

Anais dos Trabalhos de Conclusão de
Curso do **Centro Universitário FEI**

inova 

1º semestre/2025



1º semestre / 2025

Coordenadores de Trabalhos de Conclusão de Curso

Prof. Me. Felipe Hernandes Cava

Profa. Dra. Gabriela Scur Almudi

Prof. Dr. Luis Fernando Novazzi

Prof. Dr. Marcelo Otavio dos Santos

Prof. Me. Marco Antonio Zanussi Barreto

Profa. Dra. Maria Laura Ferranty Mac Lennan

Profa. Dra. Maria Tereza Saraiva de Souza

Prof. Dr. Renato Aparecido Aguiar

Prof. Dr. Ricardo de Carvalho Destro

Organização dos Anais dos Trabalhos de Conclusão de Curso

Profa. Dra. Michelly de Souza

Sumário

Prefácio.....	9
Administração.....	11
Impacto da Automação de Tarefas Operacionais no Âmbito Empresarial	13
Mapeamento De Gastos E Análise Custo-Volume-Lucro: O Caso Da SuperHeroburguer	15
Diversidade, Equidade e Inclusão na Indústria Cosmética: Respostas do Consumidor a Ações de Marketing das Empresas	17
ESG na Bolsa Brasileira: Índice de Sustentabilidade Empresarial e o Valor para o Mercado	19
Sistema Preditivo de Segurança Feminina: Um Plano de Negócio Baseado em IA e Dispositivos Vestíveis.....	21
Liderança e Burnout nas Organizações: Um Estudo Exploratório em Organizações Bancárias	23
Ciência da Computação	25
A.R. Detection: Uma Metodologia para Detecção de Ações Inseguras em Chão de Fábrica baseada em Aprendizado Profundo e Visão computacional.....	27
Algoritmos de Aprendizado de Máquina na Análise de Sentimentos em Textos	29
Análise e Combinação de LLMS para Correção Automática de Questões Dissertativas	31
Mineração e Estruturação de Grafos Baseados em Genealogia Acadêmica	33

Desenvolvimento de um Sistema de Navegação que Evite Zonas com Alto Índice Criminal Utilizando Análise de Dados de BOs e A*	35
Detecção de Deepfake em Vídeos Utilizando Rugas como Identificadores Únicos	39
Uma Metodologia para Criptografia Baseada em Esféricos Harmônicos e Análise de Fourier para Transmissão de Informações Envolvendo Malhas Gráficas 3D	41
Fake-DICOM: Uma Nova Estratégia para Prevenir e Detectar Intrusões em Imagens Médicas Baseada em Transformada de Fourier e Redes Neurais Profundas	43
Modelagem Segura e Avaliação de Desempenho de Protocolos de Exclusão Mútua Escaláveis em Rust para Ambientes Concorrentes	45
ScoutAI: Uma Plataforma de Análise Estatística no Futebol com Algoritmos Preditivos Baseados em Inteligência Artificial	47
Engenharia Civil	49
Análise do Uso de Aditivos Superabsorventes na Reciclagem de Concretos Frescos	51
Análise de Atrito em Pistas de Pouso e Decolagem Antes e Após a Remoção de Borracha	53
Análise Comparativa dos Sistemas Estruturais de Lajes Maciças e Lajes Nervuradas	55
Engenharia Elétrica	57
Aplicação de Inteligência Artificial Para Manutenção Preventiva: Análise de Risco	59
Avaliação e Benchmark do LiDAR em Relação ao UWB Aplicado na Localização de Trens CBTC	61
Estudo Sobre Rede Sem Fio Aplicada na Geolocalização de Agentes Circulantes	63
Estudo e Caracterização de Um Motor de Fluxo Axial com Componentes Fabricados por Manufatura Aditiva	65
Engenharia Mecânica Automobilística	67
Sistema de Injeção de Peróxido de Hidrogênio para a Redução de NOx em Motores de Ignição por Centelha a Hidrogênio em Veículos Pesados	69

Ride Shield – Sistema de Segurança Passiva para Proteção dos Membros Inferiores de Motociclistas	71
H2CPS – Sistema de Exaustão dos Gases de Blow-by em Motores de Combustão Interna a Hidrogênio	73
Engenharia Mecânica Plena	77
BRAKETECH: Redimensionamento e Montagem de uma Bancada de Teste de Freios Multifuncional	79
Análise e Proposta de um Sistema de Arrefecimento de RESS	81
Personalização de Prótese para Artroplastia de Joelho por Manufatura Aditiva: Análise Estrutural e Estudo Comparativo entre Polímeros e Titânio	83
BioSafe Transport: Capacitação do Transporte para Órgãos Vitais por Meio de Drones e com Fabricação de Compartimento Térmico para o seu Armazenamento Temporário	85
HEPHASSIST: Otimização e Desenvolvimento de Um Andador Ortopédico	89
Análise da Influência das Forças Aerodinâmicas no Comportamento Dinâmico de Carros de Alto Desempenho.....	93
BARS – Estudo de Viabilidade de um Sistema de Refrigeração por Absorção com Brometo de Lítio e Água para Cabines de Microônibus Diesel.....	97
Engenharia de Produção	103
A Importância da Gestão de Experiência do Cliente em Pequenas e Médias Empresas para Gerar Fidelização	105
Implementação de Técnicas de Machine Learning na Previsão de Demanda para Suporte à Gestão de Estoques de um e-Commerce	107
Otimização de Políticas de Atendimento com Priorização de Clientes via Aprendizado de Máquina	109
Melhoria Contínua em Pequenas Empresas: Utilização de Ferramentas da Qualidade em Uma Empresa de Confecção de Vestuários da Área da Saúde	111
A Aplicação do Lean Six Sigma no Desenvolvimento dos Materiais Didáticos de Treinamentos	113
Automatização do Transporte de Moldes de Aço de uma Planta Nova	115

Como os Funcionários de Base Percebem o seu Engajamento nos Processos de Melhoria Contínua de uma Empresa	117
Estudo de Capacidade e Dimensionamento de Recursos de um Centro de Distribuição Logístico de Peças Automotivas por Meio da Simulação.....	119
O Impacto da Transformação Digital na Satisfação do Cliente no Processo de Abertura de Contas em uma Instituição Financeira Tradicional.....	121
Manufatura Digital Aplicada ao Estudo de Integração de Processos e Abastecimento de Linha de Produção	123
Análise do Impacto da Roteirização de Entregas no Custo Logístico em Grandes Centros Urbanos: Estudo de Caso em um E-commerce	125
Análise Econômica de um Centro de Reparos de Baterias de Alta Tensão para Veículos Elétricos Premium.	127
Análise do Processo de Mineração de Bitcoin sob a Perspectiva do Barômetro da Sustentabilidade	129
Manufatura Digital: Aplicação de Simulação a Eventos Discretos no Processo de Ensaios Laboratoriais de Vinhos	131
Integração de Sistemas de Gestão Energética com Tecnologias de Compressores ...	133
Mapeamento de Processos: Aplicação de Ferramentas para Identificar e Priorizar Tomada de Ações no Processo de Implementação de CRM	135
Análise Multicritério da Sustentabilidade de Alternativas de Combustíveis para Aviação: Um Estudo com o Método TOPSIS	137
Aprimoramento da Tratativa e Retenção de Clientes em um Aplicativo SaaS de Business Intelligence	139
Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos em Pequenas Empresas	141
Revisão da Malha Logística de uma Distribuidora de Medicamentos no Estado de São Paulo	143
Engenharia Química	149
Estudo da Formulação e Estabilidade de Filtros Sustentáveis Utilizando Óxidos de Zinco e Lignina Aplicados em Protetores Solares em Aerossol.....	151
Análise da Condição Operacional de uma Torre de Resfriamento em uma Indústria do Setor Petroquímico	153

Engenharia de Robôs	155
Aprendizado por Reforço Guiado por Feedback de Modelos de Linguagem para Navegação de Robôs Móveis	157
Trabalhos Premiados	159

PREFÁCIO

A inovação é um fator determinante para o progresso social e econômico. E quando falamos de inovação não nos referimos apenas às disruptivas, impulsionadas por novas tecnologias digitais (ou não), mas à criação de novas soluções, à otimização de custos e de processos e à capacidade de utilizar a criatividade para a resolução de problemas complexos. Nesse cenário, as universidades configuram-se como polos de criação de conhecimentos, onde o ensino, a pesquisa e a extensão se unem à tecnologia, à criatividade e ao empreendedorismo para produzir inovações que moldarão o futuro.

