualidade é baseado no programa 5S.

A implantação do programa 5S foi de extrema importância para os sócios proprietários da empresa, objeto desse estudo, e também para os demais colaboradores. Através dele, várias mudanças foram constatadas na empresa e as principais foram a redução no tempo de procura de ferramentas, materiais e tintas. Além disso, também proporcionou uma melhor aparência para o local e para a visão dos clientes, tornou-o mais agradável e seguro também.

Em decorrência do estudo, observou-se que a implantação da metodologia 5S pode trazer grandes benefícios para qualquer área dentro de uma organização, melhorando a produtividade e eficiência dos processos, já que envolve não só o processo em si, mas o desenvolvimento pessoal e o comprometimento dos colaboradores, criando hábitos de limpeza, organização e melhoria contínua. Com isso, também, a organização alcança uma maior consolidação no mercado competidor e atributos de desempenho que sejam satisfatórios nesse mercado.

Foi possível compreender que o programa 5S é uma ferramenta de gestão de suma importância para que empresas que almejam crescer e se consolidar no mercado mantendo elevados padrões de competitividade para que possam atingir tais objetivos.

No entanto, a implementação do método 5S em uma empresa tem suas dificuldades, pois está diretamente relacionada à mudança de hábito e à forma como todos os colaboradores devem olhar para o seu ambiente de trabalho. É necessário que cada um tenha uma visão completa do processo incluindo todo o ambiente da empresa.

Acredita-se por fim que outros trabalhos possam ser desenvolvidos visando contribuir com novas discussões, ampliar a aplicação do programa em outras áreas e trazer novos métodos que possam auxiliar no desempenho das atividades dos colaboradores.

REFERÊNCIAS

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. Gestão de qualidade, produção e operações. São Paulo: Atlas, 2010.

CAMPOS, V. F. TQC – Controle de qualidade total no estilo japonês. 8^a ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CAMPOS, V. F. O verdadeiro poder. 2^a ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2009.

CARPINETTI, L. C. R.. Gestão da qualidade ISO 9001:2015: requisitos e integração com a ISO 14001: 2015. 1^a ed. São Paulo: Atlas 2016.

COLENGHI, V. M. O&M e qualidade total: uma interpretação perfeita. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

DEMO, G. *et al.* Marketing de Relacionamento (CRM): estado da arte, revisão bibliométrica da produção nacional de primeira linha, institucionalização da pesquisa no Brasil e agenda de pesquisa. RAM - Rev. Adm. Mackenzie. São Paulo, v. 16, n. 5, p. 127-160, 2015.

DUARTE, F.; DUARTE, L. C. S.; ECKHARDT, M. Métodos para quantificar os resultados das auditorias do programa 5S. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 23.

Anais. Salvador, 2013.

GARVIN, D. A. Gerenciando da Qualidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

ISHIKAWA, K. Controle de qualidade total à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

LIMA, P. R. B. de; MARTINS, V. W. B. Sistema lean para otimização de recursos em uma indústria moveleira: estudo de caso com foco nas ferramentas da produção enxuta. Revista Gestão Industrial, v. 13, n. 3, 2018.

LUCINDA, M. A. Qualidade: fundamentos e práticas para curso de graduação. 3ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MARSHALL, I. J. Gestão da Qualidade. 5ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da produção. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MARTINS, C. A. Proposta de implementação da ferramenta 5S em empresa de tampografia e serigrafia: um estudo de caso. Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2014.

MEIRA, R. C. As ferramentas para a melhoria da qualidade. 2ª ed. Porto Alegre: SEBRAE, 2003.

MORETT, A. J.; COSTA, M. A. L.; SANTOS, M. P.; LAVINSKY, M. O.; DOS SANTOS, S. C. Uso do programa 5S como estratégia mercadológica: Use of the 5S program as a marketing strategy. Brazilian Journal of Business, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 1405–1413, 2022.

OAKLANK, J.S. Gerenciamento da Qualidade Total: o caminho para aperfeiçoar o desempenho. São Paulo: Nobel, 1994.

REBELLO, M.A.F.R. Implantação do Programa 5S para a Conquista de Um Ambiente de Qualidade na Biblioteca do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, v. 3, n. 1, p.165-182, 2005.

RIBEIRO, H. 5S: Um roteiro para uma implantação bem-sucedida. 1ª ed. Salvador: Casa da Qualidade, 1994.

RIBEIRO, H. Guia de Implantação do 5S. São Caetano do Sul: PDCA Ed, 2010.

ROSSATO, F.; BOLIGON, J. A. R.; MEDEIROS, F. S. B. M. Estratégias para a implantação do programa 5S em uma cooperativa. Latin American Journal of Business Management, v.7, n.2, p.27-49, 2016.

SILVA, J. M. 5s: o ambiente da qualidade. 2ª ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1994.

SILVA, J. M.. 5S: Um programa passageiro ou permanente?. In: ENEGEP, Anais. 2001.



Manutenção preditiva: otimizando os processos e reduzindo custos de produção na linha de queijo fatiado

Predictive maintenance: optimizing processes and reducing production costs in the sliced cheese line

Vanderlei Gorzelanski

Acadêmico do Curso Engenharia de Produção - Faculdade ISEPE/RONDON

Vanessa Seefeld

Professora Orientadora da Faculdade ISEPE/RONDON.

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.20

RESUMO

Nos últimos anos, as atividades de manutenção sofreram inúmeras mudanças, as quais são decorrentes do crescimento exponencial do número e da diversidade de instalações, equipamentos e/ou sistemas que demandam serviços de manutenção. A manutenção preditiva proporciona o monitoramento em tempo real dos equipamentos, conferindo informações e observações quantitativas sobre sua real condição. Objetivou-se com o estudo, aplicar os conceitos e técnicas da manutenção preditiva na linha de produção de queijo fatiado, reduzindo os custos de produção e prolongando a vida útil do equipamento. Para tanto, realizou-se um estudo de caso, em um laticínio privado localizado na região Oeste do Paraná, com enfoque para o equipamento Fatiadeira Weber modelo CCS 405. Aplicou-se diariamente um *check-list*, por um período de quatro meses, o qual contou com uma lista de observações referentes ao funcionamento e integridade do equipamento. Também foram realizadas diariamente análises de termografia, utilizando o Termovisor Pontual Flir E6 Wifi. Mensalmente realizou-se análises de vibração do equipamento, por empresa terceirizada no ramo de serviços de manutenção industrial, mediante utilização da plataforma SKF College. Os dados foram coletados, organizados, tabulados em planilhas do Excel e submetidos a análise descritiva com base na porcentagem média. Com a realização desse estudo, foi possível elucidar que a estratégia de manutenção contínua dos equipamentos, auxilia na tomada de decisões, bem como viabiliza a previsibilidade de falhas, as quais podem ser evitadas de maneira precoce, minimizando danos maiores ao processo produtivo e reduzindo os custos com manutenção.

Palavras-chave: sistemas. produção. queijo. análise. processo produtivo.

INTRODUÇÃO

No âmbito do setor industrial, nota-se uma crescente competitividade nos dias atuais, sendo perceptível uma maior exigência por parte dos consumidores frente a oferta de produtos com maior qualidade, menores preços e agilidade nos prazos de entrega. Além disso, de acordo com Zyrianoff *et al.* (2021), a permanência das organizações no mercado depende diretamente da sua capacidade em incorporar ferramentas que busquem maximizar seus processos de forma contínua. Dessa forma, é de suma importância que as empresas implantem métodos de gerenciamento, que viabilizem o aumento da produtividade, mediante a qualidade de seus produtos, serviços e processos.

A manutenção apresenta um papel de extrema importância em todas as áreas da indústria, visto que, a mesma deixou de ser associada a custos e passou a ser implementada como rotina no dia a dia das empresas. Dessa forma, frente a tamanha relevância que a manutenção industrial passou a representar, ao longo do tempo foram desenvolvidas inúmeras técnicas de gestão da manutenção, com maneiras de aplicação objetivas, precisas e eficientes (MARQUES; BRITO, 2019).

Nos últimos anos, as atividades de manutenção sofreram inúmeras mudanças, as quais são decorrentes do crescimento exponencial do número e da diversidade de instalações, equipamentos e/ou sistemas que demandam serviços de manutenção. Além do mais, evidencia-se uma maior complexidade dos projetos, o que viabilizou a geração de novas técnicas, novos objetivos e enfoques no âmbito da manutenção, intensificando a importância de sua realização dentro do

setor empresarial e industrial (GAZEL *et al.*, 2014)

Partindo do exposto, as áreas que envolvem a manutenção apresentam grande responsabilidade nos custos atribuídos ao produto final, tendo em vista que, é essencial que os equipamentos que compõem as linhas de produção sejam confiáveis. Ademais, a manutenção deve englobar métodos e ferramentas que identifiquem e diagnostiquem precocemente falhas nos sistemas de produção, a fim de possibilitar sua correção antecipadamente, evitando paradas inesperadas, elevações nos custos de produção, bem como atrasos e perdas de produtividade e rendimento (QUADROS, *et al.*, 2011).

De maneira geral, os processos de manutenção devem incluir ações estratégicas, que objetivem o tratamento de falhas, investigação de gargalos e causas, além de permitir o estabelecimento de medidas para minimizar a reincidências de tais falhas, visando maximizar a qualidade dos produtos (CUSTODIO, 2020). As principais técnicas de manutenção são: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva, além de outras técnicas que podem ser empregadas, como a manutenção detectiva e engenharia de manutenção (LIMA; MIRANDA, 2017).

A manutenção corretiva é aquela aplicada em sistemas operacionais, máquinas e/ou equipamentos que estejam em condições de falha ou danos. Caracteriza-se por ser efetuada após a ocorrência de problemas de funcionamento (SILVA, 2016). Já a manutenção preventiva é aquela efetuada em períodos pré-estabelecidos ou de acordo com as necessidades e critérios especificados em manuais de fabricação dos equipamentos. Tem por objetivo evitar paradas não programadas que possam interferir no desempenho da linha de produção (SIEBRA, 2018).

Segundo Quadros *et al.* (2011), as técnicas de manutenção preditiva portam-se como uma das ferramentas mais eficientes na identificação e controle de falhas nos sistemas produtivos, uma vez que, objetiva o monitoramento de parâmetros dos equipamentos durante seu funcionamento nas linhas de produção, permitindo identificar possíveis anomalias e controlar sua evolução, a fim de reduzir os gastos inesperados e prolongar a vida útil do maquinário. São empregadas técnicas como: termografia, análise de lubrificantes, análise de vibrações, análise de ruídos, ferrografia e entre outras (SILVA, 2016).

A manutenção preditiva apresenta-se como uma grande evolução para os usuários de equipamentos elétricos, por proporcionar o monitoramento em tempo real, conferindo informações e observações quantitativas sobre os equipamentos e seus componentes (COSTA, 2018). De acordo com Marques e Brito (2019), os procedimentos de monitoramento direto, fornecidos pelas técnicas da manutenção preditiva, são a forma mais eficiente e de menor custo como estratégia de manutenção, especialmente no âmbito industrial, onde o custo com falhas é muito grande, tanto para operações corretivas quanto para falhas na produção.

Ademais, conforme Souza *et al.* (2022), a manutenção preditiva viabiliza prever o verdadeiro estado dos componentes, possibilitando identificar quando irão apresentar falhas, fornecendo uma boa margem de confiabilidade. Os autores também abordam, que a incorporação das técnicas de manutenção preditiva, visam evitar as falhas no processo de produção e não as corrigir, por este motivo que se faz necessário o acompanhamento e o treinamento para a identificação de tais anormalidades.

Dessa forma, mediante implantação da manutenção preditiva, a necessidade de serviços

de manutenção é reduzida, eliminando a chance desmontagem desnecessária dos equipamentos, otimizando o tempo de vida e a disponibilidade do maquinário nas linhas de produção, além de diminuir as paradas emergenciais, maximizando o aproveitamento da produção e a confiança no desempenho dos equipamentos (SANTOS, *et al.*, 2018).

É possível por meio da aplicação da manutenção preditiva agilizar e intensificar os sistemas de produção, haja vista que, por meio da observação de indicadores, as irregularidades são identificadas de maneira precoce, o que propicia a correção das mesmas de forma imediata, reduzindo os custos e os impactos ao processo produtivo. Tendo em vista que, os custos com manutenção apresentam-se como uma parcela importante dos custos operacionais de uma empresa, os quais podem variar de 15% até 60% dos custos de produção (SANTOS, 2019).

Com base no exposto, os impactos das paradas emergências nas linhas de produção e nos processos produtivos, a incorporação de práticas de manutenção que objetivem minimizar e/ou evitar tais ocorrências, são de suma importância para reduzir os custos de produção, bem como para elevar a eficácia dos serviços. Dessa forma, dentro do campo da manutenção, a inserção de revisões e inspeções preditivas aos equipamentos, maquinários e sistemas, porta-se como uma ferramenta de grande importância para salientar os benefícios da manutenção preditiva no dia a dia das organizações, além de demonstrar suas vantagens frente às técnicas de manutenção tradicionais, como a manutenção preventiva e corretiva, as quais são comumente aplicadas no setor industrial.

O estudo em questão, objetivou aplicar os conceitos e técnicas da manutenção preditiva na linha de produção de queijo fatiado, com enfoque para a manutenção do equipamento Fatiadeira Weber (Modelo CCS 405), reduzindo os custos de produção e prolongando a vida útil do equipamento, em laticínio privado localizado no município de Marechal Cândido Rondon, na região Oeste do estado do Paraná.

MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Neste tópico serão abordados conceitos em torno das técnicas de manutenção, englobando sua importância para o setor industrial, como estratégia para maximização da produtividade e lucratividade, bem como será realizada uma breve apresentação em torno dos tipos de manutenção, com enfoque para as técnicas de manutenção preditiva, como: termografia e análise de vibrações.

Definição e tipos de manutenção

De acordo com Vicente *et al.* (2021), define-se por manutenção o conjunto de recursos e atividades aplicados aos equipamentos e/ou sistemas, com o objetivo de garantir a funcionalidade dos maquinários, assegurando os parâmetros de disponibilidade, qualidade, prazos e vida útil. Além do mais, as técnicas de manutenção visam que o equipamento atinja seu melhor desempenho produtivo, que atenda às demandas do mercado e que promova segurança de trabalho aos seus manipuladores (MARCORIN; LIMA, 2003).

Portanto, a importância da manutenção industrial é evitar a degradação e o desgaste natural dos equipamentos, suas peças e seus componentes, sendo que tais danos acarretam em

mau funcionamento e em gastos indesejáveis (MARQUES; BRITO, 2019). Ademais, Nogueira *et al.* (2012), ressaltam que a manutenção quando bem aplicada e estruturada, apresenta-se como fonte de lucro no setor industrial e porta-se como um diferencial competitivo no mercado, o que é justificado pelo papel vital da manutenção nos processos de produção, impedindo a ocorrência de paradas inesperadas ou não programadas.

Atualmente, existem diferentes tipos de manutenção, que de acordo com Vicente *et al.* (2021), apresentam-se como formas diversificadas de intervenção aos instrumentos e equipamentos de produção, as quais são classificadas como: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

A manutenção corretiva é aquela aplicada em sistemas operacionais, máquinas e/ou equipamentos que estejam em condições de falha ou danos. Caracteriza-se por ser efetuada após a ocorrência de problemas de funcionamento, com o intuito de minimizar as consequências mais graves aos processos produtivos, além de tratar-se de uma intervenção aleatória e não programada, uma vez que, os equipamentos e instalações devem trabalhar até manifestarem o dano (SILVA, 2016). A manutenção corretiva possui um custo menor, no entanto, sua aplicação pode acarretar em elevação dos custos de produção, devido a indisponibilidade do equipamento e conseqüentemente perda de produtividade (VICENTE, *et al.*, 2021).

Já a manutenção preventiva é aquela efetuada em períodos pré-estabelecidos ou de acordo com as necessidades e critérios especificados em manuais de fabricação dos equipamentos. Tem por objetivo evitar paradas não programadas que possam interferir no desempenho da linha de produção (SIEBRA, 2018). Segundo Donato (2014), a manutenção preventiva, diferentemente da corretiva, tem por objetivo evitar a falha, sendo aplicada em equipamentos que não estejam apresentando danos e/ou falhas, ou seja, que se apresentam em perfeitas condições de operação. Esta manutenção minimiza as chances de falhas, viabilizando segurança operacional e um bom andamento das atividades de produção (CUSTODIO, 2020). Fonseca *et al.* (2016), abordam que a manutenção preventiva requer investimentos e políticas de medidas preventivas, mas seus benefícios são notórios, sendo o principal deles evitar os custos decorrentes da indisponibilidade dos equipamentos e as paradas nas linhas de produção.

A manutenção preditiva, por sua vez, é todo o trabalho de monitoramento e acompanhamento das condições do maquinário e de seus parâmetros operacionais (SILVA, 2016). Utiliza-se, neste tipo de manutenção, o monitoramento constante dos equipamentos, a fim de analisar seu desempenho, buscando identificar precocemente a ocorrência de falhas, dessa forma, tem como vantagem a intervenção prévia, aproveitamento ao máximo o equipamento, viabilizando que os mesmos operem por mais tempo, proporcionando a redução de falhas, que podem acarretar em perdas de produtividade (VICENTE, *et al.*, 2021).

A manutenção preditiva é considerada a mais cara, haja vista que, requer um monitoramento apurado dos parâmetros que predizem sobre o estado de funcionamento dos equipamentos, contudo, possibilita a programação das intervenções quando houver um menor impacto na produção. As principais técnicas de manutenção preditiva são: termografia, análise de lubrificantes, análise de ruídos, análise de vibrações, ferrografia, dentre outras (FONSECA, *et al.*, 2016; MARQUES; BRITO, 2019; VICENTE, *et al.*, 2021).

Termografia

A termografia apresenta-se como uma técnica de manutenção preditiva, sendo conceituada como um método de aquisição e análise de informações térmicas, as quais são obtidas por meio de equipamento de mensuração sem contato direto, com objetivo de revelar informações relativas à condição operacional de um componente, equipamento ou processo (CABRAL, *et al.*, 2010). Ainda, pode ser definida como uma técnica não destrutiva que por meio de um termograma é capaz de apresentar variações de temperatura em um determinado equipamento, as quais são obtidas por um sistema de câmeras eficiente em detectar raios infravermelhos, uma vez que, as diferenças de temperatura irão formar um contraste visual na imagem (COSTA, 2010).

De acordo com Cabral *et al.* (2010), o infravermelho trata-se de uma frequência eletromagnética, emitida de maneira natural por qualquer corpo, sendo que sua intensidade é relativa à sua temperatura, dessa forma, as emissões de infravermelho são irradiações visuais que produzem imagens térmicas chamadas de termogramas. Dessa forma, mediante utilização de um termovisor, são localizadas as regiões quentes e/ou frias, com recursos que proporcionam identificar faixas de temperatura de -20°C a 1.500°C (MLYNARCZUK, 2018).

A termografia apresenta aplicação em diversos setores, uma vez que, em qualquer sistema de manutenção porta-se como uma técnica de inspeção eficiente e de boa aplicabilidade, haja vista que, permite a realização de mensurações sem o contato físico com os equipamentos, garantindo maior segurança, viabiliza a verificação do maquinário em pleno funcionamento, sem interferir na produção, além de apresentar um alto rendimento, tendo a capacidade de inspecionar grandes superfícies em um menor período de tempo (COSTA, 2010; CABRAL, 2010).

Análise de vibrações

A análise de vibração no âmbito da manutenção preditiva consiste no estudo do comportamento vibratório do maquinário, é importante ressaltar que a análise de vibração não é capaz de desencadear a reparação das falhas, mas indica a possível causa da vibração e suas consequências para a operação (FILHO, 2013).

Marques e Brito (2019), abordam que inúmeros problemas nas linhas de produção podem ser diagnosticados por meio da análise de vibrações, desde os mais simples, como: desalinhamento, desbalanceamento, folgas e falhas de rolamentos, como os mais complexos: danos em engrenagens, eixo empenado, cavitação em bombas, alteração de compressores, problemas elétricos e dentro outros. Dessa forma, os autores salientam, que é necessário a utilização de softwares próprios para a transcrição de dados de vibração, os quais são analisados e convertidos em informações sobre a condição operacional do maquinário, por meio de espectros de frequência (LABRE, 2019).

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo, foi realizada uma pesquisa aplicada e descritiva, de caráter exploratório, por meio de observações, levantamentos e registro de dados. Para tanto, realizou-se um estudo de caso, em um laticínio privado localizado no município de Marechal Cândido Rondon, na região Oeste do estado do Paraná, o qual recebe diariamente uma média

de 500 mil litros de leite.

Dessa forma, foram aplicados os conceitos e técnicas da manutenção preditiva na linha de produção de queijo fatiado, com enfoque para a manutenção do equipamento Fatiadeira Weber modelo CCS 405, visando reduzir os custos de produção e prolongar a vida útil do equipamento. Para tanto, aplicou-se diariamente um *check-list*, antes do início da produção, por um período de quatro meses (dezembro de 2022 e janeiro, fevereiro e março de 2023), o qual contou com uma lista de observações referentes ao funcionamento e integridade do equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, as quais foram verificadas, a fim de minimizar as paradas emergenciais, bem como auxiliar no processo de identificação de possíveis falhas mediante aplicação das técnicas da manutenção preditiva.

De acordo com Jacudi e Ferreira (2019), o *check-list* apresenta-se como uma relevante estratégia para o cumprimento de demandas, sendo considerado uma lista de verificação baseada em ações que já foram ou precisam ser realizadas. Além do mais, suas funções são variadas e suas vantagens refletem em produtividade, maximização dos processos produtivos na empresa, como também se trata de um documento que apresenta custo “zero” (SANTOS, 2011).

O *check-list* foi aplicado todos os dias, e as informações foram preenchidas pelo responsável técnico, a fim de verificar a real situação das condições do equipamento (Quadro 1), atribuindo observações de acordo com a análise dos itens determinados, além da presença ou ausência de alterações no equipamento e seus componentes, como se segue:

Condição do equipamento:

A: Adequada, condição de funcionamento operante e dentro do padrão desejável, não possuindo irregularidades ou alterações;

I: Irregular, indica que a condição de funcionamento ainda é operante, no entanto, está fora do padrão estabelecido, com presença de irregularidades e alterações, necessita de atenção e aplicação de medidas de manutenção.

Quadro 1 - Check-list - Manutenção Preditiva Fatiadeira Weber CCS 405.

Check-list diário - Manutenção Preditiva Fatiadeira Weber CCS 405						
EQUIPAMENTO: _____						
OPERADOR TÉCNICO: _____						
DATA: _____						
ITENS	FUNÇÃO	HORÁRIO	TERMOGRAFIA °C	CONDIÇÃO		OBSERVAÇÕES
				A	I	
Condições da lâmina de corte	Garantir qualidade do corte e produtividade					
Condições das cintas e correia de transporte	Viabilizar o movimento correto das porções					
Limpeza dos rolos de plástico e eixos	Garantir o movimento correto das porções					
Margem de corte	Garantir o alinhamento das porções					
Lubrificação do cabeçote	Permitir a lubrificação adequada					

Parafusos de fixação da lâmina	Permitir o alinhamento correto da lâmina					
Inspeção do sistema pneumático	Permitir o posicionamento correto					
Teste de acionamentos	Garantia de operação					

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Também foram realizadas diariamente análises de termografia, mediante avaliação da temperatura da Fatiadeira Weber CCS 405, por meio da emissão de energia infravermelha, utilizando o Termovisor Pontual Flir E6 Wifi, com o intuito de determinar a condição real de operação através de variações de temperatura do equipamento, haja vista que, foram consideradas normais temperaturas dentro da faixa de 90 a 100 °C.

Ademais, mensalmente realizou-se análises de vibração do equipamento, por empresa terceirizada no ramo de serviços de manutenção industrial, mediante utilização da plataforma SKF College, com fornecimento de relatórios com representação visual de cada componente de frequência gerado, além de dados para avaliação da condição de funcionamento da Fatiadeira Weber CCS 405, tendo como base a análise de vibrações.

Os dados foram coletados, organizados, tabulados em planilhas do Excel e submetidos a análise descritiva com base na porcentagem média. A avaliação do impacto da incorporação das técnicas de manutenção preditiva na linha de produção de queijo fatiado foi analisado considerando-se a redução de custos com manutenção, o aumento da produção de queijo fatiado pela Fatiadeira Weber CCS 405 e pelo prolongamento da vida útil do equipamento. As porcentagens médias foram calculadas no programa Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No período de quatro meses, foram realizadas 616 avaliações em torno da condição de funcionamento do equipamento Fatiadeira Weber CCS 405 na linha de produção de queijo fatiado, por meio de aplicação de um *check-list* diário. Dessa forma, foi possível observar que no período estudado, 7,30% das avaliações apresentaram irregularidades de funcionamento e, já 92,69% das avaliações encontravam-se com ausência de irregularidades (Tabela 1).

Tabela 1 - Total de avaliações realizadas no equipamento Fatiadeira Weber CCS 405 e total de irregularidades e ausência de irregularidades evidenciadas no período de quatro meses.

	Condição do equipamento	
	Total	Percentual (%)
Nº de avaliações realizadas	616	100%
Nº de irregularidades	45	7,30%
Nº de ausência de irregularidades	571	92,69%

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A implantação de métodos de manutenção preditiva nos setores industriais, permite por meio da coleta de dados, monitoramento e inspeções, inferir sobre as condições de funcionamento de equipamentos e maquinários, sendo possível prever a necessidade de paradas nas

linhas produção, como também a possibilidade de troca de peças ou implantação de medidas corretivas. Assim, nota-se que a manutenção preditiva potencializa a confiabilidade da produção (SILVA; NASCIMENTO, 2020). O que corrobora com as avaliações realizadas nesse estudo, uma vez que, as mesmas objetivaram reduzir as paradas emergências no funcionamento da linha de produção de queijo fatiado, através do monitoramento contínuo do equipamento.

De maneira semelhante, Marcorin e Lima (2003), discorrem que as técnicas de manutenção devem ser incorporadas como função estratégica para a obtenção de maiores resultados, além de ser direcionada ao suporte e gerenciamento de problemas encontrados nas linhas de produção, fazendo com que as empresas maximizem a produtividade e entreguem produtos de maior qualidade ao mercado consumidor.

Ademais, sabe-se que a implantação de protocolos de manutenção preditiva destaca-se pelo fato de serem técnicas que fornecem informações precisas sobre o real estado dos equipamentos, permitindo a identificação de degradações e até mesmo o melhor momento para a aplicação de intervenções (LIMA; MIRANDA, 2017). O que vai de encontro com os dados levantados por meio do *check-list* aplicado nesse estudo, o qual possibilitou a avaliação de itens individuais referentes à condição do equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, como: estado da lâmina de corte; condição de cintas e correias; limpeza de rolos de plástico e eixos; margem de corte; lubrificação do cabeçote; condição de parafusos de fixação da lâmina; inspeção do sistema pneumático e teste de acionamentos.

A Tabela 02 apresenta o percentual de irregularidades e ausência de irregularidades de cada item avaliado no *check-list*. Nota-se que a condição da lâmina de corte e a limpeza dos rolos plásticos e eixos da Fatiadeira Weber CCS 405, apresentaram o maior percentual de irregularidades com 22,07% e 9,09%, respectivamente.

Tabela 2 - Condição de funcionamento da Fatiadeira Weber CCS 405, no período de quatro meses de acordo com os itens avaliados no check-list. Total de irregularidades e ausência de irregularidades.

Itens avaliados	Condição dos itens avaliados (%)	
	Irregularidades	Ausência de irregularidades
Lâmina de corte	17 (22,07%)	60 (77,92%)
Cintas e correias de transporte	5 (6,49%)	72 (93,50%)
Limpeza dos rolos de plástico e eixos	7 (9,09%)	70 (90,09%)
Margem de corte	1 (1,29%)	76 (98,07%)
Lubrificação do cabeçote	2 (2,59%)	75 (97,40%)
Parafusos de fixação da lâmina	3 (3,89%)	74 (96,10%)
Inspeção do sistema pneumático	5 (6,49%)	73 (93,50%)
Teste de acionamentos	5 (6,49%)	73 (93,50%)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Com base no exposto, a principal observação levantada por meio do *check-list* em torno da condição da lâmina de corte, foi a presença de resíduos de queijo, o que implica em desvios do corte do queijo fatiado, sendo de suma importância a realização da correta limpeza e calibração da lâmina, a fim de garantir a qualidade do corte.

Dessa forma, a manutenção preditiva permite que as ações sejam tomadas no momento

certo, evitando o desgaste dos equipamentos e/ou perda de componentes devido a não identificação de falhas, o que irá viabilizar equipamentos sempre prontos para o uso e em perfeito estado de funcionamento, proporcionando total capacidade de produção e rendimento (SANTOS, *et al.*, 2018).

Souza *et al.* (2022), ao avaliarem os benefícios e limitações da implantação de protocolos de manutenção preditiva em equipamentos no setor industrial, evidenciaram que o sistema de monitoramento preditivo é capaz de viabilizar a otimização dos recursos, potencializar a agilidade e assertividade nas tomadas de decisões no âmbito da manutenção industrial.

Ademais, associa-se a manutenção preditiva à disponibilidade de prever possíveis falhas em equipamento e/ou sistemas através do acompanhamento de inúmeros fatores, viabilizando uma monitoração permanente por longos períodos de tempo, como também, a manutenção preditiva proporciona a realização de intervenções com base na real condição dos equipamentos e maquinários, o que viabiliza a rápida preparação dos serviços (OTANI; MACHADO, 2008).

A Tabela 3, apresenta a condição de funcionamento do equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, nos quatro meses de estudo, destacando o percentual de irregularidades evidenciadas nos períodos avaliados. Dessa forma, é possível observar que os meses de dezembro de 2022 e janeiro de 2023 apresentaram maior percentual de irregularidades, com 19,44% e 9,02%, respectivamente, quando comparado com os meses de fevereiro e março de 2023. Ademais, nota-se que no mês de março nenhuma irregularidade foi identificada.

De maneira semelhante, evidencia-se que dentre os itens avaliados houve uma redução de irregularidades encontradas na lâmina de corte do equipamento com o passar dos meses, sendo perceptível valores de 50%, 19,23%, 13,04% e 00,00%, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Condição de funcionamento da Fatiadeira Weber CCS 405 e total de irregularidades e ausência de irregularidades.

Itens avaliados	Dezembro de 2022	
	Irregularidades	Ausência de irregularidades
Lâmina de corte	9 (50%)	9 (50%)
Cintas e correias de transporte	4 (22,22%)	14 (77,77%)
Limpeza dos rolos de plástico e eixos	7 (38,88%)	11 (61,11%)
Margem de corte	0 (0,00%)	18 (100%)
Lubrificação do cabeçote	0 (0,00%)	18 (100%)
Parafusos de fixação da lâmina	2 (11,11%)	16 (88,88%)
Inspeção do sistema pneumático	3 (16,66%)	15 (83,33%)
Teste de acionamentos	3 (16,66%)	15 (83,33%)
TOTAL	28 (19,44%)	116 (80,55%)
Itens avaliados	Janeiro de 2023	
	Irregularidades	Ausência de irregularidades
Lâmina de corte	5 (19,23%)	21 (80,76%)
Cintas e correias de transporte	1 (3,84%)	25 (96,15%)
Limpeza dos rolos de plástico e eixos	0 (0,00%)	26 (100%)
Margem de corte	1 (3,84%)	25 (96,15%)
Lubrificação do cabeçote	2 (7,69%)	24 (92,30%)
Parafusos de fixação da lâmina	1 (3,84%)	25 (96,15%)
Inspeção do sistema pneumático	2 (7,69%)	24 (92,30%)

Teste de acionamentos	1 (3,84%)	25 (96,15%)
TOTAL	13 (9,02%)	195 (90,97%)
Fevereiro 2023		
Itens avaliados	Irregularidades	Ausência de irregularidades
Lâmina de corte	3 (13,04%)	20 (86,95%)
Cintas e correias de transporte	0 (0,00%)	23 (100%)
Limpeza dos rolos de plástico e eixos	0 (0,00%)	23 (100%)
Margem de corte	0 (0,00%)	23 (100%)
Lubrificação do cabeçote	0 (0,00%)	23 (100%)
Parafusos de fixação da lâmina	0 (0,00%)	23 (100%)
Inspeção do sistema pneumático	0 (0,00%)	23 (100%)
Teste de acionamentos	1 (4,34%)	22 (95,65%)
TOTAL	4 (2,77%)	180 (97,22%)
Março 2023		
Itens avaliados	Irregularidades	Ausência de irregularidades
Lâmina de corte	0 (0,00%)	10 (100%)
Cintas e correias de transporte	0 (0,00%)	10 (100%)
Limpeza dos rolos de plástico e eixos	0 (0,00%)	10 (100%)
Margem de corte	0 (0,00%)	10 (100%)
Lubrificação do cabeçote	0 (0,00%)	10 (100%)
Parafusos de fixação da lâmina	0 (0,00%)	10 (100%)
Inspeção do sistema pneumático	0 (0,00%)	10 (100%)
Teste de acionamentos	0 (0,00%)	10 (100%)
TOTAL	0 (0,00%)	80 (100%)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Evidenciou-se com a realização do estudo a identificação precoce de irregularidades na linha de produção de queijo fatiado, o que viabilizou a aplicação de medidas corretivas antecipadamente, desencadeando uma redução na frequência das irregularidades com o passar dos meses, sendo notório que a aplicação do *check-list* como medida preditiva, auxiliou na detecção e na redução de anormalidades no equipamento Fatiadeira Weber CCS 405.

O que corrobora com o estudo realizado por Quadros *et al.* (2011), em que com a incorporação de métodos da manutenção preditiva, os autores observaram redução gradativa nos índices de manutenção emergencial, enquanto, as intervenções programadas apresentaram aumentos na linha de produção.

A manutenção preditiva mediante uma série de análises, em torno do desgaste ou estado de degradação dos equipamentos, proporciona a avaliação das condições reais de uso dos mesmos, sendo considerada um processo que permite diagnosticar o tempo de vida útil do maquinário e seus componentes, dessa forma, a manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o monitoramento e acompanhamento das condições em tempo real dos equipamentos (VICENTE, *et al.*, 2021).

Sua aplicação apresenta-se como uma forma inteligente de gestão dos processos industriais, uma vez que é capaz de gerar maior disponibilidade e confiabilidade nos equipamentos e sistemas de produção, com garantia das condições de operação e tempo de vida dos mesmos,

com maiores índices de produtividade (SANTOS, *et al.*, 2018). Portanto, sua incorporação no setor industrial, permite que as ações sejam tomadas no momento certo, evitando o desgaste ou perda de equipamentos, proporcionando que o maquinário esteja sempre pronto para o uso, com funcionalidade máxima e maior rendimento (SOUZA, 2017).

A utilização da termografia apresenta-se como uma das principais técnicas da manutenção preditiva, a qual consiste na inspeção por meio de pontos críticos e vulneráveis de sistemas e/ou programas mecânicos e eletrônicos, com base na emissão de calor de seus componentes (AZEVEDO; SILVA; 2012).

A Tabela 4, apresenta a média dos valores de termografia no período estudado. Não houve diferenças significativas entre as médias de temperatura na análise de termografia geral, termografia em dias que apresentaram irregularidades e termografia em dias que apresentaram ausência de irregularidades, com valores de 82 °C, 81,5 °C e 81 °C, respectivamente.

Tabela 4 - Média da análise de termografia da Fatiadeira Weber CCS 405, no período de quatro meses.