É nesse espírito que a FEI realiza semestralmente o Inova, um evento que celebra e destaca os melhores trabalhos de conclusão de curso. Mais do que um requisito acadêmico, o Inova é uma plataforma onde o esforço, a dedicação, o talento, o conhecimento e a capacidade de inovar de nossos estudantes são submetidos à análise de um corpo de avaliadores de excelência, composto por docentes e profissionais de empresas renomadas. Essa avaliação mista, que considera tanto o rigor acadêmico quanto o potencial de aplicação e inovação dos projetos, garante que os trabalhos apresentados sejam tão robustos, do ponto de vista técnico, quanto relevantes para a sociedade. O evento oferece aos estudantes a oportunidade de demonstrar como as competências e os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação podem ser aplicados na resolução de problemas reais, preparando-os para os desafios do mercado de trabalho.

A publicação dos anais garante a memória institucional do evento e constitui um registro tangível da atividade acadêmica de conclusão de curso. Para os autores, serve como um importante portfólio, um documento oficial que demonstra suas competências e pode ser utilizado em suas trajetórias profissionais e acadêmicas. Além disso, o registro formal desses trabalhos nos permite mostrar ao mundo externo a qualidade do ensino, da pesquisa e do grau de inovação que floresce em nossa Instituição, reforçando nosso compromisso com a excelência e com a formação de profissionais que farão a diferença na sociedade.

O Inova é fruto do trabalho de muitas pessoas. Assim, agradecemos aos nossos estudantes, razão de ser de nossa instituição, e cuja paixão, dedicação e criatividade tornaram esses projetos realidade. Nossos agradecimentos estendem-se ainda a todos os orientadores e avaliadores internos e externos, cujo conhecimento e tempo foram essenciais para o sucesso dos trabalhos e do evento. Por fim, a todos os demais membros do corpo técnico-administrativo da FEI, que tornaram possível a realização do Inova FEI e a publicação destes anais.

Que este documento sirva para que as pessoas percebam a qualidade dos profissionais formados pela FEI e para que nossos estudantes continuem sempre a inovar, a criar e a transformar o conhecimento em ações que impactem positivamente a sociedade. Boa leitura a todos.

São Bernardo do Campo, 01 de Outubro de 2025.

Prof. Dr. Vagner Bernal Barbeta
Reitor

Profa. Dra. Michelly de Souza
Vice-Reitora de Extensão e Atividades Comunitárias

Prof. Dr. Ricardo Belchior Torres
Vice-Reitor de Ensino e Pesquisa

Administração

Impacto da Automação de Tarefas Operacionais no Âmbito Empresarial

Eduardo de Souza Ferreira da Costa Soares, Lais Airy Ishida

Administração – campus São Paulo

edsoares2002@gmail.com, ishidaairy@gmail.com

Orientadora: Profa. Dra. Dafne Oliveira Carlos de Moraes

Departamento de Administração, Centro Universitário FEI

Resumo: Este estudo investigou os principais benefícios e barreiras da aplicação da Inteligência Artificial [1] na automação de operações nos setores de logística e cadeia de suprimentos, sob a perspectiva de colaboradores de uma empresa multinacional do setor petroquímico. Utilizou-se abordagem qualitativa, com revisão de literatura e estudo de caso, aplicando questionários a 29 profissionais e entrevistas com gestores das áreas de logística, comércio exterior e suprimentos. Os resultados apontaram como barreiras a infraestrutura tecnológica obsoleta, a escassez de profissionais qualificados e a resistência organizacional, enquanto os benefícios incluem ganhos em eficiência, redução de custos, melhoria na tomada de decisões e maior precisão operacional. Conclui-se que a adoção da IA representa oportunidade de modernização e vantagem competitiva, desde que acompanhada por investimentos estruturais, capacitação e gestão da mudança.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Automação de Operações; Logística; Cadeia de Suprimentos; Transformação Digital.

I. Introdução

Este estudo aborda a crescente relevância da Inteligência Artificial [1] na transformação digital dos setores de logística e cadeia de suprimentos. Com o avanço das tecnologias, empresas buscam automatizar processos para aumentar a eficiência e reduzir custos operacionais. Este trabalho investiga os principais benefícios e barreiras da implementação da IA sob a perspectiva de colaboradores de uma multinacional do setor petroquímico. A pesquisa qualitativa, composta por revisão de literatura e estudo de caso, revelou que os principais obstáculos incluem infraestrutura tecnológica obsoleta, escassez de profissionais qualificados e resistência organizacional. Por outro lado, os benefícios identificados abrangem ganhos em eficiência, maior precisão nas operações, melhoria na tomada de decisões e redução de custos. Esses achados reforçam a importância de investimentos estruturais, capacitação profissional e gestão da mudança para que a adoção da IA se traduza em vantagem competitiva e modernização empresarial.

II. Objetivos

Entender quais as principais barreiras e benefícios para a implementação de IA nos setores de logística e na cadeia de suprimentos?

III. Metodologia

A metodologia adotada para a pesquisa foi qualitativa, exploratória e descritiva. Realizada com base na construção de uma revisão teórica [2] sobre o tema e estudo de caso para analisar as implicações dos conceitos. As revisões da literatura são utilizadas para demonstrar o que ocorre no campo e elas podem ser sistemáticas ou conceituais, a revisão conceitual proporciona visualizar a complexidade de um problema profissional de forma ampla [3]. Elaborar uma revisão da literatura é um meio de lidar com um tópico maduro, em que existe corpo acumulado de pesquisa e abordar questão emergente que se beneficiaria da exposição a potenciais fundamentos teóricos [4].

IV. Resultados

Os resultados da pesquisa, obtidos por meio de questionários e entrevistas, demonstram uma percepção amplamente positiva dos colaboradores sobre o uso da Inteligência Artificial nas operações logísticas e na cadeia de suprimentos. A maioria reconhece a IA como uma ferramenta importante, cujos benefícios — como eficiência operacional, redução de erros e custos, e apoio à tomada de decisões — superam as dificuldades. Esses achados estão alinhados com a literatura especializada, que destaca a IA como um vetor estratégico para a transformação digital e a competitividade empresarial.

Por outro lado, foram identificadas barreiras significativas à implementação da IA, como a resistência à mudança, sistemas legados e infraestrutura tecnológica deficiente. A pesquisa também revelou que o conhecimento sobre IA entre os colaboradores é intermediário, indicando a necessidade de capacitação técnica para ampliar seu uso estratégico. Apesar dos desafios, os participantes e gestores demonstram uma visão equilibrada entre riscos e oportunidades, reforçando que a IA deve ser vista como um suporte ao trabalho humano e que sua adoção exige planejamento, investimento e envolvimento das equipes.

V. Conclusões

A pesquisa evidenciou que a Inteligência Artificial tem grande potencial para transformar as operações logísticas e de cadeia de suprimentos, sendo percebida de forma positiva por colaboradores e gestores. Os principais benefícios identificados incluem ganhos em eficiência operacional, redução de custos, maior precisão nos processos e apoio à tomada de decisões estratégicas. Esses resultados reforçam a relevância da IA como ferramenta de modernização e vantagem competitiva.

Apesar dos benefícios, a implementação da IA enfrenta barreiras significativas, como infraestrutura tecnológica obsoleta, escassez de profissionais qualificados, resistência organizacional à mudança e exigências regulatórias. Esses desafios não são apenas técnicos, mas também culturais e estruturais, exigindo esforços coordenados para superá-los. A capacitação da força de trabalho e a adaptação dos modelos organizacionais são fundamentais para o sucesso da adoção da IA.

Conclui-se que a IA representa uma oportunidade concreta para a automação de operações, desde que sua implementação seja acompanhada por estratégias bem estruturadas. Este estudo contribui ao identificar os fatores críticos de sucesso e os obstáculos práticos, oferecendo subsídios teóricos e aplicáveis para gestores e pesquisadores interessados em promover a transformação digital nas organizações.

VI. Referências

- [1] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 3rd ed., Pearson, 2009.
D. Morais, “O conceito de inteligência artificial usado no mercado de softwares, na educação tecnológica e na literatura científica,” *Revista Profept*, vol. 4, no. 2, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.36524/profept.v4i2.557>
- R. Cavalcante, “Mapeamento da Inteligência Artificial na cadeia de suprimentos,” *Revista de Empreendedorismo e Ciência da Inovação*, UTFPR, 2024. [Online]. Available: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/article/view/19142/19142>
- M. Pournader, L. Tavasszy, and D. Kakar, “Artificial Intelligence applications in supply chain management:

A systematic literature review and future research directions,” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2021.

[2] M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, 4th ed., Pearson, 2015.

[3] N. Slack, A. Brandon-Jones, and N. Burgess, *Operations Management*, 10th ed., Pearson Education Limited, 2022.

[4] M. Christopher, *Logistics and Supply Chain Management*, 5th ed., Pearson Education Limited, 2016.

Agradecimentos

Agradecemos ao Centro Universitário FEI pela estrutura e recursos disponibilizados, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Reconhecemos também a colaboração dos profissionais da empresa participante do estudo, que contribuíram de forma valiosa com informações e experiências para a etapa empírica da pesquisa. Por fim, manifestamos nossa gratidão às nossas famílias, pelo apoio, incentivo e compreensão durante todo o período acadêmico.

Mapeamento de Gastos e Análise Custo-Volume-Lucro: O Caso da SuperHeroburguer

Emerson Rodrigues dos Santos

Administração – campus São Paulo

emersonrodriguesantos92@gmail.com

Orientadora: Aline Mariane de Faria

Departamento de Administração, Centro Universitário FEI

alinefaria@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho analisa os gastos da SuperHeroburguer, uma hamburgueria familiar em São Paulo, com foco na melhoria da gestão financeira. Foram aplicadas as metodologias de custeio por absorção e custeio variável para identificar os custos unitários e totais, além da Análise Custo-Volume-Lucro (CVL) para calcular indicadores como margem de contribuição, ponto de equilíbrio e margem de segurança. Os resultados mostraram diferenças relevantes entre os métodos de custeio e revelaram uma margem de contribuição de R\$ 16,32, ponto de equilíbrio de 230 unidades e margem de segurança de 28,3%. A pesquisa demonstrou como o uso de ferramentas gerenciais pode auxiliar pequenos empreendedores na precificação e na tomada de decisões estratégicas, mesmo com controles simples. A partir disso, conclui-se que mesmo pequenas empresas podem adotar práticas contábeis acessíveis para uma gestão financeira mais estratégica e sustentável.

Palavras-chave: Custeio por absorção, Custeio variável, Margem de contribuição, Ponto de equilíbrio, Margem de segurança, Gestão de custos.

I. Introdução

A gestão de custos é essencial para empresas de pequeno porte que enfrentam dificuldades para manter-se competitivas no mercado. No caso da SuperHeroburguer, observou-se a necessidade de melhorar o controle financeiro para tomar decisões mais acertadas. O trabalho surgiu da vivência prática do autor no negócio familiar, sendo desenvolvido com base em conceitos teóricos que possibilitam compreender como os gastos impactam diretamente na precificação e lucratividade dos produtos comercializados [1].

II. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi analisar os gastos da empresa SuperHeroburguer e identificar como esses custos influenciam na formação de preços e na lucratividade do negócio. Para isso, foram definidos três objetivos específicos: mapear os gastos da empresa, classificando-os entre custos e despesas; aplicar as metodologias de custeio por absorção e custeio variável para identificar os custos totais e unitários dos produtos; e, por fim, calcular e analisar os principais indicadores da análise Custo-Volume-Lucro, como margem de contribuição, ponto de equilíbrio e margem de segurança. Esses objetivos estão alinhados às diretrizes apresentadas por Bruni e Famá, que destacam a importância do controle de custos para uma precificação estratégica e sustentável [2]. Assim, busca-se fornecer uma base prática e aplicável para microempreendedores tomarem decisões financeiras mais eficientes.

III. Metodologia

A pesquisa é qualitativa, descritiva e aplicada, sendo conduzida por meio de um estudo de caso único. Os dados foram coletados por entrevistas semiestruturadas com os proprietários e pela observação direta dos registros manuais da empresa. As informações foram organizadas em planilhas no Excel, permitindo a aplicação dos métodos de custeio e análise financeira [3]. O estudo de caso é apropriado quando se deseja examinar uma realidade específica em profundidade, permitindo análises mais contextualizadas e aplicáveis a problemas reais [4].

IV. Resultados

Pelo método de custeio por absorção, obteve um total de custo diretos alocados de R\$ 4.040,50 e de custos indiretos alocados de 413,12, totalizando R\$ 4.453,62 de custos totais, este custo é dividido pela quantidade mensal produzida que é 320, tendo como resultado o custo unitário médio foi de R\$ 13,92.

CUSTOS TOTAIS MENSais		
Custos diretos alocados	R\$	4.040,50
Custos indiretos alocados	R\$	413,12
Custos totais	R\$	4.453,62
CUSTOS UNITÁRIOS		
Custos totais	R\$	4.453,62
Quantidade mensal produzida		320
Custo unitário		13,9157165

Figura 1. Custos Totais e Custos Unitários

Já pelo método de custeio variável, o total dos custos e despesa foi de R\$ 9.195,61 e o custo unitário foi de R\$ 17,03, focando apenas nos custos que variam com o volume de produção.

TOTAL DOS CUSTOS E DESPESAS		R\$ 9.195,61
CUSTOS E DESPESAS MENSais		
Descrição	Valores	
Custos e Despesas Fixos Totais	R\$	3.745,99
Custos e Despesas Variáveis Totais	R\$	5.449,62
TOTAL DOS CUSTOS E DESPESAS	R\$	9.195,61
Quantidade mensal produzida		320
<i>Custos e Despesas Variáveis Unitárias</i>	<i>R\$</i>	<i>17,03</i>

Figura 2. Gastos Fixos e Variáveis

A margem de contribuição foi de R\$ 16,32, o ponto de equilíbrio operacional foi de 230 unidades e a margem de segurança foi de 28,3%, com base em uma produção mensal de 320 unidades.

Nível de Atividade	Custos e Despesas Variáveis	Margem de Contribuição Total	Custos e Despesas Fixas	Resultado Operacional
320	R\$ 5.449,62	R\$ 5.222,38	R\$ 3.745,99	R\$ 1.476,39
Preço:	R\$ 33,35	Margem de Contribuição Unitária:	R\$ 16,32	
Ponto de Equilíbrio (Quantidade)				230
Ponto de Equilíbrio (Receita)				R\$ 7.654,98
Nível de Atividade	Receita	Ponto de Equilíbrio (Receita)	Margem de Segurança (Valor)	Margem de Segurança (Percentual)
320	R\$ 10.672,00	R\$ 7.654,98	R\$ 3.017,02	28,3%

Figura 3. Análise CVL

V. Conclusões

O trabalho demonstrou que, mesmo com registros simples, é possível aplicar metodologias contábeis que fornecem dados relevantes para a gestão financeira de pequenas empresas. A análise permitiu ao proprietário visualizar com mais clareza os custos envolvidos na produção de cada lanche e tomar decisões com base em dados reais, como ajustar preços, reduzir desperdícios e reavaliar promoções. Como limitação, destacou-se a ausência de fichas técnicas detalhadas para cada produto. Para pesquisas futuras, recomenda-se elaborar

um DRE completo e ampliar a análise para outras microempresas do setor.

Portanto, este estudo reforça a importância de instrumentos básicos de gestão contábil como apoio à sobrevivência e crescimento de microempresas no cenário competitivo atual, conforme ressaltado por Padoveze, que destaca a contabilidade gerencial como ferramenta essencial para a tomada de decisões estratégicas em pequenas empresas [5]

VI. Referências

- [1] Martins, E. Contabilidade de Custos, Atlas, 2018.
- [2] Bruni, A. L.; Famá, R. Gestão de Custos e Formação de Preços, Atlas, 2019.
- [3] Garrison, R. H.; Noreen, E. W.; Brewer, P. C. Contabilidade Gerencial, AMGH, 2012.
- [4] Gil, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social, 7ª ed., Atlas, 2019.
- [5] Padoveze, C. L. Contabilidade Gerencial, Atlas, 2014.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me dar saúde, força e vontade para seguir em frente, mesmo nos momentos mais difíceis, quando achei que não era capaz.

À minha filha Estela, que é e sempre será a minha maior motivação. Sua chegada durante essa jornada me fez ter mais forças e me inspirou todos os dias para ser alguém melhor.

Diversidade, Equidade e Inclusão na Indústria Cosmética: Respostas do Consumidor a Ações de Marketing das Empresas

Giselle Chrystien Sobreira da Silva Pereira

Administração – campus São Paulo

giselle.sobreira@alunos.fei.edu.br

Orientador: Melby Karina Zuniga Huertas

Departamento de Administração, Centro Universitário FEI

mhuetras@fei.edu.br

Resumo: Este estudo teve como objetivo identificar ações de inclusão social adotadas por empresas do setor cosmético, analisando a resposta dos consumidores nas mídias digitais. A pesquisa teve caráter qualitativo, de natureza exploratória, com base na análise de 923 comentários de usuários sobre campanhas das marcas Boca Rosa Beauty, Linha Bruna Tavares e O Boticário. As análises de conteúdo e de sentimentos foram realizadas com auxílio do software Atlas.ti e da IA generativa DeepSeek. Os resultados indicaram que as campanhas de diversidade, equidade e inclusão (DEI) foram majoritariamente bem recebidas pelo público, com prevalência de sentimentos positivos e forte identificação com as marcas. Conclui-se que as ações de DEI são valorizadas pelo consumidor e podem representar um diferencial competitivo relevante na indústria cosmética brasileira.