Média geral da termografia °C	Termografia em dia com irregularidades	Termografia em dias ausência de irregularidades
82 °C	81,5 °C	81°C

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Observou-se por meio desse estudo, que não houveram variações de temperatura do equipamento avaliado, haja vista que, as médias de temperatura encontradas estão dentro da faixa considerada normal para o adequado funcionamento do equipamento, entre 90 a 100 °C, e que apesar da temperatura nos dias com irregularidades apresentar-se um pouco acima do valor encontrado nos dias com ausência de irregularidade, a mesma ainda encontra-se dentro do padrão estabelecido como normalidade.

De acordo com dados fornecidos pelo laticínio incluído no estudo, a fatiadeira Weber CCS 405, apresenta capacidade diária de produção de 19.600Kg de queijo fatiado, sendo produzidos 980Kg/hora, desconsiderando quatro horas diárias destinadas à higienização do equipamento. No entanto, a média de produção diária do equipamento, antes da aplicação do estudo em questão, de acordo com relatórios técnicos era de 12.000Kg de queijo fatiado. Além do mais, com base nos dados fornecidos, verificou-se que os custos com a manutenção corretiva na linha de produção de queijo fatiado apresentavam-se como um dos mais elevados.

A Tabela 5 apresenta a média dos custos com a manutenção do equipamento fatiadeira Weber CCS 405, sem e com a aplicação dos métodos de manutenção preditiva. Observa-se que a média dos custos com manutenções corretivas sem aplicação dos métodos de manutenção preditiva, foi de R\$ 44.368,75. Em contrapartida, a média dos custos com a manutenção do equipamento fatiadeira Weber CCS 405, com aplicação dos métodos de manutenção preditiva, nos meses de dezembro de 2022, janeiro, fevereiro e março de 2023, apresentou redução gradual com passar dos meses, apresentando diminuição significativa, com média total de custos de R\$ 15.327,50.

Com base no exposto, evidencia-se que as práticas da manutenção preditiva apresentaram efeitos satisfatórios na redução dos custos com manutenção do equipamento. O que corrobora com os achados de Pires e Okada (2020), que discorrem que a incorporação de métodos

de manutenção preditiva no âmbito industrial, foi capaz de reduzir mais de 50% dos custos de manutenção, incluindo mão de obra, ferramentas e/ou custos com materiais.

Tabela 5 - Média dos custos com manutenção do equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, SEM e COM aplicação dos métodos de manutenção preditiva.

Mês/ano	Custos SEM manutenção preditiva
Agosto/2022	R\$ 41.519, 00
Setembro/2022	R\$ 25.111, 00
Outubro/2022	R\$ 50.251,00
Novembro/2022	R\$ 60.594, 00
MÉDIA	R\$ 44. 368,75
Mês/ano	Custos COM manutenção preditiva
Dezembro/2022	R\$ 16.626, 00
Janeiro/2023	R\$ 9.697, 00
Fevereiro/2023	R\$ 25.797,00
Março/2023	R\$ 9.190, 00
MÉDIA	R\$ 15. 327,50

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Haja vista que, o gerenciamento dos custos de manutenção, tem como base dois pilares de planejamento, sendo eles o custo da manutenção e o custo da não manutenção, uma vez que, os custos de manutenção correspondem ao total de gastos empregados em atividades de manutenção direta, ou seja, são os custos de mão-de-obra, materiais, ferramentas e instrumentos utilizados em reparos e serviços (VICENTE, *et al.*, 2021).

Marcorin e Lima (2003), discorrem que a maior parte dos custos de manutenção estão atrelados à indisponibilidade dos equipamentos. Bem como, os autores também abordam, que a condição de indisponibilidade pode desencadear custos provenientes da produção de produtos de qualidade inferior, gerando prejuízos monetários e perante a imagem da empresa. Dessa forma, é válido ressaltar que a aplicação da manutenção preditiva é capaz de minimizar os gastos com manutenções inesperadas e/ou paradas emergenciais, o que vai de encontro com os achados desse estudo.

Tendo em vista que, os custos com manutenção apresentam-se como uma parcela importante dos custos operacionais de uma empresa, os quais podem variar de 15% até 60% dos custos de produção (SANTOS, 2019). Ademais, é possível por meio da aplicação da manutenção preditiva agilizar e intensificar os sistemas de produção, haja vista que, por meio da observação de indicadores, as irregularidades são identificadas de maneira precoce, o que propicia a correção das mesmas de forma imediata, reduzindo os custos e os impactos ao processo produtivo.

Nesse contexto, a Tabela 06 apresenta a produção mensal em quilogramas (Kg) de queijo fatiado pela Fatiadeira Weber CCS 405, sem e com a aplicação dos métodos de manutenção preditiva. Não foram evidenciadas diferenças significativas entre a média de produção entre os meses sem manutenção preditiva (agosto, setembro, outubro e novembro de 2022) e meses com manutenção preditiva do equipamento (dezembro/2022, janeiro, fevereiro e março de 2023), com valor médio de queijo produzido de 268.018Kg e 248.449Kg, respectivamente.

Tabela 6 - Produção mensal, em Kg de queijo fatiado produzidos pelo equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, SEM e COM aplicação dos métodos de manutenção preditiva.

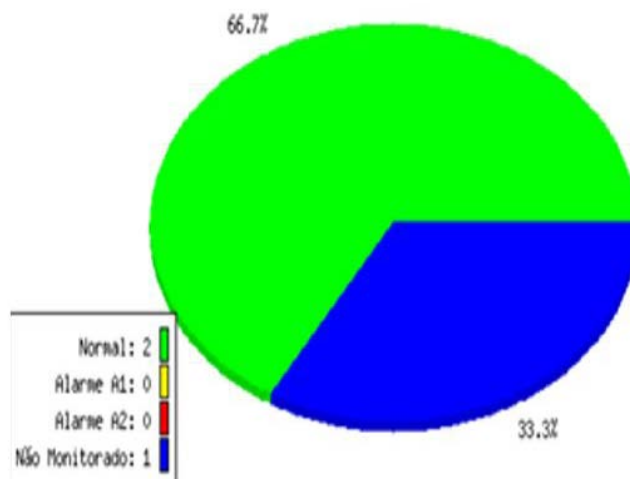
Mês/ano	Kg/Produzidos
SEM APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA	
Agosto/2022	268.529
Setembro/2022	257.661
Outubro/2022	247.244
Novembro/2022	298.641
MÉDIA	268.018
COM APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE MANUTENÇÃO PREDITIVA	
Dezembro/2022	269.394
Janeiro/2023	227.611
Fevereiro/2023	213.440
Março/2023	283.354
MÉDIA	248.449

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No entanto, estudos abordam aumentos de até 30% da produtividade do setor industrial, mediante aplicação de técnicas da manutenção preditiva, uma vez que através do monitoramento das condições dos equipamentos, foi possível minimizar cerca de 55% das falhas inesperadas, reduzindo as paradas emergenciais e consequentemente, otimizando o processo produtivo (PIRES; OKADA, 2020).

Ainda, mensalmente foram realizadas análises de vibração do equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, por empresa terceirizada, mediante plataforma SKF College, no entanto, de acordo com os relatórios de avaliação, não foram identificadas alterações no padrão de funcionamento do equipamento, através da análise vibratória, como apresentado no Gráfico 01.

Gráfico 1 - Condição do equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, no setor de queijo fatiado, mediante análise de vibração, através da plataforma SKF College.



Fonte: Andrade Consultoria e Engenharia (2023).

Apesar de não terem sido evidenciadas alterações na análise de vibração nesse estudo, sabe-se que alterações no funcionamento dos equipamentos muitas vezes iniciam de maneira sutil, tornando-se imperceptíveis por inspeções sensoriais, por este motivo que a análise de vibrações se apresenta como um método capaz de detectar tais alterações, mesmo que mínimas

e sutis, de maneira precoce, mediante espectro de sua energia vibratória. Haja vista que, esse diagnóstico precoce viabiliza a realização de intervenções eficientes antes da manifestação da falha e/ou dano pelo equipamento (LABRE, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo em questão, objetivou aplicar os conceitos e técnicas da manutenção preditiva na linha de produção de queijo fatiado, com enfoque para a manutenção do equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, reduzindo os custos de produção e prolongando a vida útil do equipamento, em laticínio privado localizado no município de Marechal Cândido Rondon, na região Oeste do estado do Paraná.

Dessa forma, foi possível observar que a aplicação das técnicas da manutenção preditiva, auxiliam na identificação precoce de irregularidades nas linhas de produção, viabilizando a incorporação de medidas corretivas antecipadamente. Ademais, observou-se que as irregularidades encontradas no equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, sofreram uma diminuição significativa com a realização do estudo. De maneira semelhante, os custos com a manutenção na linha de produção de queijo fatiado, apresentaram redução significativa.

Partindo do exposto, evidenciou-se que a aplicação do *check-list* como medida preditiva, viabilizou a detecção e redução de anormalidades no equipamento Fatiadeira Weber CCS 405, contribuindo de maneira satisfatória para a linha de produção, sendo uma ferramenta de grande importância no âmbito da manutenção industrial, como estratégia para a redução dos custos de manutenção, proporcionando maior confiabilidade aos equipamentos e refletindo em maximização da produtividade.

Esse estudo levou em consideração toda a importância relatada anteriormente pelos autores citados no presente artigo, que garantem que por meio das técnicas de manutenção preditiva é possível otimizar a produtividade, reduzindo os custos de manutenção e contribuir para a melhoria contínua da produção com padrão de alta confiabilidade. Assim, sugere-se a realização de estudos futuros que completem os conceitos empregados nesse estudo, com o intuito de otimizar a gama de informações em torno das práticas de manutenção preditiva e suas vantagens para os diferentes setores da indústria, priorizando o aumento da produtividade e lucratividade da atividade industrial.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L. C.S.; SILVA, J. A. M. G. Uso da Termografia na Manutenção Preditiva. Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense v. 2, n. 1, p. 155-158, 2012. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/2409>. Acesso em: 03/05/2023.

CABRAL, G. L. *et al.* Aplicação da Termografia na Manutenção preditiva. Bolsista de Valor: Revista de Divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, v. 1, p. 109-112, 2010. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1801>. Acesso em: 03/05/2023.

COSTA, M. A. Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado

operacional. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010. Disponível em: https://www2.ufjf.br/ep//files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf. Acesso em: 03/05/2023.

CUSTODIO, J. S. A importância da manutenção preditiva. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Mecânica) - Faculdade Pitágoras Unopar, Londrina, 2020. Disponível em: <https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/32264/1/JUNIOR%2BSOUZA%2BCUSTODIO%2BATIVIDADE%2B-%2BDEFESA%2BTCC%2B2.pdf>. Acesso em: 03/05/2023.

DONATO, C. H. B. Implantação de planos de manutenção em uma empresa alimentícia. Monografia (Curso de Engenharia de Produção) - Universidade São Francisco, Campinas, 2014. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2614.pdf>. Acesso em: 03/05/2023.

FILHO, L. F. S. Manutenção por análise de vibrações: uma valiosa ferramenta para gestão de ativos. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Naval) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/9058/1/monopoli10005471.pdf>. Acesso em: 03/05/2023.

FONSECA, A. F. *et al.* Análise dos planos de manutenção para os equipamentos do sistema de medição de gás numa empresa de ramo petroquímica. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil, 2016. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_321_29836.pdf. Acesso em: 03/05/2023.

GAZEL, W. F. *et al.* Manutenção estratégica: integração entre as áreas de produção e manutenção. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Engenharia de Produção, Infraestrutura e Desenvolvimento Sustentável: a Agenda Brasil, Curitiba, 2014. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_tn_sto_195_105_24565.pdf. Acesso em: 03/05/2023.

JACUDI, L. V. FERREIRA, A. F. A importância da aplicação de um check-list para elaboração e controle do PCMAT sob a óptica da NR 18. Revista Teccen, v. 12, n. 2, p. 68-72, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21727/teccen.v12i2.2000>. Acesso em: 03/05/2023.

LABRE, P. P. V. Q. Análise de vibração e termografia na manutenção e confiabilidade de equipamentos em uma usina de beneficiamento de sementes. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/25383/1/AnaliseVibracaoTermografia.pdf>. Acesso em: 03/05/2023.

LIMA, O. O.; MIRANDA, W. M. Aplicação da manutenção preditiva baseada na análise de lubrificantes e de parâmetros operacionais para a detecção de falhas em motores diesel de equipamentos de construção. In: 9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, Joinville, Santa Catarina, 2017. Disponível em: <https://abcm.org.br/>. Acesso em: 03/05/2023.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. Análises dos custos de manutenção e de não manutenção de equipamentos produtivos. Revista de Ciência & Tecnologia, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003. Disponível em: <https://www.drb-m.org/av1/11Custodemantencao.pdf>. Acesso em: 03/05/2023.

MARQUES, A. C.; BRITO, J. N. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. Braz. J. of Develop., v. 5, n. 7, p. 8913-8923, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/2315/2322>. Acesso em: 03/05/2023.

MLYNARCZUK, L. B. Aplicação de termografia para manutenção preditiva em painéis elétricos. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial) - Departamento de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16955/1/PG_COELE_2018_2_05.pdf. Acesso em: 03/05/2023.

NOGUEIRA, C. F. *et al.* Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM). E-Xacta, v. 5, n. 1, p. 175-197, 2012. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/735>. Acesso em: 03/05/2023.

OTANI, M; MACHADO, W. V. A proposta de desenrolamento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial, v. 04, n. 02, p. 01-16, 2008. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16>. Acesso em: 03/05/2023.

PIRES, C. A.; OKADA, R. H. Manutenção Preditiva: estratégia de produção e redução de custos. Interface Tecnológica, v. 17, n. 1, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/781>. Acesso em: 03/05/2023.

QUADROS, R. *et al.* Empresa no RS: como vai essa jovem parceria? TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 2, p. 84-88, jul./dez. 2011. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/2447>. Acesso em: 03/05/2023.

SANTOS, J. E. M. Checklist. Jornal Português de Gastreenterologia, v. 18, n. 2, p. 93-94, 2011. Disponível em: https://www.sped.pt/images/sped/GE/GE_2011/GEMarco_abril2011/v18n2a10.pdf. Acesso em: 03/05/2023.

SANTOS, M. *et al.* Manutenção Preditiva: contribuindo para a melhoria dos processos e para a redução dos custos de operação. In: Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/10421>. Acesso em: 03/05/2023.

SANTOS, D. M. P. MEMP – Método de manutenção preditiva aplicado em máquinas de solda industriais. Monografia (Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, 2019. Disponível em: <https://rii.ufam.edu.br/handle/prefix/5706>. Acesso em: 03/05/2023.

SIEBRA, B. C. Aumento da eficiência em uma linha de produção de iogurtes. Monografia (Curso Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/35186>. Acesso em: 03/05/2023.

SILVA, D. B. Implementação do plano mestre de manutenção preventiva para a melhoria na eficiência de linhas de envase de leite tipo UHT: um estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia de Produção) - Centro Universitário Univates, 2016. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/items/83645ffa-62e9-4156-9a7a-67e783e42234/full>. Acesso em: 03/05/2023.

SILVA, T. A.F.; NASCIMENTO, G.M. Importância da manutenção preditiva por análise de vibração num conjunto motor e bomba aplicado (um estudo de caso). Anais do Simpósio Nacional de Ciências e Engenharias – SINACEN, v.5, n.2, p. 112-131, 2020. Disponível em: <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/SINACEN/article/view/7601>. Acesso em: 03/05/2023.

SOUZA, A. S. Manutenção - função estratégica. Departamento de engenharia de produção e mecânica MEC 496 – Manutenção Mecânica, Viçosa, 2017. Acesso em: 03/05/2023.

SOUZA, V. C. *et al.* Utilização das tecnologias da indústria 4.0 na manutenção preditiva através do monitoramento de equipamentos e instalações. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.8, n.1,

p. 7063-7083 jan. 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/index.php/BRJD/article/view/43302>. Acesso em: 03/05/2023.

VICENTE, B. L. L. *et al.* Custos da manutenção: implementação e gestão da técnica de manutenção preventiva checklist e seus impactos. In: XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. “Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis”, 2021. Acesso em: 03/05/2023.

ZYRIANOFF, W. *et al.* Práticas de Gestão do Conhecimento e Capacidade Absortiva Aplicadas à Melhoria de Desempenho e Qualidade na Manutenção Industrial. *Research, Society and Development*, v. 10, n.2, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12713>. Acesso em: 03/05/2023.



Análise dos impactos da pandemia de COVID-19 na gestão da cadeia de suprimentos logísticos

Simone Aparecida de Aguiar

FATEC JAHU

Fábio Bonachela

Orientador – FATEC JAHU

DOI: 10.47573/aya.5379.2.186.21

RESUMO

A pandemia de COVID-19 apresentou desafios significativos para a gestão da cadeia de suprimentos logísticos, afetando o transporte de mercadorias, a demanda e o fornecimento de suprimentos. Este estudo tem como objetivo analisar os impactos da pandemia na gestão da cadeia de suprimentos logísticos, por meio de revisão bibliográfica e estudo de caso. A revisão da literatura apresenta as principais tendências e desafios enfrentados na gestão durante a pandemia, e o estudo de caso demonstra como uma empresa conseguiu enfrentar esses desafios por meio da adoção de soluções tecnológicas, flexibilidade e colaboração entre os participantes da cadeia.

Palavras-chave: pandemia. COVID-19. gestão da cadeia de suprimentos. logística.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has presented significant challenges for logistics supply chain management, affecting the transportation of goods, demand, and supply of supplies. This study aims to analyze the impacts of the pandemic on logistics supply chain management through literature review and case study. The literature review presents the main trends and challenges faced in logistics supply chain management during the pandemic, and the case study demonstrates how a company was able to overcome these challenges through the adoption of technological solutions, flexibility, and collaboration among chain participants.

Keywords: pandemic. COVID-19. supply chain management. logistics.

INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19 teve impactos significativos em diversas áreas da sociedade, incluindo a gestão da cadeia de suprimentos logísticos. Esse fator trouxe mudanças que aceleraram a transformação em diversas áreas, onde se tornavam um grande desafio para manter as cadeias de abastecimento operando.