Palavras-chave: Marketing inclusivo; Diversidade; Equidade; Inclusão, DEI, Indústria cosmética.

I. Introdução

A diversidade, a equidade e a inclusão (DEI) tornaram-se pautas centrais no setor cosmético, diante de um mercado cada vez mais atento à representatividade. Segundo o *Brand Inclusion Index* (2024), 8 em cada 10 brasileiros valorizam marcas que promovem inclusão. Considerando que pretos e pardos representam 55,5% da população brasileira e que 8,9% das pessoas possuem algum tipo de deficiência (IBGE, 2022), cresce a exigência por produtos mais diversos e acessíveis. Neste contexto, a presente pesquisa investiga como as empresas do setor cosmético estão abordando a inclusão em suas campanhas e como os consumidores reagem a essas ações nas redes sociais.

II. Revisão da Literatura

A sigla DEI refere-se à diversidade, equidade e inclusão, princípios fundamentais para a promoção da justiça social e da representação de grupos historicamente marginalizados (Park, Voss & Voss, 2022). A equidade implica em garantir não apenas igualdade de oportunidades, mas também resultados justos. Já a inclusão refere-se ao grau em que esses grupos participam de forma significativa na base de clientes das empresas.

O marketing inclusivo, por sua vez, adapta produtos e mensagens para contemplar a diversidade do público-alvo (Sahoo, Mishra & Rout, 2024). Ele se apoia em estratégias como o design universal, comunicação representativa e acessibilidade, ampliando o alcance e a

identificação do consumidor com a marca (Kaufman, 1995; Hollenbeck & Patrick, 2023).

Além disso, o comportamento do consumidor é influenciado por valores simbólicos associados aos produtos (Solomon, 2016). Assim, ações inclusivas reforçam laços emocionais e aumentam a fidelidade à marca, especialmente em comunidades historicamente excluídas.

III. Método

Foi adotada uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório. A coleta de dados envolveu 923 comentários de usuários sobre campanhas inclusivas nas redes sociais das marcas selecionadas. A análise de conteúdo foi conduzida conforme Bardin (2016), e a análise de sentimentos foi realizada com apoio da IA DeepSeek. As marcas selecionadas – Boca Rosa Beauty, Linha Bruna Tavares e O Boticário – foram escolhidas por serem brasileiras, atuarem no setor de maquiagem e promoverem ações inclusivas recentes com alta repercussão digital.

IV. Resultados

As três marcas analisadas adotaram estratégias distintas, mas complementares. A Boca Rosa Beauty lançou 50 tons de base e destacou a representatividade racial, recebendo 90,85% de comentários positivos. A Linha Bruna Tavares desenvolveu o aplicativo ColorFeel, voltado para pessoas com deficiência visual, obtendo 91,57% de aprovação. Já O Boticário lançou

pincéis articulados acessíveis, com 94% de comentários favoráveis, sendo reconhecido como pioneiro no design inclusivo.

As principais categorias emergentes nas análises foram: percepção positiva das marcas, valorização da inclusão, reconhecimento da inovação e interesse em adquirir os produtos. O uso frequente de palavras como “inclusão”, “representatividade” e “emocionei” nas nuvens de palavras reforçou o impacto emocional das campanhas.

Tabela 1. Análise de sentimentos dos comentários da marca Boca Rosa Beauty.

Sentimento	Quantidade	Percentual
Positivo	258	90,85%
Neutro	14	4,93%
Negativo	12	4,23%



Figura 1. Nuvem de palavras da marca Boca Rosa Beauty.

Tabela 2. Análise de sentimentos dos comentários da marca BT

Sentimento	Quantidade	Percentual
Positivo	326	91,57%
Neutro	28	7,87%
Negativo	2	0,56%



Figura 2. Nuvem de palavras da marca BT.

Tabela 3. Análise de sentimentos dos comentários da marca Boticário

Sentimento	Quantidade	Percentual
Positivo	277	97,88%
Neutro	5	1,77%
Negativo	1	0,35%



Figura 3. Nuvem de palavras da marca Boticário

V. Conclusão

Os dados apontam que ações de DEI são percebidas de forma positiva pelos consumidores e fortalecem a imagem das marcas, promovendo conexões emocionais e diferenciais competitivos. A análise dos comentários revelou não apenas aprovação, mas também engajamento ativo e identificação com os valores comunicados. Recomenda-se que outras empresas do setor cosmético adotem estratégias de marketing inclusivo de forma genuína, considerando as reais necessidades de grupos sub-representados.

VI. Referências

- [1] Amaral, L. A., Silva, R. M. & De Almeida, M. F. (2017). Análise de sentimentos em mídias sociais.
- [2] Bardin, L. (2016). Análise de conteúdo.
- [3] Hollenbeck, C. R., & Patrick, V. M. (2023). Inclusive branding: Understanding diverse consumers.
- [4] Park, C. W., Voss, G. B., & Voss, L. A. (2022). Equity and inclusion in marketing.
- [5] Sahoo, C., Mishra, S., & Rout, S. (2024). Marketing inclusivo: práticas e impactos no consumo.
- [6] Solomon, M. R. (2016). O comportamento do consumidor.D. S. Azevedo et. al., *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, **42** (2003) 1234-1239

Agradecimentos

Agradeço ao Centro Universitário FEI pela formação sólida, pelos valores transmitidos e pelas oportunidades ao longo da minha trajetória no curso de Administração.

ESG na Bolsa Brasileira: Índice de Sustentabilidade Empresarial e o Valor para o Mercado

Guilherme Pinto Caçador

Administração – campus São Paulo

feispgcacador@fei.edu.br

Orientadores: Jacques Demajorovic, Aline Mariane de Faria

Departamento de Administração, Centro Universitário FEI

jacquesd@fei.edu.br, alinefaria@fei.edu.br

Resumo: Esta pesquisa tem como objetivo investigar se as empresas que compõem o Índice de Sustentabilidade Empresarial apresentam maior oportunidade de investimento no mercado de ações brasileiro (Q de Tobin) do que as empresas que não compõem o índice. Para tanto, discute a relevância do ESG, responsabilidade social empresarial e resultados financeiros. Para tanto foram utilizadas as empresas da B3, empregando modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) *Pooled*. Os resultados apontam para significância do ISE no valor do setor de Bens Industriais, possivelmente por questões de atividades setoriais. Ademais, considerando somente as empresas que já participaram em algum ano do ISE, a relação é estatisticamente significante também para o setor financeiro.

Palavras-chave: ESG, Mercado Financeiro, Oportunidade de Investimento.

I. Introdução

Empresas que integram as dimensões social e ambiental além da econômica crescem em valorização desde a segunda metade do século XX [1]. Também é crescente o interesse e a busca por informações em volta das práticas ESG [2] por parte do mercado.

O Índice de Sustentabilidade Empresarial, ISE, é um índice mantido pela B3, a bolsa de valores brasileira, que atende essa demanda por informações e quantificação de empresas com práticas ESG. As empresas interessadas em fazer parte do índice respondem um questionário com comprovação das respostas e, caso passem com uma nota mínima, passam a compor a carteira de ativos (somente aquele mais líquido dentre as espécies emitidas). Até 2021, apenas 40 empresas poderiam integrar a carteira de ativos. Por se tratar de um grupo seletivo entre as maiores empresas, cabe a pergunta se as integrantes têm algum diferencial em seus resultados.

Mesmo que as dimensões social e ambiental tenham ganho relevância, investimentos continuam sendo feitos com base na possibilidade de ganho. Um dos indicadores mais consolidados na literatura é o Q de Tobin, o qual identifica se o valor que o mercado dá à empresa é superior àquilo que ele possui. Estudos no Brasil divergem, como entre Rossi [3] e [4] se tratando da relação entre a presença no ISE e o resultado dessa e outras métricas.

II. Objetivos

O objetivo da pesquisa é investigar se as empresas que compõem o ISE apresentam maior oportunidade de investimento no mercado de ações do que as empresas

que não compõem o índice. Com base na literatura, foram elaboradas as seguintes hipóteses:

H1: Empresas no ISE possuem maior Q de Tobin do que empresas fora do ISE

H1a: Os setores de atividade da B3 divergem na relação entre o Q de Tobin e a presença no ISE

III. Metodologia

Os dados foram extraídos da Com Dinheiro. O período da pesquisa é de 11 anos, 2012 a 2022. Os dados contemplam todas as empresas abertas na bolsa de valores. Observações sem valor de Ativo e Q de Tobin > 10 foram excluídas. Empresas dos setores de Tecnologia da Informação e Outros também foram excluídas, pois nenhuma das empresas destes setores participou do ISE. Foi empregado modelo de regressão linear por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), com dados em painel não-balanceado. O modelo testado foi o seguinte:

$$QT_{ti} = \alpha_t + \theta_i + \beta_1 ISE_{ti} + \beta_2 ROA_{ti} + \beta_3 IntCap_{ti} + \beta_4 Alavanc_{ti} + \beta_5 TangLiq_{ti} + \beta_6 TamEmp_{ti} \quad (1)$$

A variável independente de interesse é o ISEt, sendo 1 se a empresa está presente no ISE no ano e 0 caso não esteja. Para empresas com observações antes da abertura na bolsa foi estimado o *market cap* usando o múltiplo EBITDA/Valor de mercado (VM) do setor, multiplicado pelo EBITDA, resultando no VM estimado.