A logística é uma atividade essencial para o funcionamento das organizações, e a pandemia trouxe diversas situações para essa área, tais como interrupções no transporte de mercadorias, escassez de suprimentos e aumento da demanda em determinados setores. Também os operadores logísticos enfrentaram exigências muito altas, tendo que decidir em curto prazo a manter a rentabilidade em uma atividade.

Nesse contexto, é fundamental compreender os impactos da pandemia na gestão da cadeia de suprimentos logísticos e identificar soluções para enfrentar esses desafios. No entanto, a Logística é uma organização eficiente da movimentação de produtos, e em meio as incertezas no cenário econômico, teve um salto na qualidade dos serviços para as organizações até ao usuário final.

Este estudo utilizou uma abordagem qualitativa, com base em uma revisão de literatura e estudo de caso. A revisão da literatura foi realizada por meio de busca em bases de dados eletrônicas como *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*, utilizando os termos “COVID-19”,

“pandemia”, “cadeia de suprimentos” e “logística”. Foram selecionados artigos publicados entre janeiro de 2020 e abril de 2023, em inglês, português e espanhol.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de transporte e logística de médio porte, localizada no Brasil. A empresa foi selecionada por ter apresentado um impacto significativo em suas operações durante a pandemia de COVID-19. Para coleta de dados, foram realizadas entrevistas com funcionários e gestores da empresa, além de análise de documentos e relatórios internos.

Os dados foram analisados qualitativamente, com base na técnica de análise de conteúdo. Os resultados foram comparados com a literatura revisada e discutidos de forma a identificar os principais impactos da pandemia na gestão da cadeia de suprimentos logísticos da empresa estudada.

REFERENCIAL TEÓRICO

Destaca-se que a pandemia de COVID-19 trouxe desafios significativos para a gestão da cadeia de suprimentos logísticos. A interrupção no transporte de mercadorias devido a restrições de mobilidade e fechamento de fronteiras levou a escassez de suprimentos em diversos setores, incluindo saúde e alimentação. Além disso, a pandemia também impactou a demanda por certos produtos, levando a desafios na previsão de demanda e no gerenciamento de estoques.

A flexibilidade tem sido apontada como uma estratégia fundamental para enfrentar esses desafios. A capacidade de ajustar rapidamente a produção e a distribuição de acordo com as mudanças na demanda e no fornecimento pode ajudar a minimizar os impactos da pandemia na cadeia de suprimentos. A colaboração entre os diferentes participantes da cadeia também é fundamental, permitindo uma melhor coordenação e compartilhamento de informações.

A pandemia de COVID-19 afetou significativamente a gestão da cadeia de suprimentos logísticos em todo o mundo. A pandemia resultou em bloqueios, fechamentos de fronteiras e restrições de viagem em muitos países, afetando a capacidade das empresas de transportar mercadorias e suprimentos. A falta de trabalhadores, o aumento do absenteísmo e a redução da capacidade de produção também tiveram um impacto significativo na gestão da cadeia de suprimentos logísticos.

De acordo com Cariou *et al.* (2020), a pandemia resultou em um aumento da incerteza e da complexidade nas cadeias de suprimentos logísticas, tornando mais difícil para as empresas prever a demanda e gerenciar a oferta. Os autores também destacam que as empresas foram forçadas a lidar com interrupções inesperadas na cadeia de suprimentos, incluindo a falta de peças e materiais essenciais.

Além disso, a pandemia também afetou a demanda do consumidor. Conforme destacado por Sahin *et al.* (2020), o fechamento de lojas físicas e o aumento das compras online resultaram em mudanças significativas nos padrões de demanda do consumidor. As empresas tiveram que ajustar suas estratégias de gerenciamento de estoque para atender a essas mudanças na demanda.

Diversos autores também enfatizam a importância da colaboração e da comunicação en-

tre empresas na gestão da cadeia de suprimentos logísticos durante a pandemia. De acordo com Ivanov (2020), a pandemia demonstrou a necessidade de uma abordagem mais colaborativa e ágil na gestão da cadeia de suprimentos, com empresas trabalhando juntas para identificar e resolver problemas. Além disso, a comunicação clara e transparente entre as partes interessadas foi fundamental para minimizar o impacto da pandemia na cadeia de suprimentos.

A tecnologia também desempenhou um papel importante na gestão da cadeia de suprimentos logísticos durante a pandemia. De acordo com Dubey *et al.* (2020), as empresas que já haviam investido em tecnologias digitais, como o monitoramento de estoque em tempo real e a análise de dados, estavam em melhor posição para lidar com as interrupções causadas pela pandemia. Além disso, a pandemia acelerou a adoção de tecnologias como a automação e a inteligência artificial na gestão da cadeia de suprimentos logísticos.

Por fim, é importante destacar que a pandemia de COVID-19 levantou questões sobre a resiliência e a sustentabilidade das cadeias de suprimentos logísticas. De acordo com Rodrigue (2020), a pandemia destacou a importância da diversificação da cadeia de suprimentos e da redução da dependência de um único país ou região. Além disso, a pandemia enfatizou a necessidade de considerar a sustentabilidade ambiental e social na gestão da cadeia de suprimentos logísticos.

Em suma, a pandemia de COVID-19 teve um impacto significativo na gestão da cadeia de suprimentos logísticos, afetando a produção, o transporte e a entrega de mercadorias em todo o mundo. As empresas foram forçadas a se adaptar rapidamente a essas mudanças, adotando novas estratégias para garantir a continuidade de suas operações. Algumas dessas estratégias incluem:

- Aumento do uso de tecnologias de automação e digitalização para otimizar processos logísticos e reduzir a dependência de trabalhadores presenciais;
- Desenvolvimento de redes de fornecedores mais diversificadas e flexíveis, para mitigar os riscos de interrupções na cadeia de suprimentos;
- Implementação de medidas de segurança adicionais para proteger os trabalhadores e evitar a propagação do vírus;
- Revisão e adaptação de políticas de preços e prazos de entrega para atender às novas demandas dos consumidores.

É importante mencionar que essas estratégias não são exaustivas e variam de acordo com o setor e o tamanho das empresas. Além disso, essas mudanças na gestão da cadeia de suprimentos logísticos não devem ser vistas apenas como uma resposta à pandemia, mas como uma oportunidade para as empresas repensarem seus modelos de negócios e se prepararem melhor para futuras crises e desafios.

Por fim, é necessário ressaltar que segundo comunicado da OMS publicado no dia 05 de maio em Genebra, na Suíça, o fim da Emergência Pública Internacional (ESPI), mas que a pandemia de COVID-19 ainda está presente, e seus efeitos na economia global e na gestão da cadeia de suprimentos logísticos podem se estender por anos. Portanto, é fundamental que as empresas continuem monitorando de perto a situação e se adaptando às mudanças para

ESTUDO DE CASO: IMPACTOS DA PANDEMIA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DE COMÉRCIO ELETRÔNICO, SITUADA NO CENTRO OESTE PAULISTA, NA CIDADE DE JAU

A empresa de comércio eletrônico, atua no mercado de venda de produtos eletrônicos, com um grande número de fornecedores localizados no exterior. Com a pandemia de COVID-19, a empresa enfrentou diversos desafios na gestão de sua cadeia de suprimentos, como a interrupção de entregas, falta de insumos e dificuldades no transporte.

Inicialmente, a empresa observou um aumento significativo na demanda de produtos eletrônicos, já que muitos consumidores estavam em busca de novos equipamentos para trabalhar e estudar em casa. Entretanto, a maioria dos fornecedores internacionais da empresa teve que interromper suas operações, o que gerou atrasos nas entregas e falta de estoque.

Além disso, a empresa teve que lidar com a escassez de componentes eletrônicos, como chips e placa-mãe, que são produzidos principalmente na Ásia. Com as restrições de viagem e o fechamento de fábricas, a oferta desses insumos diminuiu significativamente, o que causou impactos em toda a cadeia de suprimentos da empresa.

Para minimizar esses impactos, a E-Commerce LTDA teve que buscar novos fornecedores locais, que tivessem estoque disponível e pudessem entregar os produtos com maior rapidez. A empresa também investiu em tecnologias para monitorar a disponibilidade dos insumos e produtos em tempo real, o que permitiu uma gestão mais eficiente da cadeia de suprimentos.

A empresa buscou alternativas para minimizar os impactos da interrupção do transporte internacional, como a contratação de transportadoras locais e a utilização de rotas alternativas. Essas medidas ajudaram a reduzir os atrasos nas entregas e a manter a satisfação dos clientes.

Porém, a empresa também teve que lidar com desafios relacionados à segurança de seus funcionários e clientes. Com a implementação das medidas de distanciamento social, a empresa precisou adaptar suas operações e investir em tecnologias para manter o atendimento ao cliente de forma remota, como chatbots e atendimento telefônico.

Em suma, a pandemia de COVID-19 teve um grande impacto na cadeia de suprimentos da E-Commerce LTDA, exigindo uma série de adaptações e medidas para manter a operação da empresa e atender às demandas dos clientes. A empresa precisou buscar novos fornecedores, investir em tecnologias e adotar medidas de segurança para enfrentar os desafios impostos pela pandemia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa indicam que a pandemia de COVID-19 teve um impacto significativo na gestão da cadeia de suprimentos logísticos. Em particular, a interrupção das operações de transporte e a escassez de suprimentos foram os principais desafios enfrentados pelas empresas durante a pandemia. Além disso, a necessidade de garantir a segurança dos trabalhadores e clientes também se tornou uma prioridade.

Com relação ao estudo de caso apresentado, os resultados indicam que a empresa XYZ

teve que adotar medidas imediatas para lidar com os impactos da pandemia em sua cadeia de suprimentos. A empresa implementou um sistema de monitoramento em tempo real para acompanhar a situação das operações de transporte e as condições de seus fornecedores. Além disso, a empresa também diversificou sua base de fornecedores para reduzir a dependência de um único fornecedor.

Em geral, as empresas que conseguiram lidar melhor com os impactos da pandemia foram aquelas que tinham planos de contingência bem elaborados e estavam preparadas para lidar com crises. Além disso, a colaboração e a comunicação efetiva entre as partes envolvidas na cadeia de suprimentos também foram fatores críticos para garantir a continuidade das operações.

Esses resultados destacam a importância de as empresas estarem preparadas para lidar com crises como a pandemia de COVID-19 e enfatizam a necessidade de um planejamento cuidadoso e uma abordagem colaborativa para garantir a resiliência da cadeia de suprimentos. Parte superior do formulário

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a pandemia de COVID-19 teve um impacto fundamental na gestão da cadeia de suprimentos logísticos. As empresas tiveram que se adaptar rapidamente às mudanças no mercado, buscando novas formas de garantir a continuidade dos negócios e suprir as demandas dos clientes.

A análise do estudo de caso mostrou que a adoção de medidas como o aumento da capacidade de armazenagem, a diversificação de fornecedores e o investimento em tecnologia foram cruciais para enfrentar os desafios impostos pela pandemia.

Além disso, ficou evidente a importância da colaboração entre os diversos elos da cadeia de suprimentos, desde os fornecedores até os clientes finais, para garantir a eficiência e a efetividade da gestão logística em momentos de crise.

Diante disso, é fundamental que as empresas estejam preparadas para lidar com futuros eventos disruptivos, investindo em estratégias de gestão de riscos e na busca por soluções inovadoras para aprimorar a gestão da cadeia de suprimentos logísticos.

Por fim, ressalta-se a relevância de estudos e pesquisas que possam contribuir para uma compreensão mais ampla dos impactos da pandemia na gestão logística, fornecendo subsídios para a tomada de decisões mais assertivas e eficientes.

Nas tabelas abaixo, demonstram as variações de aumentos de custos de produtos nacionais e internacionais.

Tabela 1 - Aumento de Custo nos Produtos do Fornecedor Internacional

Produto	Preço Anterior (R\$)	Preço Atual (R\$)	Aumento de Custo (%)
Smartphone	1000	1200	20%
Laptop	2000	2500	25%
Câmera	800	950	18.75%
Smartwatch	500	600	20%
Tablet	700	840	20%

Fonte: elaborado pela autora (2023)

Tabela 2 - Aumento de Preço do Fornecedor Nacional

Produto	Preço Anterior (R\$)	Preço Atual (R\$)	Aumento de Preço (%)
Smartphone	1200	1400	16.67%
Laptop	2500	3000	20%
Câmera	950	1100	15.79%
Smartwatch	600	720	20%
Tablet	840	980	16.67%

Fonte: elaborado pela autora (2023)

Tabela 3 - Produtos com Aumento na Demanda e Procura

Produto	Aumento na Demanda	Aumento na Procura
Notebook	Alto	Alto
Fones de Ouvido	Alto	Alto
Webcams	Alto	Alto
Monitores	Moderado	Moderado
Acessórios Gaming	Moderado	Moderado

Fonte: elaborado pela autora (2023)

Gráfico 1

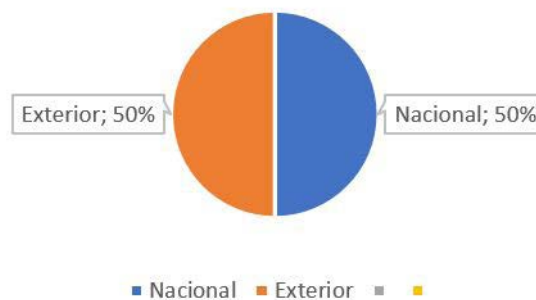
Antes da pandemia



Fonte: elaborado pela autora (2023)

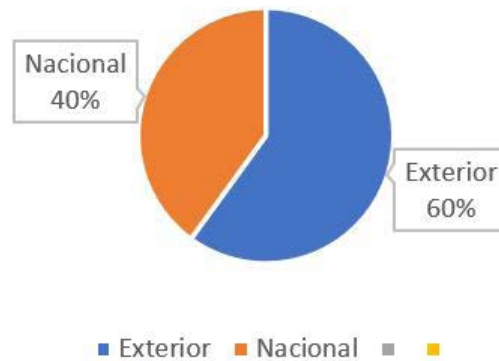
Gráfico 2

Durante a pandemia



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Gráfico 3
Após a pandemia



Fonte: elaborado pela autora (2023)

Através dos gráficos é exemplificado que antes da pandemia, a empresa realizava 70% de sua compras do exterior e 30% no mercado nacional. Durante a pandemia, houve uma redução nas compras do exterior para 50%, enquanto as compras no mercado nacional aumentaram para 50%. Após a pandemia, as compras do exterior se recuperaram para 60%, enquanto as compras no mercado nacional diminuíram para 40%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a pandemia de COVID-19 teve um impacto significativo na gestão da cadeia de suprimentos logísticos. As empresas tiveram que se adaptar rapidamente às mudanças no mercado, buscando novas formas de garantir a continuidade dos negócios e suprir as demandas dos clientes.

A análise do estudo de caso mostrou que a adoção de medidas como o aumento da capacidade de armazenagem, a diversificação de fornecedores e o investimento em tecnologia foram cruciais para enfrentar os desafios impostos pela pandemia.

No entanto, ficou evidente a importância da colaboração entre os diversos elos da cadeia de suprimentos, desde os fornecedores até os clientes finais, para garantir a eficiência e a efetividade da gestão logística em momentos de crise.

Diante disso, é fundamental que as empresas estejam preparadas para lidar com futuros eventos disruptivos, investindo em estratégias de gestão de riscos e na busca por soluções inovadoras para aprimorar a gestão da cadeia de suprimentos logísticos.

Por fim, ressalta-se a relevância de estudos e pesquisas que possam contribuir para uma compreensão mais ampla dos impactos da pandemia na gestão logística, fornecendo subsídios para a tomada de decisões mais assertivas e eficientes.

REFERÊNCIAS

- Alcântara, R. L. (2020). Logística Hospitalar e a Covid-19. *Revista Brasileira de Logística*, 13(1), 1-9.
- Amaro, W., & Mariano, R. (2020). Supply Chain Management em tempos de COVID-19: como se adaptar à nova realidade. Retrieved from <https://www.ibm.com/blogs/think/br-pt/supply-chain-management-em-tempos-de-covid-19-como-se-adaptar-a-nova-realidade/>
- Beaujean, M., Davidson, R. A., & Madhok, A. (2020). COVID-19 and disruptions in global food supply chains. *World Development*, 135, 105067.
- Bozkurt, F. (2020). The impacts of the COVID-19 pandemic on global supply chains. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 9(1), 1-5.
- Cariou, B., Hadjadj, S., Wargny, M., Pichelin, M., Al-Salameh, A., Allix, I., ... & Gourdy, P. (2020). Características fenotípicas e prognóstico de pacientes internados com COVID-19 e diabetes: o estudo CORONADO. *Diabetologia*, 63 (8), 1500-1515.
- Chen, Y., Lu, J., Ng, C. T., & Rui, H. (2020). Dynamics of consumer behavior and toilet paper sales in the wake of COVID-19. *Journal of Retailing*, 96(5), 538-547.
- Fang, X., Chen, K., & Hu, W. (2020). The influence of COVID-19 on logistics: A perspective from Wuhan, China. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 23(4), 269-279.
- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922.
- Kamalahmadi, M., & Parast, M. M. (2020). A review of the literature on the principles of enterprise resilience: Definition, conceptualization, and modeling. *International Journal of Production Economics*, 233, 107888.
- Kock, F., & Goluchowski, J. (2020). Managing supply chain disruptions during COVID-19: A multiple case study approach. *International Journal of Production Economics*, 232, 107923.
- Moraes, J. A., & Oliveira, M. P. (2020). O impacto da COVID-19 na logística da cadeia de suprimentos e a utilização de novas tecnologias. In *Proceedings of the 20th International Symposium on Logistics (ISL 2020)* (pp. 431-439). Cardiff University.
- Sahin, AR, Erdogan, A., Agaoglu, PM, Dineri, Y., Cakirci, AY, Senel, ME, ... & Tasdogan, AM (2020). Novo surto de coronavírus (COVID-19) em 2019: uma revisão da literatura atual. *EJMO*, 4 (1), 1-7.
- Singh, R. K., & Garg, S. K. (2020). Impact of COVID-19 and lockdown on migrant workers: A case study of Delhi NCR. *Journal of Human Behavior in the Social Environment*, 30(3), 385-397.
- Sivakumar, R., Golder, P. N., & Fan, Y. (2021). The effects of COVID-19 pandemic on supply chain decision-making uncertainty: Insights from Twitter data analytics. *International Journal of Production Research*, 59(5), 1342-1358.
- Wieland, A., & Handfield, R. B. (2020). The COVID-19 Supply Chain Index: A new approach to understanding the impact of COVID-19 on supply chains. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904-2919.



Governança de TI como estratégia para aumentar a lucratividade da empresa

Pedro Henrique Villela dos Santos

DOI: [10.47573/aya.5379.2.186.22](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.186.22)

RESUMO

A governança de TI é uma estratégia essencial para impulsionar a lucratividade empresarial, por meio da garantia da adequação das atividades de TI aos objetivos estratégicos da empresa. Implementar uma governança de TI eficaz ajuda as empresas a reduzir custos, aumentar a eficiência operacional, melhorar a tomada de decisão e estimular a inovação. A implementação bem-sucedida da governança de TI também traz benefícios como a redução de riscos, a melhoria da qualidade dos serviços de TI e a satisfação dos clientes.

Palavras-chave: governança. TI. estratégia. inovação. clientes. tecnologia.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Tecnologia da Informação (TI) se tornou um componente fundamental para o sucesso das empresas, impactando diretamente em sua lucratividade. No entanto, a falta de uma abordagem estratégica na gestão dos recursos de TI pode levar a falhas nos processos, atrasos na entrega de projetos e aumento de custos. É nesse contexto que a governança de TI emerge como uma estratégia fundamental para garantir a adequação das atividades de TI aos objetivos estratégicos da empresa, bem como para gerenciar de forma eficiente os recursos de TI. Este trabalho tem como objetivo explorar a governança de TI como uma chave para impulsionar a lucratividade empresarial, discutindo as melhores práticas para sua implementação e os benefícios que essa abordagem pode trazer para as empresas.

OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é analisar a importância da governança de TI como estratégia para impulsionar a lucratividade empresarial, por meio da identificação das melhores práticas para sua implementação e da análise dos benefícios que essa abordagem pode trazer para as empresas.

REFERENCIAL TEÓRICO

A governança de TI tem se mostrado cada vez mais importante para as empresas como uma forma de gerenciar seus recursos de TI de maneira eficaz e alinhá-los aos objetivos estratégicos do negócio. Carvalho (2017) propõe uma sistemática para a implantação de governança de TI que envolve a definição dos objetivos e escopo do projeto, a identificação das partes interessadas, a definição de papéis e responsabilidades, a criação de políticas e processos claros, a medição do desempenho de TI e a realização de auditorias periódicas para garantir a conformidade com as práticas de governança de TI estabelecidas.

Uma vez implementada a governança de TI, é possível obter uma série de benefícios para a empresa, incluindo a melhoria da eficiência operacional e a redução de custos. Matsumura (2015) propõe um framework de governança de TI que inclui a modelagem de um processo de sustentabilidade. A autora destaca que a incorporação da sustentabilidade na governança de TI pode trazer benefícios para a empresa em termos de redução de riscos, melhoria da imagem e

reputação da marca e aumento da satisfação dos clientes e funcionários.

Além disso, a governança de TI pode ser uma vantagem competitiva para as empresas. Medeiros (2019) destaca que a governança de TI pode influenciar positivamente o ambiente corporativo, melhorando a tomada de decisão e a comunicação entre as áreas de negócios e de TI, além de aumentar a capacidade de inovação da empresa e sua capacidade de adaptação a mudanças no mercado.

Em resumo, a governança de TI é uma abordagem fundamental para impulsionar a lucratividade empresarial, uma vez que ajuda as empresas a gerenciar de forma eficiente seus recursos de TI, reduzir custos e melhorar a eficiência operacional. A implementação da governança de TI também traz benefícios em termos de sustentabilidade, vantagem competitiva e melhoria da imagem e reputação da marca. As práticas propostas por Carvalho (2017) e Matsumura (2015) e a influência da governança de TI no ambiente corporativo, destacada por Medeiros (2019), podem ser úteis para empresas que desejam implementar a governança de TI como estratégia para impulsionar a lucratividade empresarial.

RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados deste TCC incluem a identificação das melhores práticas para a implementação da governança de TI como estratégia para impulsionar a lucratividade empresarial, bem como a análise dos benefícios que essa abordagem pode trazer para as empresas. Espera-se que o trabalho forneça uma visão geral das principais metodologias e ferramentas disponíveis para a implementação da governança de TI, bem como exemplos práticos de como essa abordagem pode ser aplicada em diferentes tipos de empresas. Além disso, espera-se que o trabalho possa contribuir para a disseminação da importância da governança de TI como uma estratégia para impulsionar a lucratividade empresarial, fornecendo informações relevantes e úteis para gestores de empresas que buscam otimizar o uso de recursos de TI em suas organizações.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Ana Cristina Monteiro. Proposta de sistemática para implantação de governança em TI. 2017.G

MATSUMURA, Cecília Emi Yamanak. Modelagem de um processo de sustentabilidade em um framework de governança de TI. Monografia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo–SP, 2015.

MEDEIROS, Daniel Ribeiro Iglesias de. A influência da Governança de TI no ambiente corporativo: um estudo deste fator como uma vantagem competitiva. 2019.



Melhorando a eficiência empresarial através da automatização da gestão de e-mails com linguagem autômata

Pedro Henrique Villela dos Santos

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.23

RESUMO

O estudo “Melhorando a eficiência empresarial através da automatização da gestão de e-mails com Linguagem Autômata” destaca a importância da automação na gestão de e-mails e como ela pode melhorar a eficiência e produtividade das empresas. Com o uso da Linguagem Autômata, é possível criar algoritmos que gerenciam as mensagens de e-mail de forma eficiente, padronizando a comunicação e reduzindo o tempo gasto em tarefas repetitivas. O artigo aborda os benefícios da automação na gestão de e-mails, como a redução de erros humanos, a otimização do tempo, a padronização da comunicação e a melhoria da eficiência da equipe. Além disso, destaca a importância da segurança das informações empresariais durante o processo de automação. Em conclusão, a utilização da Linguagem Autômata na gestão de e-mails pode trazer inúmeros benefícios para as empresas, aumentando a produtividade, reduzindo custos e melhorando a satisfação do cliente.

Palavras-chave: automatização. linguagem. gestão. empresas.

INTRODUÇÃO

A comunicação empresarial é um aspecto crucial para o sucesso de qualquer empresa, seja ela pequena, média ou grande. Em um ambiente corporativo onde o tempo é precioso, a eficiência na comunicação é essencial para a produtividade da equipe. Nesse contexto, a automatização da gestão de e-mails utilizando Linguagem Autômata surge como uma solução promissora para otimizar a comunicação empresarial. Essa tecnologia permite criar algoritmos que gerenciam as mensagens de e-mail de forma eficiente, padronizando a comunicação e reduzindo o tempo gasto em tarefas repetitivas. Dessa forma, é possível melhorar a eficiência e produtividade das empresas, além de reduzir custos e melhorar a satisfação do cliente. Neste trabalho de conclusão de curso (TCC), será apresentado um estudo sobre como a automação da gestão de e-mails com Linguagem Autômata pode melhorar a eficiência empresarial, bem como os desafios e oportunidades dessa tecnologia.

OBJETIVO

O objetivo geral deste TCC é analisar como a automatização da gestão de e-mails com Linguagem Autômata pode melhorar a eficiência empresarial e propor diretrizes para sua implementação em empresas de diferentes portes e segmentos.

REFERENCIAL TEÓRICO

A automatização da gestão de e-mails com Linguagem Autômata tem se mostrado uma solução promissora para melhorar a eficiência empresarial, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente. Segundo Kaufman (2019), a Inteligência Artificial (IA) tem evoluído significativamente nos últimos anos, e a Linguagem Autômata é uma das tecnologias que tem se destacado nessa área. Almeida (2022) destaca a importância da aplicação da visão artificial no controle de processos industriais, o que pode ser extrapolado para o contexto empresarial, onde a automação de processos pode trazer benefícios significativos.

A automação da gestão de e-mails pode trazer diversos benefícios para empresas de diferentes portes e segmentos, como a redução de erros humanos, a padronização da comunicação e a otimização do tempo (SOUZA *et al.*, 2012). Carreira (2017) destaca a evolução da automação na área de jornalismo, onde já é possível produzir notícias de forma automática. Essa mesma evolução tem se mostrado relevante para a área empresarial, onde a automação de processos pode ser uma vantagem competitiva.

No entanto, a implementação da automatização da gestão de e-mails com Linguagem Autômata também traz desafios, como a garantia da segurança das informações empresariais (VELLOSO, 2017). Trifanovas (2015) destaca a importância de compreender as relações de poder-saber na comunicação por e-mails no contexto de ensino e aprendizagem, o que pode ser extrapolado para a comunicação empresarial, onde é preciso garantir que a automatização não comprometa as relações de poder e informação na empresa.

Dessa forma, é importante compreender as oportunidades e desafios da automatização da gestão de e-mails com Linguagem Autômata, e propor diretrizes para sua implementação em empresas de diferentes portes e segmentos, com o objetivo de melhorar a eficiência empresarial e reduzir custos (KAUFMAN, 2019; ALMEIDA, 2022; SOUZA *et al.*, 2012; VELLOSO, 2017; TRIFANOVAS, 2015).

RESULTADOS ESPERADOS

Este trabalho estudo tem como resultados esperados apresentar um estudo completo sobre as vantagens, desafios e oportunidades da automatização da gestão de e-mails com Linguagem Autômata na área empresarial. Além disso, espera-se propor diretrizes para a implementação da Linguagem Autômata na gestão de e-mails em empresas de diferentes portes e segmentos, de forma segura e eficiente. Essas diretrizes poderão ser utilizadas por empresas que desejam melhorar sua eficiência empresarial e reduzir custos com a automatização da gestão de e-mails. Ademais, espera-se identificar tendências e desafios futuros na área de Linguagem Autômata e automação de processos empresariais, contribuindo para o desenvolvimento de pesquisas futuras nessa área.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Fábio David Martins. Visão artificial no controlo da célula flexível de fabrico da ESTGV. 2022. Tese de Doutorado.

CARREIRA, Krishma Anaísa Coura. Notícias Automatizadas A evolução que levou o jornalismo a ser feito por não humanos. 2017.

KAUFMAN, Dora. A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana?. ESTAÇÃO DAS LETRAS E CORES EDI, 2019.

SOUZA, Patrícia da Silva Moreno *et al.* SRDigital: proposta de um modelo baseado na linguagem natural e controlada como instrumentos de apoio ao agente computacional do processo de referência. 2012.

TRIFANOVAS, Terezinha Rivera. E-mails no contexto de gestão de ensino e aprendizagem de inglês como língua estrangeira: relações de poder-saber. 2015.



Estabilização de solos para pavimentação

Vitor dos Santos Matos
Universidade Federal de Mato Grosso

DOI: 10.47573/ayd.5379.2.186.24

RESUMO:

Para estabilizar os solos são utilizados métodos que podem ajudar a melhorar a qualidade do pavimento, dessa forma prolongando a vida útil das estradas, rodovias e ruas de bairros. A estabilização é necessária devido à instabilidade do solo dependendo de sua propriedade, então foram apresentados alguns métodos de estabilização tais como: mecânico e químico. Ambos os métodos são extremamente factíveis, porém os valores diferem dependendo da área e quantidade utilizada.

Palavras-chave: Solo, Pavimentação, Estabilização, Cimento, Tipos de Solo.

ABSTRACT

To stabilize the soil, methods are used that can help to improve the quality of the pavement, thereby prolonging the useful life of roads, highways and neighborhood streets. Stabilization is necessary due to the instability of the soil depending on its property, so some stabilization methods have been presented such as mechanical and chemical. Both methods are extremely feasible, but the values differ depending on the area and quantity used.

Keywords: Soil, Paving, Stabilization, Cement and Soil Types.

INTRODUÇÃO

Desde sempre as estradas são usadas na humanidade para atravessar grandes extensões territoriais, ou simplesmente para ligar dois trechos curtos ou longos permitindo assim o deslocamento de pessoa, veículos ou até mesmo, animais. Em sua maioria com finalidade política, militar, religiosa ou comercial. Apesar da pré-existência de estradas como a Semíramis 600 a.C., a Real 500 a.C., a Susa 300^a.C. e outras, o início do planejamento e construção viária foi atribuído ao imperador romano Otaviano Augusto, no ano 27 a.C. (BERNUCCI *et al.*, 2008).

A pavimentação de uma área é importante para garantir conforto e segurança no deslocamento pelas cidades e rodovias de todo o país. Para que seja feita de maneira efetiva e que haja durabilidade são necessários estudos do solo que servirá como base para o futuro projeto em questão. Estudo este, que será primordial para a determinação do tipo de material a ser empregado na pavimentação e de que maneira será feita a estabilização do solo.

O pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas executadas sobre a superfície final de terraplenagem, destinada a resistir aos esforços provenientes do tráfego e do clima, além de proporcionar aos usuários conforto, economia e segurança nas condições de rolamento. A matéria prima de execução das camadas de corpo de aterro, subleito, reforço do subleito, sub-base e base é o solo (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Com o passar do tempo, o investimento em construção de infraestrutura rodoviária se disseminou por todo o mundo. No ano de 2015, aproximadamente R\$ 6,3 bilhões de reais oriundos dos recursos públicos foram destinados ao modal rodoviário no Brasil.

Atualmente, assim como em épocas anteriores, muitas vezes o solo encontrado no local

da obra não é de boa qualidade, e por esse motivo adotam-se diferentes alternativas a fim de suprir as principais deficiências. Ou seja, trazendo isso para as obras rodoviárias, todas estão sujeitas a uma variação de materiais no mesmo projeto, e é comum encontrar materiais de má qualidade que não atendam às exigências para aplicação no pavimento. Os esforços para tornar esses materiais viáveis na sua utilização levaram ao desenvolvimento e aplicação de métodos de estabilização de solos. Um dos métodos de estabilização utilizado na pavimentação é a estabilização química, que ocorre através da inserção de um aditivo ao solo. Os aditivos mais utilizados na pavimentação brasileira são o cimento Portland e a cal hidratada.

Considerando que os materiais obtidos na mesma jazida possuem características diferentes, o solo apresenta características instáveis. Dessa forma, é necessário encontrar compostos que possam ser adicionados para melhorar as propriedades do solo, a isto se dá o nome de estabilização.

A estabilização consiste no tratamento do solo, por um processo mecânico, ou químico, tornando-o estável para os limites de sua utilização, e permanecendo assim, mesmo sob a ação de cargas exteriores e ações climáticas (BATISTA, 1976). Entre os principais métodos de estabilização de solos temos a compactação, a correção granulométrica e a adição de estabilizantes químicos; estes podem ser usados individualmente ou em conjunto.

A escolha do tipo de estabilização leva em consideração a viabilidade técnica e econômica, e para isso é necessário conhecer bem os métodos de estabilização de solos, dos mais “simples” ao mais “complexo” disponível no mercado. Portanto, este artigo apresenta definições, classificações, tipos de estabilização e estabilizantes.

METODOLOGIA

Solos

Na perspectiva de Das, Braja M. (2007, p.1), o solo é definido como um agregado não cimentado de grãos minerais e matéria orgânica decomposta (partículas sólidas), com líquidos e gás nos espaços vazios entre as partículas sólidas. Sendo que o conhecimento de propriedades como origem, distribuição dos grãos, capacidade de drenagem, compressibilidade, resistência ao cisalhamento e capacidade de carga são de suma importância para que os engenheiros civis possam aplicar os conceitos de Mecânica dos Solos em obras.

A composição mineralógica de um solo, dentre outros fatores, depende do seu processo de formação, ou seja, do tipo de intemperismo sofrido, por isso algumas variações e peculiaridades são resultados da ação do clima da região em que o solo está situado. (NOGAMI & VILLIBOR, 1981). Em regiões de clima tropical úmido por exemplo, onde há a combinação de alta temperatura e alto nível pluviométrico, o intemperismo predominante é o químico. A desagregação da rocha-matriz é processada principalmente por reações químicas promovidas em presença de água, o que resulta em solos mais espessos, com partículas menores. Já em regiões de clima temperado o processo mais comum é o intemperismo físico, com isso, a formação dos solos ocorre pela ação de gelo e degelo da água que passa pelas rochas, em que com o tempo leva a quebra da superfície rochosa em partículas menores. Por isso, é comum que os solos dessas regiões apresentem um perfil pouco espesso.

ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS

A pavimentação envolve o uso de solos para diferentes camadas de sua composição. Para melhor desenvolvimento da obra e um custo menor, o ideal, seria utilizar o solo já existente no local da obra. Entretanto, em muitos casos os solos presentes no local não atendem as especificações mínimas exigidas para a utilização. Diante disso, surgiu a necessidade de criar métodos para que o solo fique o mais adequado possível para sua aplicação, ou seja, a estabilização do solo.

Estabilizar um solo significa dar a ele condições de resistir a 27 deformações e ruptura durante todo o período em que sua função exija atender a tais características. Ainda segundo o autor, as principais características que um solo estabilizado deve apresentar é resistência ao cisalhamento e à deformação, para que, quando sujeito a tensões, estes resistam sem que se rompam.(SENÇO, 2001)

A estabilização de solos é uma prática milenar, desenvolvida a princípio de forma rudimentar, foi sendo transformada com o tempo. Tem sido considerada a principal preocupação dos pesquisadores das áreas que buscam por soluções mais eficientes e econômicas. É um processo realizado para estabilizar e suplementar as propriedades de resistência do solo, maximizando a adequação deste para um determinado uso. Conforme os autores tradicionais, a estabilização do solo pode ser realizada por métodos mecânicos ou químicos (LAUFER, 1967; MOUSAVI *et al.*, 2017).