Tabela I. Variáveis de controle

Variável	Variável	Variável
QT	Q de Tobin	(VM + Dívidas)/AT
ROA	Retorno sobre o Ativo	(Lucro Líquido) /AT
IntCap	Intensidade de Capital	0.00
Alavanc	Alavancagem	0.60***
TangLiq	Tangibilidade Líquida	-0.06
TamEmp	Tamanho da Empresa	Ln (Ativo Total)

IV. Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados a seguir. A tabela II contém os modelos pooled, enquanto a tabela III os de efeito fixo:

Tabela II. Resultados pooled

Variável	β	β	β	β
Intercepto	2.63***	1.83***	2.31***	1.71***
ISEt	0.29***	0.26***	1.30***	1.11***
ROA	2.17***	1.04***	2.10***	0.97***
IntCap	0.00	0.00	0.00	0.00*
Alavanc	0.68***	0.60***	0.71***	0.56***
TangLiq	-0.06	-0.06	0.39***	0.07
TamEmp	-0.17***	-0.10***	-0.18***	-0.09***
Observações	3398	2876	3398	2876
C. Tempo?	Sim	Sim	Sim	Sim
C. Setor?	Não	Não	Sim	Sim
Estimativa?	Sim	Não	Sim	Não
R ²	0.066	0.091	0.100	0.163

* significante a 10%, ** a 5% e *** a 1%

Tabela III. Coeficiente β para a variável ISE

Variável	β ISE c/est.	β ISE s/est.	β ISE s/est. somente empresas participantes
Geral	0.01	0.03	0.08
P.G.B.	-0.01	0.08	0.39
B.I.	0.55**	0.47	0.71*
U.P.	0.02	0.06	-0.03
Con.n.Cí.	-0.02	-0.01	0.03
Fin.	1.09	-0.25	0.58*
Con. Cí.	0.23	0.27	0.14
Saúde	0.13	0.10	-0.51
Mat. Bás.	-0.07	-0.05	0.00
Comun.	0.01	0.01	-0.10

* significante a 10%, ** a 5% e *** a 1%

A tabela II indica que, na base total, o ISE indica maior valor para as empresas. Entretanto, como visível na tabela III, o modelo geral, que contém todos os

setores, não é. Isso significa dizer que não é perceptível um efeito entre estar no ISE e o valor percebido pelo mercado no resultado do ano.

Dados os resultados, a hipótese H1 foi refutada. Entretanto, H1a é parcialmente comprovada, a depender da adoção de estimativas do *Market Cap* e do modelo ser aplicado somente nas empresas que já participaram do ISE.

Entre os motivos possíveis para o resultado apresentado estão listados 4: no mercado brasileiro, investidores não consideram relevante as práticas ESG, o que é pouco provável.

Segundo motivo, o benefício financeiro de pertencer ao índice já foi absorvido ao longo do tempo, em relação ao primeiro ano de adesão ao índice, especialmente porque a composição do índice variou pouco no período de 11 anos.

Terceiro motivo possível é que a valorização dos pilares ESG não é uniforme, e a agregação faz com que haja menor poder explicativo da variável.

Por fim, também é possível que o mercado espere essas práticas de grandes empresas, tornando essas práticas um requisito para manter o valor.

V. Conclusões

Esta pesquisa objetivou investigar a relação do ISE com o Q de Tobin, indicador de oportunidade de investimento. Os resultados indicam que certas empresas, de alguns setores, podem se beneficiar de sua participação no ISE, mas não se trata de um indicador definitivo de crescimento de valor ou oportunidade de investimento.

Como limitações, o estudo contempla apenas as empresas listadas na B3 e um período limitado de observações. Estudos futuros podem utilizar o período completo do ISE e aprimorar estimativas de valor de mercado para empresas pré-abertura de capital.

VI. Referências

- [1] Townsend, Blaine. From SRI to ESG: The origins of socially responsible and sustainable investing. *The Journal of Impact and ESG Investing*, v. 1, n. 1, p. 10-25, 2020.
- [2] Eccles, Robert G.; Lee, Linda-Eling; Stroehle, Judith C. The social origins of ESG: An analysis of Innovest and KLD. *Organization & Environment*, v. 33, n. 4, p. 575-596, 2020.
- [3] Guimarães, Thayse Machado; Peixoto, Fernanda Maciel. A compensação dos gestores, a sustentabilidade empresarial e a performance das empresas brasileiras. *Revista de Administração da UNIMEP*, v. 13, n. 2, p. 186-212, 2015.
- [4] Rossi, José L. What is the value of corporate social responsibility? An answer from the Brazilian sustainability index. *An Answer from the Brazilian Sustainability Index (February 5, 2009)*, 2009.

Sistema Preditivo de Segurança Feminina: Um Plano de Negócio Baseado em IA e Dispositivos Vestíveis

Thamara Ferreira da Silva

Administração – campus São Paulo

feispthasilva@fei.edu.br

Orientador: Edson Sadao Izuka

Departamento de Administração, Centro Universitário FEI

esadao@fei.edu.br

Resumo: A proposta do Sistema Inteligente de Segurança Feminina é oferecer uma alternativa prática e eficiente de segurança pessoal, promovendo não apenas proteção imediata, mas também autonomia e empoderamento das mulheres em seu cotidiano. O sistema se conecta a smart gadgets do dia a dia, como relógios, pulseiras e anéis inteligentes, utilizando dados coletados para identificar padrões de comportamento. Em situações de risco, o sistema aciona automaticamente contatos de emergência e compartilha a localização em tempo real, com o objetivo de reduzir o percentual de violência contra as mulheres. Esse sistema é um modelo escalável que pode ser utilizado como uma alternativa complementar para outras marcas e mercados voltados à segurança.

Palavras-chave: Sistema Preditivo, Segurança, Mulheres, IA, Dispositivos Vestíveis.

I. Introdução

A segurança pessoal das mulheres é um tema de crescente relevância no contexto social e urbano, especialmente em razão do aumento de relatos de violência e assédio. Segundo o Censo Demográfico 2022, há cerca de 51,48% de mulheres e 48,52% de homens no Brasil. De acordo com o Fórum de segurança pública 2025, mostram que mulheres na faixa etária de 25 a 34 anos e frequentadoras/moradoras de locais de alto risco (zonas periféricas e lugares sem movimentos) representam o grupo mais vulnerável nos últimos 12 meses, o que evidencia a necessidade de proteção, uma ferramenta de segurança que oferta soluções tecnológicas inovadoras para garantir sua integridade.

Salvar a vida de mulheres. O sistema surge como uma solução inovadora que utiliza inteligência artificial para identificar situações de risco, promover alertas em tempo real e acionar redes de apoio. Mais do que um aplicativo, a proposta é garantir autonomia, proteção e dignidade para que toda mulher possa viver, circular e se expressar sem medo. O compromisso é trabalhar a favor da redução dos índices de violência e com a construção de uma sociedade mais segura e igualitária.

II. Público-alvo e Diferencial

O projeto é direcionado a mulheres em situação de vulnerabilidade em centros urbanos, especialmente em regiões com altos índices de violência, com foco em jovens entre 16 e 34 anos, residentes em áreas urbanas. Também se estende a órgãos públicos, privados, ONGs, plataformas tecnológicas e pessoas interessadas em soluções tecnológicas de autoproteção, que poderão

utilizar a solução como meio de fortalecimento de suas ações.

Diferentemente de outras soluções já existentes, o Sistema Preditivo:

- Atua antes do ato de violência, com base em um modelo preditivo treinado com dados reais;
- Possui a IA integrada com dispositivos vestíveis que detecta o padrão de cada usuária;
- Integra recursos de rede de apoio personalizada, Big Data, geolocalização e alertas em tempo real;
- Possui parcerias estratégicas previstas com órgãos públicos e privados para ampliar o alcance e capilaridade do serviço.

III. Modelo de Receita e Sustentabilidade

A monetização ocorrerá por meio de:

- SaaS (Software as a Service);
- Ad-Supported Software (Software financiado por anúncios);
- Modelo B2B2C e B2C;

Sendo um modelo SaaS, o produto tem um custo inicial elevado durante a fase de desenvolvimento. Porém, após esse período, o custo passa a ser apenas de manutenção e, por isso, é reduzido consideravelmente.

Isso somado ao fato de não se tratar de uma necessidade sazonal resulta em um modelo que apresenta baixo risco de variações de receita, visto que está relacionado a uma necessidade constante do público-alvo de usuários, e de interesse invariável de órgãos públicos e privados.

O produto foi desenvolvido com base em três Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, que visam proteger o meio ambiente, e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade. Os ODS envolvidos são: o Objetivo 5, que busca eliminar a discriminação e violência contra mulheres e meninas; o Objetivo 16, que visa promover sociedades pacíficas e inclusivas, reduzindo todas as formas de violência; e o Objetivo 11, que propõe garantir acesso a espaços públicos seguros e acessíveis, especialmente para grupos vulneráveis.

IV. Conclusões

A partir da análise de mercado, constatou-se a existência de uma demanda crescente por ferramentas que promovam segurança pessoal, sobretudo diante do alarmante cenário de violência de gênero no Brasil. Nesse contexto, a proposta se destaca por integrar inteligência artificial preditiva a dispositivos vestíveis, criando um sistema proativo, responsável e centrado na experiência da usuária. A solução além de trabalhar a favor da redução da violência, poderá contribuir na proteção, autonomia, e principalmente a liberdade de milhares de mulheres brasileiras.

V. Referências

DORNELAS, José Carlos Assis. Empreendedorismo: transformando ideias em negócios. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

FÓRUM BRASILEIRO DE SEGURANÇA PÚBLICA. Visível e invisível: a vitimização de mulheres no Brasil. 3. ed. 2021. Disponível em: <https://forumseguranca.org.br/wp-content/uploads/2021/06/relatorio-visivel-e-invisivel-3ed-2021-v3.pdf>. Acesso em: 27 set. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022: população por idade e sexo. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 set. 2024.

INSTITUTO AZMINA. Penhas: o aplicativo gratuito para combater a violência contra a mulher. Disponível em: <https://azmina.com.br/projetos/penhas>. Acesso em: 4 jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Quantidade de homens e mulheres. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18320-quantidade-de-homens-e-mulheres.html>. Acesso em: 20 set. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Atlas da violência 2023. Brasília: Ipea; Fórum Brasileiro de Segurança Pública, 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/>. Acesso em: 4 fev. 2025.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. Organização orientada para a estratégia. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

KOTLER, Philip. Administração de marketing: a edição do novo milênio. 10. ed. Tradução Bazán Tecnologia e Linguística; revisão técnica Arão Sapiro. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. Administração de marketing. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2012.

MALHOTRA, Naresh K. Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Malalai. Tecnologia para segurança pessoal. Disponível em: <https://malalai.com.br/>. Acesso em: 5 mar. 2025.

MCCARTHY, E. Jerome; PERREAU JR., William D. Marketing essencial: uma abordagem gerencial e global. Tradução de Ailton Bomfim Brandão. São Paulo: Atlas, 1997.

NANDBOX. Safety apps for women you should know about. Disponível em: <https://nandbox.com/safety-apps-for-women-you-should-know-about/>. Acesso em: 11 out. 2024.

ONU MULHERES BRASIL. Dossiê Mulheres Negras – Retrato das condições de vida das mulheres negras no Brasil. Brasília: ONU Mulheres, 2021. Disponível em: <https://www.onumulheres.org.br>. Acesso em: 14 mar. 2025.

OLHAR DIGITAL. 5 aplicativos que podem ajudar na segurança de mulheres. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2025/03/24/dicas-e-tutoriais/5-aplicativos-que-podem-ajudar-na-seguranca-de-mulheres/>. Acesso em: 5 fev. 2025.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. Business Model Generation: inovação em modelos de negócios. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.

SCHWAB, Klaus. A quarta revolução industrial. São Paulo: Edipro, 2016.

SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA DO DISTRITO FEDERAL. Mulher + Segura. Disponível em: <https://www.ssp.df.gov.br/mulher-mais-segura/>. Acesso em: 22 nov. 2024.

TECHINSIGHTS. Disponível em: <https://techinsights.com>. Acesso em: 10 dez. 2024.

TECHTUDO. Malalai: app ajuda mulheres a se deslocarem em segurança pela cidade. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/malalai/>. Acesso em: 2 abr. 2025.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE SÃO PAULO. Aplicativo “SOS Mulher”: vítimas podem pedir ajuda apertando apenas um botão. Disponível em: <https://www.tjsp.jus.br/Noticias/Noticia?codigoNoticia=68698>. Acesso em: 7 fev. 2025.

UNFPA – FUNDO DE POPULAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Violência contra a mulher: estratégias para enfrentamento. Brasília: UNFPA, 2021. Disponível em: <https://brazil.unfpa.org>. Acesso em: 26 mar. 2025.

VSOFT. SOS Mulher: tecnologia protegendo de violência doméstica. Disponível em: <https://www.vsoft.com.br/post/sos-mulher-tecnologia-protegendo-de-violencia-domestica>. Acesso em: 8 nov. 2024.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo apoio ao longo desta pesquisa.

Liderança e Burnout nas Organizações: Um Estudo Exploratório em Organizações Bancárias

Thiago Alexandre da Silva

Administração – campus São Paulo

thiagosil2011@hotmail.com

Orientador: Prof. Dr. Pedro Jaime

Departamento de Administração, Centro Universitário FEI

pedro.jaime@fei.edu.br

Resumo: Este estudo analisou a influência da liderança nos casos de burnout entre funcionários de agências bancárias em São Paulo, com foco no impacto do estilo de gestão sobre a qualidade de vida e saúde mental dos colaboradores. O objetivo foi mensurar a influência de diferentes estilos de liderança sobre o burnout, identificando práticas de gestão que favoreçam um ambiente de trabalho mais saudável [12], [11]. A metodologia adotada foi quantitativa e descritiva, baseada em um questionário aplicado a 50 funcionários de quatro agências bancárias. Os resultados indicaram que estilos de liderança autoritários e focados em resultados estão associados a maiores níveis de estresse e burnout [5], enquanto práticas motivacionais e de suporte se correlacionam com maior satisfação e menor esgotamento emocional [1]. Conclui-se que investir em políticas de liderança mais humanizadas pode melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores [20] e fortalecer a imagem organizacional [12].

Palavras-chave: Liderança, Burnout, Setor bancário, Qualidade de vida no trabalho, Saúde mental.

I. Introdução

A síndrome de burnout tem se tornado uma preocupação crescente no setor bancário, caracterizada pela exaustão física e emocional em decorrência de pressões intensas [7]. O estilo de liderança é apontado como fator que pode tanto agravar quanto minimizar esses impactos [9]. O presente estudo busca compreender como diferentes abordagens de gestão influenciam a saúde mental e o bem-estar dos colaboradores.

II. Objetivos

Objetivo Geral: Analisar a influência dos estilos de liderança nos casos de burnout entre funcionários de agências bancárias.

Objetivos Específicos:

- Examinar a relação entre estilos de liderança e níveis de estresse;
- Identificar fatores que reduzem ou aumentam a incidência de burnout;
- Propor práticas de gestão que favoreçam um ambiente de trabalho saudável.

III. Metodologia

A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa e descritiva, com aplicação de questionário de múltipla escolha e escala Likert a 50 funcionários de quatro agências bancárias em São Paulo. Os dados foram analisados por meio de estatísticas descritivas [5],

permitindo identificar padrões e relações entre estilos de liderança e sintomas de burnout.

IV. Resultados e Discussão

Os resultados mostraram que 65% dos funcionários percebem a liderança como autoritária ou excessivamente focada em resultados (Tabela I), grupo associado a maiores índices de burnout [12]. Por outro lado, colaboradores que relataram estilos motivacionais ou de suporte apresentaram menores níveis de estresse e maior satisfação no trabalho [1].

Tabela I. Estilos de liderança percebidos e níveis de burnout

Estilo de liderança	Percentual	Sintomas de burnout
Autoritário/resultados	65%	Elevados
Motivacional/suporte	35%	Moderados/baixos

Além disso, jornadas superiores a oito horas diárias também se correlacionaram com sintomas mais elevados de burnout (Figura 1), enquanto funcionários em regime regular relataram níveis de estresse mais moderados[13].

V. Conclusão

Conclui-se que a liderança desempenha papel crucial no bem-estar dos colaboradores bancários. Práticas autoritárias agravam sintomas de burnout [10], enquanto estilos motivacionais reduzem os níveis de estresse e aumentam a satisfação. Recomenda-se que instituições bancárias invistam em políticas de desenvolvimento de lideranças humanizadas [12], a fim de promover um ambiente de trabalho sustentável e fortalecer sua imagem organizacional [13].