Estabilização Mecânica

A estabilização mecânica de solos é considerada o método mais utilizado e mais antigo na construção de estradas, é o processo de melhoria de suas características e propriedades originais por meio da alteração que densifica do solo por esforços de compactação ou por meio da adequação da granulometria com a mistura de outros solos, tornando o contato grão-grão mais efetiva. A seguir, a figura 1 mostra um exemplo de estabilização mecânica de solos.

Figura 1. exemplo de estabilização mecânica.



Através de uma energia externa de compactação aplicada ao solo, é possível diminuir o número de vazios do solo, desta forma, inibindo a percolação da água e a erosão provocada por ela, aumentando a densidade, a durabilidade, a compacidade, e, conseqüentemente, a resistência mecânica do solo. O método de estabilização por compactação é responsável pela melhoria da estabilidade mecânica de maior parte dos tipos de solo, no entanto, existem casos em que a compactação sozinha não é suficiente, e passa a ser usada em conjunto com outros

métodos de estabilização (LITTLE, 1995; MEDINA *et al.*, 2005; SANTOS, 2012). Por outro lado, a correção granulométrica diz respeito a combinação e mistura de dois ou mais tipos de solos, em proporções adequadas para obtenção de um material homogeneizado, bem graduado, com porcentagem limitada de partículas finas e posterior compactação. Este processo tem como finalidade garantir a estabilidade do solo e o aumento da resistência mecânica (VILLIBOR, 1982).

Estabilização Química

Esta outra técnica visa a melhoria das propriedades físicas e mecânicas do solo, por meio de alteração da estrutura do mesmo com o uso de aditivos, que podem ser dos mais variados tipos e nem sempre são materiais comuns ao uso da construção civil. Como aditivos para estabilização química, podemos citar: cimento, cal, produtos industrializados como o CON-AID®, PERMA-ZYME®, ou até mesmo resíduos industriais. Na figura 2 mostra um exemplo de estabilização química de solos.

Figura 2. Exemplo de estabilização química de solos.



Para a execução de uma estabilização de solo bem-sucedida, é necessário a realização de ensaios laboratoriais e testes de campo, embora os ensaios de laboratório resultem em resistências maiores do que o material correspondente do campo, eles ajudam a avaliar a eficácia dos materiais estabilizados em campo e auxiliam na determinação do tipo de estabilizante e de sua quantidade. Estabilidade, força, compressibilidade, permeabilidade e durabilidade do volume são as propriedades do solo que mais interessam aos engenheiros, e a compreensão destas características é crucial para obter a estabilidade do solo (MAKUSA, 2013).

ADITIVOS ESTABILIZANTES

Já foi dito neste artigo que a estabilização química pode ser feita com diferentes tipos de aditivos, como exemplo a cal, o cimento, a emulsão betuminosa, pozolanas, produtos industriais e resíduos industriais. Este tópico foi criado para que pudéssemos conhecer as soluções técnicas tradicionais já usadas atualmente, e talvez conhecer novas técnicas de pesquisa nessa área em que a construção civil e engenharia de transportes atuam e adotam para a estabilização de solos em obras rodoviárias.

Cimento

Os principais estabilizantes químicos utilizados nos solos é o cimento Portland e a cal

hidratada. O cimento confere ao solo ganho de resistência imediata e ao longo do período de cura (28 dias), em função do processo de formação de componentes e da hidratação do cimento. Os efeitos de sua utilização se apresentam como aumento da resistência da mistura, redução da plasticidade do solo, melhora da trabalhabilidade e redução da variação volumétrica (expansibilidade e compressibilidade). O ganho de resistência pode ser mais rápido, quando a mistura é exposta a temperaturas mais altas, entretanto, a secagem pode comprometer a hidratação do cimento. A estabilização com cimento Portland pode ser indicada para uma grande diversidade de solos, mas sua aplicação mais comum é destacadamente aos solos granulares (INGLES & METCALF, 1972; LITTLE & NAIR, 2009; EREN & FILIZ, 2009).

A estabilização de solos com cimento refere-se à mistura homogênea entre o solo, o cimento e a água, posterior compactação e cura; a dosagem usada geralmente é determinada a partir de ensaios padronizados pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e pela NBR 12253/93 Solo-cimento – Dosagem para emprego como camada de pavimento (FRANÇA, 2003). No Brasil esta técnica teve início em 1940, e está subdividida nas seguintes categorias (MEDINA, 1987):

Solo-cimento: Mistura homogênea de solo, cimento portland e água, compactada mecanicamente e endurecido por cura. O endurecimento pode ser avaliado por critérios de durabilidade e resistência à compressão simples de corpos de prova. É utilizado comumente como base ou sub-base;

Solo modificado com cimento: Mistura com baixo teor de cimento que dá origem a um material semiendurecido, com a finalidade de corrigir determinadas propriedades físico-químicas do solo, como a expansibilidade, a plasticidade ou a capacidade de carga. Pode ser usada em base, sub-base ou subleito;

Solo-cimento plástico: Mistura com consistência de argamassa devido a maior quantidade de água. Geralmente é utilizado para revestimento de valas, canais e taludes.

A escolha do tipo de cimento vai depender muito do tipo de solo a ser tratado. Em se tratando da dosagem, pode ser determinada através do Método Simplificado, uma metodologia empírica, que utiliza tabelas e ábacos, que estima o teor para cada tipo de solo, levando em consideração a sua resistência à compressão e teor de água (SENÇO, 2001). Ainda de acordo com este autor, é interessante saber que o material que mais se deve controlar aqui é o solo, devido a sua heterogeneidade.

Cal

A estabilização com cal altera o limite de consistência do solo e melhora sua trabalhabilidade. Devido ao seu mecanismo de reação com o solo, que torna-o impermeável e aplicável para uso em bases de pavimentos urbanos e rodoviários, melhorando assim a relação custo x benefício, que visa aproveitar o solo e conferir-lhe maior capacidade de resistir a carregamentos e intempéries. Ao contrário do solo-cimento, as misturas estabilizadas com cal geralmente apresentam ganhos de resistência durante longos períodos de cura. Essa particularidade é atribuída à reação pozolânica no solo-cal, que geralmente leva mais tempo para processar.. A aplicação dessa técnica é mais eficiente em solos de granulometria fina, pois as alterações de textura e a cimentação das partículas do solo é resultado da reação da cal com os argilominerais presentes

na parcela fina da granulometria.

Cinza Volante.

A cinza volante é um tipo de pó mineral fino, composto principalmente de pequenas partículas esféricas, que é causado pela fusão e calcinação de impurezas minerais incombustíveis contidas no carvão após serem queimadas em alta temperatura e alta pressão. Por terem fortes propriedades pozolânicas, essas cinzas são geralmente consideradas aditivos em argamassas e concreto e são valorizadas, por isso são as pozolanas e aditivos artificiais mais comuns em muitos produtos

Geralmente, a cinza volante é classificada em dois tipos: C ou F. As cinzas volantes pertencentes à classe C possuem propriedade autocimentante devido à considerável presença de CaO livre. Parte da mistura solo-cinza volante classe C apresenta processo de hidratação semelhante ao do solo-cimento, enquanto a outra parte apresenta reações pozolânicas. O uso de cinzas volantes da classe C pode aumentar a resistência, rigidez e durabilidade dos solos estabilizados. Já as cinzas volantes classe F, por não apresentarem quantidade satisfatória de CaO livre, dependem da adição de outro aditivo com característica cimentante para a estabilização dos solos (MISRA, 1998; LITTLE *et al.*, 2000).

Outros tipos de estabilizadores usados no solo são resíduos industriais. Alguns resíduos apresentam uma boa interação com o solo, alguns resíduos após a mistura são mais eficazes sob a ação de agentes cimentantes (cimento Portland ou cal). As pesquisas e a diversidade de resíduos são numerosas, mas, pode-se citar trabalhos como o de Bueno (1996), com misturas de solo-vinhoto (resíduo da indústria açucareira), e também o de Silva Júnior (2010), com misturas de solo-cal e resíduos da fabricação de papel.

CBR PLUS

considerado como um nanopolímero, é um composto orgânico iônico sintético, derivado do ácido sulfônico, de fórmula geral RSO_3H , onde R é um radical orgânico. Pesquisas sobre a aplicação de CBR PLUS na estabilização de argila ainda são bem poucas. A adição de CBR PLUS tem por finalidade transformar a natureza hidrofílica da argila em hidrofóbica, através da formação de camadas oleosas nas partículas de argila e na superfície do solo (MOUSAVI *et al.*, 2017).

O CBR PLUS pode ser usado para estabilizar outros tipos de solos, mas para isso é obrigatório que tenham o índice de plasticidade (PI) maior que 11, e possua em sua constituição um mínimo de 15% de argila. É fabricado com o objetivo melhorar as propriedades dos solos naturais, como: Aumento do Índice de Suporte Califórnia (CBR), aumento da densidade aparente, aumento da resistência a compressão, redução da expansão, diminuição do Índice de plasticidade. Devido ao fato do solo estabilizado com CBR PLUS poder ser usado como camada de rolamento, conta ainda com a redução do desprendimento e controle do pó, e diminuição da formação de buracos e lama (MOUSAVI *et al.*, 2017).

CONCLUSÕES

Conclui-se que os estudos e explicações mostradas nesse artigo têm como finalidade mostrar métodos que possam resolver problemas caso eles apareçam ou saná-los antes de acontecer. Através disso foram listados dois tipos de estabilizações (mecânica e química) e sugeridas através das explicações suas qualidades e utilidades que possam vir a servir de forma correta aos engenheiros de transportes com ênfase em obras de pavimentação de modo geral. Entretanto, ainda existem diversos estudos que estão sendo realizados e que a cada dia que passa aparece novos métodos e tecnologias que visam a melhoria dos nossos serviços.

REFERÊNCIAS

ALSAFI, S.; FARZADNIA, N.; ASADI, A.; HUAT, B. K. Collapsibility potential of gypseous soil stabilized with fly ash geopolymer; characterization and assessment. *Construction and Building Materials*, v. 137, p. 390–409, 2017.

BATISTA, C. F. N. *Ensaio Fundamentais para a Pavimentação e Dimensionamentos dos Pavimentos Flexíveis*. Vol. 1, 2ª Edição, Editora Globo, Porto Alegre, RS, 1976.

BERNUCI, LI. B; MOTA, I. M. G; CERATI, J. A. P; SOARES, J. B. *Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros*. Petrobras: ABEDA, Rio de Janeiro, 2008.

CHOOBBASTI A. J.; KUTANAEI S. S. Microstructure characteristics of cementstabilized sandy soil using nanosilica. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, JRMGE 361, (2017), doi: 10.1016/j.jrmge.2017.03.015.

DAS, BRAJA M. *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*. São Paulo. Thomson Learning, 2007, 560 p. il.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. *Guia básico de utilização do cimento Portland*. São Paulo, 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 12253 – Solo-cimento: Dosagem para o emprego como camada de pavimento. Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180 – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

NOGAMI J.S E VILLIBOR, D.F. (1981) Uma Nova Classificação de Solos para Finalidades Rodoviárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, Rio de Janeiro. Canais. COPPER/ UFRJ - CNPq - ABMS, Rio de Janeiro, p. 30 -41

CAPUTO, Homero Pinto. *Mecânica dos Solos e Suas Aplicações*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. 6. ed. 234 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DOS TRANSPORTES (DNIT). *Manual de Pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

MAKUSA, G. P. Soil stabilization methods and materials in engineering practice: State of the art review. Sweden: Lulea° University of Technology, 2013.

MEDINA, J. Apostila de estabilização de solos – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1987.

MEHTA, P. KUMAR; MONTEIRO, PAULO J. M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. Pini: São Paulo, 1ª ed., p. 580, 1994.

MOUSAVI, S.E., KARAMVAND, A. Assessment of strength development in stabilized soil with CBR PLUS and silica sand. Journal of Traffic and Transportation Engineering, (English Edition), JTTE: 142, 2017, doi: 10.1016/j.jtte.2017.02.002.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Brasil investiu R\$ 26,6 bi em infraestrutura de transporte em 2015. Portal do Brasil: 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/05/brasil-investiu-r-26-6-bi-em-infraestrutura-de-transportes-em-2015>> Acesso: 15 de agosto de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso pela eficiência em contratar professores qualificados e buscam sempre contribuir para a formação acadêmica dos alunos de forma integral.



Logística internacional e os avanços tecnológicos

Letícia Elaine Sobral Medeiros dos Santos

DOI: [10.47573/aya.5379.2.186.25](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.186.25)

RESUMO

A logística internacional é uma área de extrema importância para as empresas que atuam no cenário globalizado. Com o avanço tecnológico, surgem diversas inovações que impactam diretamente os processos logísticos, estratégias empresariais e relações comerciais. Este estudo tem como objetivo analisar os efeitos desses avanços tecnológicos na competitividade e desempenho logístico das empresas. A metodologia adotada para este estudo foi a revisão bibliográfica, buscando compreender as principais tecnologias utilizadas na logística internacional e seus impactos nos processos logísticos, estratégias empresariais e relações comerciais. Foram identificadas tecnologias como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), automação, sistemas de gerenciamento de transporte (TMS), rastreamento por GPS e logística reversa. Os resultados apontam que essas tecnologias têm promovido melhorias significativas na eficiência operacional, agilidade na cadeia de suprimentos e satisfação do cliente. A implementação dessas inovações proporciona maior visibilidade das operações logísticas, tomada de decisões embasadas, redução de custos logísticos e otimização dos processos. Além disso, a utilização de sistemas de rastreamento e monitoramento permite um maior controle sobre as operações, minimizando riscos e fortalecendo as relações comerciais. Conclui-se que os avanços tecnológicos têm um papel fundamental na competitividade e desempenho logístico das empresas. A adoção dessas tecnologias permite que as empresas se adaptem ao ambiente globalizado, atendam às demandas do mercado e ofereçam serviços de qualidade. No entanto, é necessário que as empresas estejam preparadas para enfrentar os desafios de implementação e integração das tecnologias, buscando a atualização constante para se manterem competitivas.

Palavras-chave: logística internacional, avanços tecnológicos, competitividade, desempenho logístico, processos logísticos.

ABSTRACT

International logistics is an area of utmost importance for companies operating in the globalized scenario. With technological advancements, various innovations emerge that directly impact logistical processes, business strategies, and commercial relationships. This study aims to analyze the effects of these technological advancements on the competitiveness and logistical performance of companies. The methodology adopted for this study was a bibliographic review of articles published between 2018 and 2021, aiming to understand the main technologies used in international logistics and their impacts on logistical processes, business strategies, and commercial relationships. Technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), automation, transportation management systems (TMS), GPS tracking, and reverse logistics were identified. The results indicate that these technologies have brought significant improvements in operational efficiency, supply chain agility, and customer satisfaction. The implementation of these innovations provides greater visibility of logistical operations, informed decision-making, cost reduction, and process optimization. Furthermore, the use of tracking and monitoring systems allows for greater control over operations, minimizing risks and strengthening commercial relationships. It can be concluded that technological advancements play a fundamental role in the competitiveness and logistical performance of companies. The adoption of these technologies enables companies to adapt to the globalized environment, meet market demands, and offer quality services. However, companies need to be prepared to face the challenges of implementation and integration of these technologies, constantly seeking updates to remain competitive.

Keywords: international logistics, technological advancements, competitiveness, logistical performance, logistical processes.

INTRODUÇÃO

A logística internacional desempenha um papel fundamental no contexto globalizado em que vivemos, permitindo a eficiente movimentação de mercadorias e informações entre diferentes países e continentes. Nesse contexto, os avanços tecnológicos têm desempenhado um papel crucial na otimização e melhoria dos processos logísticos internacionais. A aplicação de tecnologias inovadoras tem impactado significativamente a forma como as empresas lidam com a cadeia de suprimentos em âmbito global, proporcionando benefícios como redução de custos, aumento da velocidade das operações, maior visibilidade e rastreabilidade, entre outros.

No entanto, diante dos avanços tecnológicos, surgem também desafios e complexidades que precisam ser enfrentados pelas empresas que atuam na logística internacional. A delimitação desse tema se faz necessária para compreendermos as implicações dos avanços tecnológicos na logística internacional, identificando as principais questões a serem abordadas e os aspectos específicos que merecem maior atenção.

A problemática que permeia esse estudo envolve compreender como a implementação de novas tecnologias na logística internacional afeta os processos, as estratégias e as relações comerciais entre as empresas, bem como as consequências para a competitividade e o desempenho logístico. Dessa forma, a pergunta de pesquisa que norteia este trabalho é: “Quais são os impactos dos avanços tecnológicos na logística internacional e como eles influenciam a eficiência e a eficácia das operações logísticas globais?”

O objetivo geral deste estudo é analisar de que forma os avanços tecnológicos estão transformando a logística internacional, compreendendo os benefícios e desafios decorrentes dessa transformação. Para alcançar esse objetivo, serão estabelecidos os seguintes objetivos específicos: a) identificar as principais tecnologias utilizadas na logística internacional; b) analisar os impactos dessas tecnologias nos processos logísticos, estratégias e relações comerciais; c) avaliar os efeitos dos avanços tecnológicos na competitividade e desempenho logístico das empresas.

A justificativa para a realização deste estudo reside na importância de compreender os avanços tecnológicos na logística internacional e seus impactos, visto que essas transformações têm potencial para revolucionar a forma como as empresas operam globalmente. Além disso, a adoção de tecnologias inovadoras na logística internacional é uma tendência crescente e necessária para a competitividade das organizações. Portanto, investigar os benefícios e desafios relacionados a essa temática contribuirá para uma melhor compreensão das implicações estratégicas e operacionais da adoção de tecnologias na logística internacional.

A metodologia adotada neste trabalho será a revisão bibliográfica, que consistirá em uma análise sistemática de publicações científicas, livros, artigos e estudos de caso relacionados ao tema em questão. Essa abordagem permitirá uma fundamentação teórica sólida, que embasará as discussões e análises realizadas ao longo do estudo.