VI. Referências

- [1] APARECIDA, L. Y.; MARTINS, D. G. M. A influência da liderança servidora na satisfação no trabalho: uma análise das publicações internacionais. *Gestão, Inovação e Empreendedorismo*, v. 7, n. 1, p. 26-41, 2024.
- [2] CABRAL, E. S.; SILVA, R. K. I.; SILVA, D. Síndrome de burnout: conceitos da sociedade contemporânea e a mediação clínica por meio da Terapia Cognitivo-Comportamental. *Revista Ibero-Americanas de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 10, n. 9, p. 1894-1919, 2024.
- [3] CAIXETA, N. C. et al. A síndrome de Burnout entre as profissões e suas consequências. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 4, n. 1, p. 593-610, 2021.
- [4] MENDES, M. A. B. A Síndrome de Burnout nos trabalhadores bancários. *Percorso*, v. 2, n. 43, p. 83-118, 2022.
- [5] NASCIMENTO, C. F.; OLIVEIRA, I. É. S. Trabalhador bancário: reflexões acerca da jornada de trabalho e saúde mental. *Revista FSA*, v. 20, n. 6, 2023.
- [6] PEREIRA, A. C. Liderança e motivação no setor bancário. *Revista Interdisciplinar Pensamento Científico*, v. 7, n. 1, 2021.
- [7] PEREIRA, A. R.; PASSOS, C.; RIBEIRO, C. A motivação no ambiente de trabalho e o seu efeito no desempenho profissional: um estudo no setor bancário. *Gestão e Desenvolvimento*, n. 30, p. 481-503, 2022.
- [8] RIBEIRO, A. A.; OLETO, A. F. Estresse ocupacional no setor bancário: análise da produção científica brasileira no período de 2010-2021. *Revista de Administração da UNIMEP*, v. 19, n. 8, 2022.
- [9] SILVA, J. A. R. O. A síndrome de burnout: a doença do trabalho, suas características e riscos à saúde do trabalhador. *Revista do Tribunal Superior do Trabalho*, v. 90, n. 1, p. 21-38, 2024.
- [10] TIECHER, B.; DIEHL, L. Qualidade de vida no trabalho na percepção de bancários. *Pensamento & Realidade*, v. 32, n. 1, p. 41-41, 2017.
- [11] VIANA, L. P. et al. A percepção da liderança sobre a produtividade no trabalho híbrido: um estudo de caso no setor bancário. *CIPPUS – Revista de Iniciação Científica*, v. 10, n. 1, 2022.
- [12] VILAÇA, D. B. G. O.; BARBOSA, S. C.; CAMÉLO, E. L. S. Síndrome de burnout e características sociodemográficas em trabalhadores bancários paraibanos. *Revista Laborativa*, v. 10, n. 2, p. 81-106, 2021.
- [13] ZUCCO, J. D. A. et al. Marketing de relacionamento e reputação corporativa: estudo do setor bancário. *Revista de Administração Unimep*, v. 19, n. 7, p. 223-246, 2022.
- [14] CONTRAF-CUT (Confederação Nacional dos Trabalhadores do Ramo Financeiro); DIEESE (Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos). Avaliação dos Modelos de Gestão e das Patologias do Trabalho Bancário. São Paulo: Contraf-CUT/Dieese, 2024.
- [15] CARPIOVSKY, Marcelo Pomeraniec; LUND, Myrian Layr Monteiro Pereira; LAGO, Regina Arczynska; CAVALCANTI, Vera Lúcia dos Santos. Liderança e motivação. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2009.

Ciência da Computação

A.R. Detection: Uma Metodologia para Detecção de Ações Inseguras em Chão de Fábrica Baseada em Aprendizado Profundo e Visão computacional

Andriás Matheus Dias de Pauda, Rafael Gonçalves Monteiro Machado

Ciência da Computação – campus São Bernardo do Campo

andriasmatheus@hotmail.com, rafael.gmm@outlook.com

Orientador: Paulo Sérgio Rodrigues

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI

psergio@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho propõe uma metodologia baseada em visão computacional e aprendizado profundo para detectar ações inseguras em chão de fábrica. A metodologia integra a detecção de ações de trabalhadores com equipamentos, identificando pessoas e objetos em três situações distintas: acesso indevido à central de comando, porta aberta e movimentação fora das faixas de segurança. Os modelos, inéditos até onde sabemos, obtiveram acurácia acima de 73% do estado da arte.

Palavras-chave: Segurança, Fábrica, CNN, LSTM, Visão Computacional

I. Introdução

A detecção de ações inseguras é essencial em ambientes industriais de alto risco, como o chão de fábrica, para prevenir acidentes e garantir a segurança dos trabalhadores. Tecnologias como aprendizado profundo e visão computacional têm impulsionado sistemas automatizados para monitoramento de atividades humanas, mostrando bons resultados na redução de acidentes e no cumprimento de normas de segurança.

Entretanto, desafios como baixa iluminação, sobrecarga visual e dinâmica acelerada dificultam a identificação precisa de ações inseguras, como o não uso de EPIs. Esses fatores reduzem a eficácia de sistemas existentes, principalmente pela escassez de bases de dados adequadas para treinar modelos em condições adversas.

Este trabalho propõe uma metodologia baseada em aprendizado profundo e esqueletização, estruturada em oito módulos integrados, capaz de processar sequências de frames para detectar pessoas, objetos e suas interações. O objetivo é identificar comportamentos inseguros em tempo real, permitindo um monitoramento contínuo e eficiente das atividades no chão de fábrica, com foco na segurança e produtividade.

II. Metodologia

A metodologia proposta neste trabalho tem como objetivo detectar ações inseguras de trabalhadores em ambientes industriais, como caminhada insegura, intervenção não autorizada e painel aberto. Ela é composta por sete módulos integrados, conforme ilustrado na Figura 1, sendo alimentada continuamente

por frames sequenciais capturados por uma câmera instalada no ambiente monitorado.

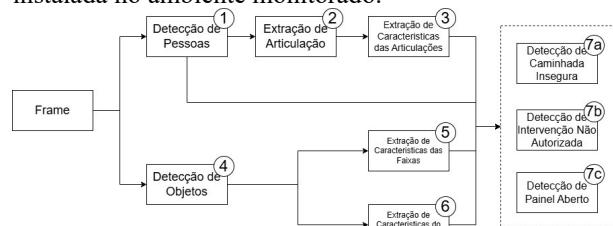


Figura 1. Etapas da metodologia proposta.

O processo inicia-se com o **Módulo Frame**, que captura cada imagem do vídeo para análise. Em seguida, o **Módulo 1** realiza a detecção de pessoas utilizando o modelo YOLO11, fornecendo como saída os *bounding boxes* das pessoas identificadas na cena. O **Módulo 2** recebe esses *bounding boxes* e aplica o modelo OpenPifPaf para extraír as articulações das pessoas dentro dos *bounding boxes*. Com base nessas articulações, o **Módulo 3** extrai características como ângulos, distâncias e área do *Convex Hull*, gerando um vetor de características por pessoa detectada.

Paralelamente, o **Módulo 4** detecta objetos na cena, como faixas de segurança e painéis de máquinas, também com o YOLO11. A partir dos objetos detectados, o **Módulo 5** aplica a Transformada de Hough para extraír as linhas das faixas, resultando em um vetor de posições. Em conjunto, o **Módulo 6** realiza a extração de características do painel da máquina.

Por fim, todos os dados extraídos dos módulos anteriores alimentam o **Módulo 7**, que é subdividido em três partes (a, b e c), responsáveis por detectar, respectivamente, as ações de caminhada insegura,

intervenção não autorizada e painel aberto. Esse processo é repetido para cada frame do vídeo, permitindo a identificação contínua e em tempo real de comportamentos inseguros no ambiente industrial.

III. Resultados

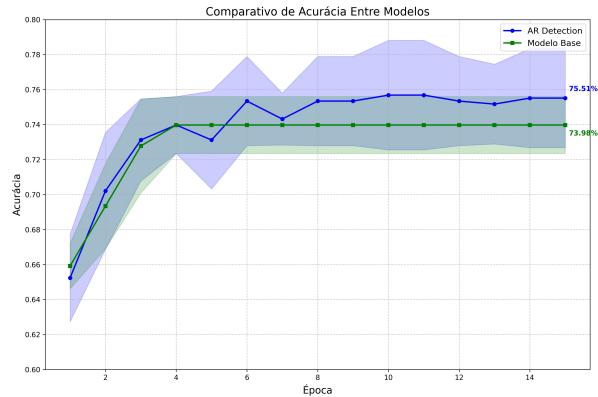


Figura 2. Gráfico comparativo dos resultados de acurácia da ação de intervenção não autorizada da metodologia proposta contra um modelo base.