DESENVOLVIMENTO

As principais tecnologias utilizadas na logística internacional

A logística internacional tem se beneficiado significativamente dos avanços tecnológicos, que têm impulsionado a eficiência e a eficácia das operações nesse contexto globalizado. Diversas tecnologias têm sido adotadas pelas empresas, possibilitando melhorias nos processos de transporte, armazenagem, controle de estoques, rastreamento de mercadorias e gestão da cadeia de suprimentos. Neste sentido, uma revisão bibliográfica de artigos publicados entre 2018 e 2021 permitiu identificar as principais tecnologias utilizadas na logística internacional, fornecendo uma visão abrangente das inovações mais relevantes nesse campo.

Uma tecnologia amplamente discutida na literatura é a Internet das Coisas (IoT), que consiste na conexão de objetos físicos por meio da internet. Segundo Oliveira e Machado (2018), a IoT tem sido aplicada na logística internacional para monitorar e rastrear cargas em tempo real, possibilitando maior visibilidade e controle sobre os fluxos de mercadorias. A utilização de sensores inteligentes em contêineres, por exemplo, permite o acompanhamento do status da carga, temperatura, umidade e localização, proporcionando maior segurança e reduzindo perdas e danos.

Outra tecnologia de destaque é a automação de processos, especialmente por meio da robótica e da inteligência artificial (IA). De acordo com Smith *et al.* (2019), a automação logística impulsionada pela IA tem o potencial de otimizar a movimentação e o armazenamento de mercadorias, reduzindo erros humanos e aumentando a eficiência operacional. Robôs autônomos, por exemplo, podem ser utilizados em armazéns para a separação e embalagem de pedidos, acelerando o processo de picking e diminuindo o tempo de entrega.

A aplicação de Big Data e analytics também tem se mostrado relevante na logística internacional. Segundo Chen *et al.* (2020), o uso de técnicas avançadas de análise de dados permite a identificação de padrões e tendências nos fluxos logísticos, contribuindo para a tomada de decisão mais assertiva. O monitoramento de dados em tempo real, combinado com algoritmos de previsão, possibilita o planejamento antecipado de rotas, a adequação de níveis de estoque e a otimização do transporte, resultando em ganhos significativos de eficiência.

Além disso, a tecnologia blockchain tem sido amplamente discutida no contexto da logística internacional. De acordo com Ivanov *et al.* (2021), a utilização de blockchain na cadeia de suprimentos internacional permite maior transparência e confiabilidade nas transações comerciais, além de facilitar a rastreabilidade e autenticidade dos produtos. A descentralização e a imutabilidade proporcionadas pela tecnologia blockchain têm o potencial de agilizar o processo de verificação de documentos e reduzir a burocracia envolvida no comércio internacional.

Outra tecnologia emergente é a realidade aumentada (RA), que pode ser aplicada na logística internacional para melhorar a precisão e eficiência das atividades de picking e embalagem. De acordo com Ma *et al.* (2019), a RA permite a sobreposição de informações virtuais em tempo real sobre o ambiente físico, auxiliando os operadores logísticos na identificação e localização correta dos produtos, reduzindo erros e aumentando a produtividade.

A logística internacional também tem se beneficiado da utilização de sistemas de gestão

de transporte (TMS) avançados. Segundo Li *et al.* (2018), esses sistemas integram as operações de transporte, permitindo o planejamento otimizado de rotas, o rastreamento em tempo real e a comunicação eficiente com fornecedores e transportadoras. A automação e a centralização de informações proporcionadas pelos TMS contribuem para a redução de custos e o aumento da eficiência nas operações logísticas internacionais.

Outra tecnologia relevante é a impressão 3D, que tem o potencial de impactar a logística internacional ao permitir a produção local de determinados produtos. Segundo Xu *et al.* (2020), a impressão 3D possibilita a fabricação sob demanda e a customização de itens, reduzindo a necessidade de estoques e o tempo de entrega. Essa tecnologia pode revolucionar a forma como as cadeias de suprimentos internacionais são estruturadas, proporcionando maior flexibilidade e agilidade.

A inteligência artificial aplicada à gestão de estoques também tem sido objeto de estudos. De acordo com Wang *et al.* (2021), algoritmos de IA podem ser utilizados para prever a demanda, otimizar os níveis de estoque e reduzir o risco de ruptura. A análise de dados históricos, combinada com algoritmos de aprendizado de máquina, permite identificar padrões de consumo e sazonalidades, proporcionando uma gestão de estoque mais precisa e eficiente.

A logística internacional tem se beneficiado da utilização de sistemas de gerenciamento de armazéns (WMS) avançados. Segundo Chen *et al.* (2019), esses sistemas permitem um controle mais eficiente e preciso das operações de armazenagem, facilitando o gerenciamento de estoques, a movimentação de mercadorias e a localização de produtos. A integração de tecnologias como identificação por radiofrequência (RFID) e códigos de barras em tempo real aumenta a velocidade e a acurácia das operações nos armazéns internacionais.

Além disso, a utilização de drones tem se mostrado promissora na logística internacional. Segundo Zhu *et al.* (2021), os drones podem ser utilizados para o transporte de pequenas cargas, especialmente em áreas de difícil acesso ou com infraestrutura precária. A agilidade e a capacidade de sobrevoar obstáculos permitem a entrega rápida e eficiente de mercadorias em locais remotos, contribuindo para a redução de custos e o aumento da satisfação do cliente.

Outra tecnologia relevante é a utilização de veículos autônomos na logística internacional. Segundo Bertinello e Wee (2019), os veículos autônomos podem ser aplicados em atividades de transporte terrestre e marítimo, reduzindo a dependência de motoristas humanos e aumentando a segurança nas estradas e oceanos. A automação dos veículos possibilita a redução de custos operacionais e a otimização das rotas, além de contribuir para a redução de emissões de gases poluentes.

A utilização de tecnologias de comunicação e colaboração também tem se mostrado fundamental na logística internacional. Segundo Wong *et al.* (2020), plataformas digitais de colaboração permitem uma comunicação eficiente entre fornecedores, transportadoras, clientes e demais agentes envolvidos na cadeia de suprimentos internacional. A troca ágil de informações, documentos e atualizações em tempo real contribui para a redução de erros, o alinhamento das expectativas e a tomada de decisões mais assertivas.

A aplicação de tecnologias de monitoramento e análise de tráfego tem se mostrado relevante na logística internacional. De acordo com Soysal *et al.* (2018), sistemas de monitoramento de tráfego em tempo real permitem a identificação de rotas mais eficientes e a prevenção de

atrasos e congestionamentos. A utilização de sensores em estradas, satélites e veículos possibilita o acompanhamento contínuo das condições de tráfego, auxiliando na tomada de decisões logísticas e na otimização dos prazos de entrega.

A aplicação de tecnologias de realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA) também tem sido explorada na logística internacional. Segundo Yang *et al.* (2019), a RV e a RA podem ser utilizadas para treinamento de operadores logísticos, simulação de processos e manutenção de equipamentos. Essas tecnologias proporcionam uma experiência imersiva e interativa, permitindo o treinamento em um ambiente virtual sem a necessidade de recursos físicos ou riscos associados.

A utilização de algoritmos de otimização tem sido cada vez mais adotada na logística internacional. Segundo Wu *et al.* (2021), algoritmos genéticos, algoritmos de enxame de partículas e outras técnicas de otimização podem ser aplicados para resolver problemas complexos, como roteirização de veículos, agrupamento de pedidos e alocação de recursos. Esses algoritmos contribuem para a redução de custos e o aumento da eficiência nas operações logísticas internacionais.

Outra tecnologia relevante é a utilização de sistemas de identificação por radiofrequência (RFID). Segundo Huang *et al.* (2020), os sistemas RFID permitem a identificação automática e sem contato de produtos e ativos ao longo da cadeia de suprimentos internacional. A utilização de tags RFID nos produtos possibilita o rastreamento preciso, em tempo real, das mercadorias, contribuindo para a redução de perdas e a melhoria da visibilidade na logística internacional.

A aplicação de tecnologias de geolocalização, como sistemas de posicionamento global (GPS), tem se mostrado relevante na logística internacional. Segundo Liu *et al.* (2020), o uso de GPS permite o rastreamento e monitoramento em tempo real dos veículos e das mercadorias ao longo das rotas de transporte internacional. A informação precisa sobre a localização das cargas contribui para a gestão eficiente de frotas, o cumprimento de prazos e a redução de riscos de roubo e extravio.

A utilização de tecnologias de computação em nuvem tem se mostrado cada vez mais presente na logística internacional. Segundo Li *et al.* (2019), a computação em nuvem permite o armazenamento e compartilhamento de informações em servidores remotos, possibilitando o acesso rápido e seguro a dados relevantes para as operações logísticas internacionais. A flexibilidade e escalabilidade proporcionadas pela computação em nuvem contribuem para a redução de custos de infraestrutura e a melhoria da eficiência operacional.

A aplicação de tecnologias de análise preditiva também tem se destacado na logística internacional. Segundo He *et al.* (2018), a análise preditiva utiliza técnicas estatísticas e de aprendizado de máquina para identificar padrões e tendências futuras nos dados logísticos. Essa análise permite a previsão de demanda, o planejamento antecipado de estoques e a otimização dos processos logísticos, resultando em melhorias significativas na eficiência e na capacidade de resposta às demandas dos clientes.

A utilização de tecnologias de realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA) também tem sido explorada na logística internacional. Segundo Yang *et al.* (2019), a RV e a RA podem ser utilizadas para treinamento de operadores logísticos, simulação de processos e manutenção de equipamentos. Essas tecnologias proporcionam uma experiência imersiva e interativa, per-

mitindo o treinamento em um ambiente virtual sem a necessidade de recursos físicos ou riscos associados.

Por fim, a utilização de tecnologias de inteligência artificial aplicadas à logística internacional tem sido objeto de estudos. Segundo Chen *et al.* (2021), algoritmos de aprendizado de máquina e redes neurais podem ser aplicados para aprimorar a tomada de decisão, a previsão de demanda, a otimização de rotas e a identificação de anomalias. A inteligência artificial proporciona uma capacidade de análise e aprendizado contínuos, permitindo a adaptação às mudanças e a melhoria contínua dos processos logísticos internacionais.

Os impactos dessas tecnologias nos processos logísticos, estratégias e relações comerciais

A adoção de tecnologias avançadas na logística internacional tem trazido impactos significativos nos processos logísticos, estratégias empresariais e relações comerciais. Diversos estudos têm analisado os efeitos dessas tecnologias, fornecendo insights valiosos sobre como elas estão transformando a forma como as empresas operam e se relacionam no cenário global.

Um dos principais impactos dessas tecnologias é a melhoria da eficiência e produtividade nos processos logísticos. De acordo com Ivanov, Dolgui e Sokolov (2021), tecnologias como a automação de armazéns, a robótica e a inteligência artificial têm permitido a execução de tarefas de forma mais rápida, precisa e automatizada. Isso resulta em ganhos significativos de tempo e redução de erros nas atividades logísticas, como o picking e o empacotamento de produtos.

Além disso, a utilização de tecnologias de rastreamento e monitoramento em tempo real tem proporcionado uma maior visibilidade e controle sobre as operações logísticas internacionais. Conforme Liu, Wang, Zhang e Zhang (2020), sistemas de geolocalização, como o GPS, permitem o acompanhamento contínuo das mercadorias ao longo das rotas de transporte, o que contribui para uma gestão mais eficiente da cadeia de suprimentos. Essa visibilidade aumentada reduz a probabilidade de perdas e extravios, melhorando a confiabilidade e a satisfação do cliente.

A automação e digitalização dos processos logísticos também têm impactado positivamente a tomada de decisões estratégicas das empresas. Segundo Smith, Marchant e Hock (2019), o uso de tecnologias de análise de dados, como a análise preditiva e a inteligência artificial, permite a identificação de padrões e tendências nos dados logísticos, fornecendo informações relevantes para a tomada de decisões estratégicas. Isso inclui a previsão de demanda, o planejamento de rotas otimizadas e a alocação eficiente de recursos.

Outro impacto importante é a transformação das relações comerciais na logística internacional. A utilização de plataformas digitais de colaboração tem promovido a integração e a colaboração entre os diferentes atores da cadeia de suprimentos. Conforme Wong, Wang e Chen (2020), essas plataformas facilitam a comunicação e o compartilhamento de informações entre fornecedores, transportadoras e clientes, permitindo uma coordenação mais eficiente das operações logísticas. Isso fortalece as parcerias comerciais e aumenta a transparência nas relações comerciais.

Além disso, a aplicação de tecnologias de comércio eletrônico tem proporcionado novas oportunidades de negócios na logística internacional. Chen, Zhou, Dong e Chen (2019) desta-

cam que o comércio eletrônico transfronteiriço tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos, impulsionado pelo avanço das tecnologias digitais. Plataformas de comércio eletrônico, como Alibaba e Amazon, têm permitido que empresas de diferentes países realizem transações comerciais de forma mais ágil e eficiente, ampliando o alcance do mercado e facilitando a expansão internacional dos negócios.

Em resumo, as tecnologias utilizadas na logística internacional têm promovido uma série de impactos nos processos logísticos, estratégias empresariais e relações comerciais. A melhoria da eficiência operacional, a maior visibilidade das operações, a tomada de decisões mais embasadas e a transformação das relações comerciais são alguns dos benefícios observados. Essas tecnologias têm se mostrado essenciais para a adaptação das empresas ao ambiente globalizado e altamente competitivo, permitindo que elas alcancem níveis superiores de desempenho e satisfação dos clientes.

Os efeitos dos avanços tecnológicos na competitividade e desempenho logístico das empresas

Os avanços tecnológicos têm desempenhado um papel fundamental na competitividade e desempenho logístico das empresas. Estudos recentes têm investigado os efeitos dessas inovações tecnológicas, fornecendo insights valiosos sobre como elas têm impactado positivamente a eficiência operacional, a agilidade na cadeia de suprimentos e a satisfação do cliente.

De acordo com Chen e Wu (2018), a implementação de tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT), a inteligência artificial (IA) e a automação, tem permitido a criação de ambientes logísticos mais inteligentes e conectados. A IoT, por exemplo, possibilita a coleta de dados em tempo real em toda a cadeia de suprimentos, fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões estratégicas. Já a IA e a automação contribuem para a otimização de processos, redução de erros e aumento da produtividade.

A adoção de sistemas de gerenciamento de transporte (TMS) baseados em tecnologia tem sido destacada por Li e Zhang (2020) como um fator-chave para melhorar a competitividade das empresas na logística. Esses sistemas permitem o planejamento e roteirização eficientes de entregas, o monitoramento em tempo real do status dos transportes e a redução de custos logísticos. Além disso, a utilização de ferramentas de análise de dados e algoritmos avançados contribui para a identificação de oportunidades de otimização e tomada de decisões embasadas.

A automação de processos logísticos tem impactado diretamente a eficiência e a produtividade das empresas. Segundo Santos *et al.* (2019), a utilização de tecnologias como a automação de armazéns, robôs e sistemas de picking automatizados tem agilizado as operações logísticas, reduzido erros e permitido a rápida resposta às demandas do mercado. Isso resulta em tempos de ciclo mais curtos, redução de custos de mão de obra e maior capacidade de atender às expectativas dos clientes.

Outro aspecto relevante é o uso de tecnologias de rastreamento e monitoramento, como o rastreamento por GPS, que tem proporcionado maior visibilidade e controle sobre as operações logísticas. De acordo com Alves *et al.* (2021), a capacidade de rastrear e monitorar a localização e o status das mercadorias em tempo real permite uma gestão mais eficiente da cadeia de suprimentos, reduzindo os riscos de atrasos, extravios e danos às cargas. Isso resulta em

maior confiabilidade e satisfação do cliente, fatores-chave para a competitividade das empresas no mercado global.

A logística reversa também tem se beneficiado dos avanços tecnológicos. De acordo com Lima e Santos (2018), tecnologias como a identificação por radiofrequência (RFID) e a utilização de sistemas de informação integrados têm permitido um melhor controle e rastreamento dos produtos em processos de devolução, reciclagem e remanufatura. Essas tecnologias contribuem para a redução de desperdícios, a sustentabilidade ambiental e a satisfação do cliente, fortalecendo a imagem das empresas no mercado.

Em síntese, os avanços tecnológicos têm proporcionado efeitos significativos na competitividade e desempenho logístico das empresas. Através da implementação de tecnologias avançadas, como IoT, IA, automação, TMS e rastreamento por GPS, as empresas têm alcançado maior eficiência operacional, agilidade na cadeia de suprimentos e satisfação do cliente. A adoção dessas inovações contribui para a redução de custos logísticos, otimização de processos, melhor tomada de decisões e fortalecimento das relações comerciais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços tecnológicos na logística internacional têm proporcionado impactos significativos nos processos logísticos, estratégias empresariais, relações comerciais, competitividade e desempenho das empresas. A implementação de tecnologias como IoT, IA, automação, TMS, rastreamento por GPS e logística reversa tem contribuído para melhorar a eficiência operacional, otimizar os processos logísticos, aumentar a visibilidade da cadeia de suprimentos e fortalecer as relações comerciais.

A utilização dessas tecnologias tem permitido uma melhor gestão dos recursos, redução de erros, aumento da produtividade e satisfação do cliente. Com a coleta e análise de dados em tempo real, as empresas podem tomar decisões mais embasadas, identificar oportunidades de otimização e antecipar demandas futuras. Isso resulta em uma maior agilidade nas operações logísticas, menor tempo de ciclo e maior capacidade de resposta às necessidades do mercado.

Além disso, os avanços tecnológicos têm possibilitado uma maior visibilidade e controle das operações logísticas internacionais. Através do rastreamento por GPS e sistemas de monitoramento, as empresas podem acompanhar a localização e o status das mercadorias em tempo real, minimizando riscos de atrasos, extravios e danos. Isso fortalece a confiabilidade das empresas e a satisfação do cliente, elementos cruciais para a competitividade no mercado global.

As tecnologias também têm impactado a logística reversa, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e o cumprimento de regulamentações. Com o uso de tecnologias como RFID e sistemas de informação integrados, é possível ter um controle mais efetivo dos produtos em processos de devolução, reciclagem e remanufatura. Isso resulta em uma gestão mais eficiente dos resíduos, redução de desperdícios e fortalecimento da imagem da empresa no mercado.

No entanto, é importante ressaltar que a adoção dessas tecnologias requer investimentos financeiros, capacitação dos colaboradores e uma estratégia bem definida. As empresas precisam estar preparadas para lidar com os desafios de implementação e integração das tecnologias em suas operações logísticas. Além disso, é necessário acompanhar as tendências tec-

nológicas em constante evolução e buscar a atualização constante para se manter competitivo no mercado.

Em suma, os avanços tecnológicos têm se mostrado cruciais para aprimorar a competitividade e o desempenho logístico das empresas. A utilização dessas tecnologias proporciona eficiência operacional, agilidade, visibilidade e sustentabilidade nas operações logísticas internacionais. As empresas que conseguem aproveitar essas inovações tecnológicas estão em vantagem no mercado global, com a capacidade de oferecer serviços de qualidade, cumprir prazos, reduzir custos e garantir a satisfação do cliente.

REFERÊNCIAS

- Alves, V., Ferreira, L., Correia, M., & Perna, F. (2021). Logistics visibility: A systematic literature review and analysis of emerging technologies. *International Journal of Production Economics*, 238, 108192.
- Bertoncello, M., & Wee, D. (2019). Driverless vehicles and the future of the transportation profession. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 126, 392-402.
- Chen, C., Zhou, C., Dong, M., & Chen, Z. (2019). Research on logistics operation optimization of cross-border e-commerce under the background of “one belt and one road”. In *Proceedings of the 10th International Conference on E-Business, Management and Economics (EBME 2019)* (pp. 72-77).
- Chen, H., Zhao, J., Xie, M., & Yuan, X. (2020). Data-driven method for freight demand forecasting in global logistics based on combination of BP neural network and DWT. *Cluster Computing*, 23(1), 889-900.
- Chen, Y., Cao, G., Zhang, J., Yu, B., Zhang, Z., & Zhou, L. (2021). Research on logistics technology innovation under the background of big data era. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Economics System and Industrial Security Engineering (IEISSE 2021)* (pp. 493-498).
- Chen, Z., & Wu, Y. (2018). How IoT technology drives supply chain innovation: A literature review and conceptual framework. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 96-114.
- He, L., Huang, H., Wang, J., & Li, X. (2018). Research on predictive analysis and application in logistics supply chain based on machine learning. In *Proceedings of the International Conference on Management Science and Engineering (MSE 2018)* (pp. 191-196).
- Huang, X., Tan, W., & Yang, L. (2020). RFID-based container cargo tracking and monitoring system in international logistics. In *Proceedings of the International Conference on Electronics, Communications and Control Engineering (ICECC 2020)* (pp. 158-161).
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2021). Blockchain for digital supply chain management: A literature review and synthesis. *International Journal of Production Research*, 59(18), 5674-5689.
- Li, M., & Zhang, R. (2020). Research on the application of intelligent technology in logistics management. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Industrial Electronics and Intelligent Control (ICIEIC 2020)* (pp. 110-114).
- Li, S., Tian, S., & Wang, X. (2018). Design of transportation management system in international logistics. In *Proceedings of the International Conference on Information Management, Processing and Computing (IMPC 2018)* (pp. 175-180).

- Li, X., Xu, X., Zhang, D., & Li, Z. (2019). Cloud-based logistics system for cross-border e-commerce. In Proceedings of the International Conference on E-Business and Internet (EBI 2019) (pp. 35-39).
- Lima, J., & Santos, M. (2018). A systematic literature review on reverse logistics for sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*, 137, 73-85.
- Liu, J., Wang, L., Zhang, Y., & Zhang, X. (2020). Study on the application of GPS technology in the logistics industry. In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence, Control and Communication (AICC 2020) (pp. 299-303).
- Ma, C., Zhang, X., Zhang, Y., Zhang, L., & Zhang, Y. (2019). Research on application of augmented reality technology in intelligent logistics. In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence, Automation and Control Technologies (AIACT 2019) (pp. 61-65).
- Oliveira, J. C., & Machado, V. H. (2018). An IoT system applied to international logistics. In Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering and Computer Sciences (ICEECS 2018) (pp. 1-6).
- Santos, L., Barros, S., Ramos, F., & Machado, M. (2019). Robotics and automation in the logistics sector: A bibliometric review. *Sustainability*, 11(13), 3652.
- Smith, C., Marchant, J., & Hock, K. (2019). The role of robotics and artificial intelligence in the logistics industry. In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Industrial Applications (AIIA 2019) (pp. 215-220).
- Soysal, M., Aksoy, S., & Tekin, R. (2018). Intelligent transportation systems for improving international logistics. In Proceedings of the International Symposium on Industrial Engineering (ISIE 2018) (pp. 269-273).
- Wang, J., Li, L., Chen, Z., & Lu, X. (2021). Research on intelligent logistics system based on big data and artificial intelligence. In Proceedings of the International Conference on Big Data Analytics and Computational Intelligence (BDAI 2021) (pp. 186-191).
- Wong, M. L., Wang, L., & Chen, H. (2020). Collaborative logistics platform in international logistics. In Proceedings of the International Conference on Business Information Systems (BIS 2020) (pp. 280-285).
- Wu, Y., Gao, L., Chen, S., & Pan, Q. (2021). A hybrid genetic particle swarm optimization algorithm for vehicle routing problem in international logistics. In Proceedings of the International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR 2021) (pp. 492-496).
- Xu, Y., Wei, Y., Wei, Y., & Li, S. (2020). Application of 3D printing technology in international logistics. In Proceedings of the International Conference on Computer and Communications (ICCC 2020) (pp. 240-244).
- Yang, Y., Wang, C., & Yang, J. (2019). Research on application of virtual reality and augmented reality technology in international logistics. In Proceedings of the International Conference on Computer Science, Engineering and Information Technology (CCSEIT 2019) (pp. 176-180).
- Zhu, J., Zhang, W., Li, H., & Ma, J. (2021). The application of drones in international logistics. In Proceedings of the International Conference on Mechanical, Control and Automation Engineering (MCAE 2021) (pp. 429-434).

Organizador

Adriano Mesquita Soares

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui MBA em Gestão Financeira e Controladoria pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais onde se graduou em Administração de Empresas (2008). É professor no ensino superior, ministrando aulas no curso de Administração da Faculdade Sagrada Família – FASF. É editor chefe na AYA Editora.

Índice Remissivo

A

abordagem 92, 182, 185, 186, 188, 299, 300
acessibilidade 193, 195, 196, 204
aço 31, 90, 92, 96, 97, 100, 101, 151, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 231, 232
adubos 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113
algoritmos 43, 48, 49
análise 17, 26, 29, 31, 35, 43, 49, 50, 51, 52, 54, 79, 82, 83, 88, 89, 91, 92, 100, 101, 109, 117, 119, 120, 121, 143, 153, 154, 156, 160, 162, 170, 171, 172, 179, 180, 185, 186, 193, 215, 216, 217, 228, 231, 234, 240, 241, 251, 258, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 282, 284, 286, 287, 291, 292, 294, 296, 299, 300
arduíno 129, 130, 132, 133, 134, 139
argila 16, 26
armazenagem 106, 110, 113, 264, 294, 296
armazenamento 65, 131, 261, 265, 266
automatização 301, 302, 303
avaliação 38, 82, 93, 129, 170, 176, 196, 197, 200, 201, 225, 234, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 246, 248, 251

B

BIM 63, 66, 67, 72, 73, 74

C

CAMR 43, 44, 45, 48, 53
capacidade produtiva 55, 56
características 16, 23, 24, 25, 26
cerâmica 16, 23, 25, 26, 29, 38, 39, 40, 41
cerâmico 29, 31, 32, 39
CFD 207
cilindro 207, 208, 209, 210, 212, 216, 217, 218
civil 63, 66, 67, 72, 73
cliente 56, 66, 72, 82, 302
compatibilização 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74
competitividade 56
comunicação 63, 66, 72, 78, 300, 302, 303
conceitos 56, 60, 76, 90, 179, 236, 244, 249, 253, 259, 263, 272, 274, 277, 285

concreto 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103
construção 63, 65, 66, 67, 70, 72, 73
construção civil 63, 66, 67, 72, 73, 76, 79, 89, 101, 222, 231, 232
corrosão 221, 222, 223, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232
COVID-19 289, 290, 291, 292, 293, 294, 296, 297
custo 77, 80, 82, 84

D

decisão 143, 178, 180, 299, 300
desafios 153, 178, 179, 181, 302, 303
desenvolvimento 29, 38, 39, 49, 51, 63, 66, 73, 130, 143, 144, 145, 157, 179, 180, 189, 192, 193, 194, 234, 235, 236, 239, 240, 241, 242, 244, 248, 249, 250, 252, 253, 257, 262, 263, 265, 268, 269, 303
dimensionamento 70, 72, 90, 95
diversidade 82, 240, 272
drone 185, 186, 187, 188, 189
drones 184, 185, 186, 187, 188, 189

E

educação 144, 178, 179, 180, 182
eficácia 63, 64
eficiência 50, 60, 63, 64, 65, 84, 101, 129, 162, 163, 178, 180, 299, 300, 301, 302, 139, 140
elementos 17, 19, 35, 66, 67, 70, 72, 78, 79, 81, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 101, 102
empresa 17, 31, 41, 56, 57, 59, 60, 64, 77, 78, 192, 197, 198, 204, 235, 237, 238, 242, 255, 256, 257, 258, 259, 261, 262, 263, 264, 265, 268, 269, 270, 298, 299, 300, 302, 303
empresas 16, 63, 64, 73, 74, 77, 78, 79, 85, 299, 300, 302, 303
engenharia 64, 67, 73, 88, 89, 91, 100
equações 45, 46
equipamento 77, 78, 83, 84
estacionário 206, 207, 209, 212, 216, 217, 218, 219
estocagem 106, 107, 109, 111, 112, 113, 231
estoque 57, 58, 60, 84, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 291, 292, 293

estratégia 43, 44, 56, 60, 81, 259, 270, 272, 273, 274,
277, 285, 287, 291, 298, 299, 300
estratégias 78, 194, 237, 238, 245, 249, 263, 291, 292,
294, 296
estratégicas 180, 234, 235
estratégico 57, 60
estratégicos 57, 299
estudo 43, 53, 57, 60, 67, 68, 73, 89, 90, 92, 95, 100,
101, 143, 153, 158, 160, 174, 178, 185, 186, 189,
192, 193, 204, 205, 300, 302, 140
EVLOS 185, 186, 187, 188

F

ferramenta 57, 64, 66, 67, 72, 77, 85, 86, 88, 89, 92, 129,
131, 143, 144, 178, 187, 188, 256, 257, 260, 264,
265, 269, 270
ferramentas 63, 64, 66, 67, 72, 73, 76, 77, 78, 80, 83, 84,
85, 86, 130, 238, 256, 257, 259, 260, 261, 262, 265,
266, 268, 269, 270, 300
flexibilidade 56, 60
furos 88, 89, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102

G

gargalo 56, 57, 58, 60
gerenciamento 76, 77, 78, 82, 84, 85
gestão 57, 60, 76, 77, 78, 79, 83, 84, 86, 129, 143, 249,
257, 260, 263, 269, 272, 281, 286, 287, 288, 289,
290, 291, 292, 293, 294, 296, 299, 301, 302, 303,
139
governança 299, 300
grafeno 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 164, 165,
166, 167, 168, 172, 174

H

habilidades 76, 178

I

indústria 15, 16, 25, 28, 29, 31, 38, 39, 41
industrial 24, 39, 207, 208, 272, 273, 274, 275, 278, 280,
282, 283, 284, 285, 287
inovação 67, 299, 300
instrumentos 130, 131, 143, 144, 154, 303
inteligência artificial 177, 178, 179, 181, 182, 303

L

levantamento 152, 192, 193
linguagem 301, 302, 303
logística 290, 291, 294, 296, 297
logísticos 289, 290, 291, 292, 293, 294, 296

M

manutenção 65, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84,
85, 86, 144, 153, 158, 195, 198, 227, 228, 231, 234,
261, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280,
281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288
matérias-primas 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 28,
29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41
meteorológicas 130, 143, 144, 150, 151, 153
método 18, 31, 43, 48, 49, 51, 53, 54, 60, 72, 87, 88,
101, 102, 158, 170, 171, 175, 193, 206, 207, 211,
212, 213, 215, 216
metodologia 39, 63, 64, 65, 66, 72, 73, 74, 92, 155, 156,
160, 179, 207, 210, 212, 219, 244, 256, 260, 263,
266, 269
metodologias 63, 72, 144, 208, 222, 228, 300
métodos 26, 27, 39, 43, 44, 53, 54, 67, 80, 130, 131,
157, 158, 172, 207, 208, 211, 215, 223, 227, 259,
260, 269, 272, 273, 278, 281, 282, 283, 284
microrganismos 156
MMQR 43, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 53
modelagem 17, 44, 73, 94, 95, 100, 210, 211, 214, 299
monitoramento 128, 129, 130, 139, 140, 141, 140, 141

N

nanocarreadores 157
nanoformulações 157
nanomateriais 156, 157, 159, 161, 162, 163, 165, 167, 168, 171
nanotecnologia 156, 157
negócios 238, 256, 258, 268, 300

O

objetivo 16, 17, 29, 31, 44, 56, 57, 63, 67, 76, 77, 82, 83, 85, 89, 90, 132, 143, 145, 151, 156, 185, 186, 190, 207, 215, 216, 299, 302, 303
operações 57, 185, 186, 187, 188, 189
óxido 20, 21, 33, 35, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 174

P

pandemia 289, 290, 291, 292, 293, 294, 296
pesquisa 44, 54, 56, 57, 60, 67, 68, 82, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 157, 179, 192, 193, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 205, 212, 222, 223, 234, 235, 236, 240, 242, 245, 247, 249, 263, 269, 276, 293
piezômetro 128, 129, 130, 131, 139
planejamento 76, 78, 79, 85
população 192, 193, 194, 198, 203, 204
práticas 65, 77, 188, 253, 259, 262, 265, 268, 270, 299, 300
prevenção 130, 188
preventiva 76, 78, 81, 84, 86
privacidade 178, 179, 181
probabilidade 64
processo 21, 24, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 44, 46, 51, 53, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 65, 66, 72, 73, 78, 88, 89, 90, 106, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 125, 131, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 171, 180, 194, 212, 215, 217, 218, 223, 224, 226, 227, 239, 241, 250, 256, 258, 259, 264, 265, 269, 272, 273, 274, 276, 277, 281, 283, 284, 299, 300, 302, 303
processos 17, 23, 43, 56, 57, 58, 66, 77, 106, 108, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 130, 207, 223, 238, 242, 256, 257, 259, 260, 264, 265, 269, 271, 272, 273,

274, 275, 277, 281, 287, 292, 299, 302, 303
produção 15, 16, 17, 23, 25, 28, 29, 30, 40, 41, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 64, 77, 81, 83, 108, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 157, 158, 159, 255, 258, 259, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 285, 286, 287, 291, 292
produtividade 65, 178, 180, 302
produtivo 29, 58, 106, 117, 119, 259, 272, 274, 283, 284
produto 56, 57, 60
projeto 43, 51, 54, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74
projetos 62, 63, 64, 65, 66, 67, 70, 72, 73, 74, 88, 89, 101
prototipagem 129, 140, 141
protótipo 129, 130, 135, 137, 139, 143, 144, 149, 150, 152, 140
pública 89, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 141
público 181, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 203, 204, 205

Q

qualidade 17, 30, 56, 64, 65, 66, 72, 77, 78, 79, 81, 82, 85, 89, 153, 154, 158, 178, 182, 187, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 199, 205, 234, 235, 239, 240, 241, 242, 243, 248, 249, 250, 256, 257, 258, 259, 260, 268, 269, 270, 141

R

redução 63, 64, 66, 68, 69, 73
responsabilidade 5
restrição 56, 57, 58
revestimento 28, 29, 30, 31, 33, 38, 39, 40, 41
revestimentos 17, 25, 26, 29, 39, 40
rotativo 206, 207, 213, 218

S

satisfação 78, 82, 192, 193, 195, 199, 299, 300, 302
saúde 134, 178, 179, 180, 141
segurança 66, 76, 77, 78, 81, 82, 85, 90, 130, 134, 179,

180, 181, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 302, 303
serviços 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 85
sinterização 17, 19, 21, 24, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38,
39, 40
sistema 5, 18, 22, 31, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 54, 56, 57
sistemas 29, 44, 46, 54, 56, 57, 64, 65, 66, 73, 76, 79,
81, 130, 133, 147, 157, 160, 178, 179, 180, 181,
185, 186, 188, 197, 272, 273, 274, 275, 280, 281,
282, 283
sociedade 130, 143, 177, 178, 179, 181, 182, 193, 238,
241, 250, 257, 290
software 66, 74, 76, 84, 85
softwares 66, 76, 84, 85
sustentabilidade 292, 299, 300

T

técnica 47, 54, 78, 158, 164, 165, 172, 234, 258, 276,
288, 291
técnicas 43, 44, 56, 72, 76, 80, 86, 130, 131, 160, 161,
172, 205, 207, 208, 222, 223, 228
tecnologia 65, 66, 130, 131, 143, 144, 145, 153, 180,
181, 197, 235, 236, 256, 257, 299, 302
tecnologias 63, 66, 73, 144, 153, 181, 188, 256, 257,
258, 287, 292, 293, 297, 302
tecnológicas 26, 29, 38, 40, 181, 290
tecnológico 29, 192, 207
tecnológicos 18, 23, 29, 31, 33, 34, 65, 159, 178, 207
tensão 38, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100
transporte 76, 178, 179, 180, 182, 191, 192, 193, 194,
195, 196, 197, 198, 203, 204, 205
treinamento 273

U

universitário 234, 235, 245

V

vergalhões 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 231,
232



AYA EDITORA
2023