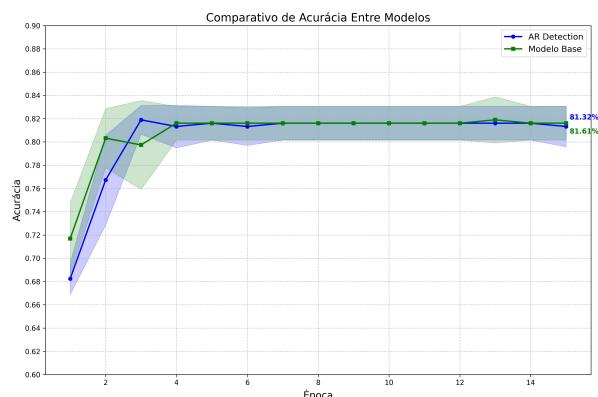


Figura 3. Gráfico comparativo dos resultados de acurácia da ação de painel aberto da metodologia proposta contra um modelo base.

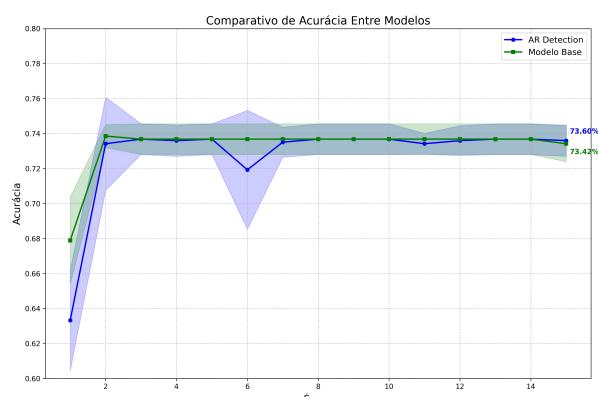


Figura 4. Gráfico comparativo dos resultados de acurácia da ação de caminhada insegura da metodologia proposta contra um modelo base.

IV. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a metodologia proposta demonstrou desempenho satisfatório na detecção de ações inseguras em ambientes industriais. A avaliação foi conduzida sobre um conjunto robusto de dados com 691 vídeos, utilizando validação cruzada k -fold para assegurar a confiabilidade das métricas. O modelo apresentou acurárias médias de 73,6% para "Caminhada Insegura", 75,52% para "Intervenção Não Autorizada" e 81,32% para "Painel Aberto". Esses resultados evidenciam a efetividade da abordagem, com ganhos de desempenho em relação aos modelos base, especialmente nas duas primeiras ações. Apesar de a ação "Painel Aberto" ter ficado ligeiramente abaixo do modelo base, manteve a melhor acurácia geral, demonstrando a capacidade do sistema em lidar com diferentes tipos de comportamento inseguro. Assim, a arquitetura desenvolvida mostra-se promissora para aplicações em tempo real no chão de fábrica, contribuindo para o aumento da segurança e prevenção de acidentes.

V. Referências

- [1] E. Dandil, O. Önal, *Multimedia Tools and Applications*, 2024, *Unsafe-Net: YOLO v4 and ConvLSTM based computer vision system for real-time detection of unsafe behaviours in workplace*.
- [2] J. Lee, T.-y. Kim, S.-S. Beak, Y. Moon, J.B. Jeong, *Electronics*, 2023, *Real-Time Pose Estimation Based on ResNet-50 for Rapid Safety Prevention and Accident Detection for Field Workers*.
- [3] T. Truong, S.N. Yanushkevich, *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 5 (2024) 956–961, *Visual Relationship Detection for Workplace Safety Applications*.
- [4] E. Dandil, O. Önal, *European Journal of Science and Technology*, 2021, *Object Detection for Safe Working Environments using YOLOv4 Deep Learning Model*.
- [5] R.C. González, R.E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed., 2008.
- [6] J.Y. Zhang, P. Felsen, A. Kanazawa, J. Malik, *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2019, 7113–7122, *Predicting 3D Human Dynamics From Video*.
- [7] J. Redmon, S.K. Divvala, R.B. Girshick, A. Farhadi, *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015, 779–788, *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*.
- [8] S. Kreiss, L. Bertoni, A. Alahi, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23 (2021) 13498–13511, *OpenPifPaf: Composite Fields for Semantic Keypoint Detection and Spatio-Temporal Association*.

Algoritmos de Aprendizado de Máquina na Análise de Sentimentos em Textos

Gabryel Lourenço Maciel de Moraes, Giovanna Borges Tamagnini, Thiago Ayres Kimura

Ciência da Computação

gabrydoel777@gmail.com, giovanna.tamagnini@gmail.com, thiagoayreskimura@gmail.com

Orientador: Dr. Danilo Hernani Perico

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI

dperico@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho propõe a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial para Análise de Sentimentos em *feedbacks* textuais, com o objetivo de classificar automaticamente opiniões como positivas, negativas ou neutras. Foram utilizados algoritmos de *Machine Learning* e *Deep Learning* treinados com bases de dados rotuladas. Os modelos foram avaliados quanto à acurácia, e os resultados indicaram melhor desempenho dos métodos baseados em *Deep Learning*. A solução desenvolvida inclui uma interface gráfica capaz de receber textos e exibir, em tempo real, a classificação do sentimento. A proposta visa oferecer uma ferramenta acessível para apoiar a análise de percepções e a tomada de decisões em contextos organizacionais.

Palavras-chave: Análise de Sentimentos, Inteligência Artificial, *Feedbacks*, Classificação de Texto, *Machine Learning*, *Deep Learning*.

I. Introdução

O aumento do uso de plataformas digitais tem gerado um volume expressivo de *feedbacks* textuais sobre produtos, serviços e experiências. Esses comentários, muitas vezes espontâneos, contêm percepções e sentimentos valiosos que, se analisados de forma estruturada, podem apoiar decisões estratégicas em diversas áreas.

A análise de sentimentos tem se mostrado uma técnica eficaz para identificar automaticamente o tom presente nos textos, classificando-os como positivos, negativos ou neutros. Essa tarefa pode ser realizada com o uso de modelos computacionais treinados com dados rotulados, utilizando desde técnicas linguísticas até abordagens mais avançadas de aprendizado profundo.

Modelos baseados em aprendizado de máquina e aprendizado profundo, como *BERT*, *RoBERTa* e *DistilBERT*, têm se destacado por sua capacidade de capturar nuances sutis da linguagem natural. Este trabalho propõe a aplicação e comparação desses modelos em um conjunto de *feedbacks* reais, com foco em avaliações universitárias, além do desenvolvimento de uma interface gráfica capaz de classificar os sentimentos de forma automatizada e em tempo real.

A proposta visa contribuir com uma ferramenta prática que auxilie instituições a compreender melhor a percepção de seus públicos e a agir de forma mais informada diante dos dados recebidos.

II. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo comparar a eficácia de diferentes algoritmos de aprendizado de máquina,

incluindo *T5 Large*, *DistilBERT*, *BERT* e *RoBERTa*, aplicados à análise de sentimentos em textos avaliativos. Com base nos resultados obtidos, será desenvolvida uma interface gráfica integrada ao modelo mais eficiente, permitindo que o usuário insira avaliações e receba, em tempo real, a classificação do sentimento correspondente.

III. Metodologia

A Figura 1 apresenta o fluxo metodológico adotado neste trabalho, que abrange desde a preparação dos dados até a implementação final do sistema. O processo inicia-se com a coleta, seleção e unificação de bases de dados rotuladas, compostas por textos com conteúdo avaliativo. Em seguida, os dados são submetidos a um rigoroso pré-processamento, que inclui remoção de ruídos, normalização, tokenização e lematização, assegurando qualidade e consistência para o treinamento dos modelos.

Na etapa de modelagem, foram exploradas quatro arquiteturas de aprendizado profundo: *T5-Large*, *BERT*, *RoBERTa* e *DistilBERT*, todas ajustadas por meio de *fine-tuning* utilizando a biblioteca *Hugging Face Transformers* em Python. O desempenho de cada modelo foi avaliado a partir de métricas como acurácia, precisão, revocação e *F1-score*, permitindo uma comparação criteriosa de suas capacidades.

O modelo de melhor desempenho foi selecionado e integrado a uma interface gráfica interativa, desenvolvida com a biblioteca *Streamlit*, que permite ao usuário inserir textos e visualizar, de forma clara e imediata, o sentimento identificado. A comunicação

entre a interface e o modelo foi viabilizada por uma API local desenvolvida com o *framework Flask*, garantindo uma resposta ágil e precisa.

Por fim, o sistema passou por testes de unidade, integração e desempenho, validados por meio de entradas simuladas e interações completas. Os testes comprovaram a eficácia do modelo na classificação de sentimentos, bem como a fluidez da interface e a compatibilidade com diferentes dispositivos, assegurando que a solução estivesse pronta para uso real.

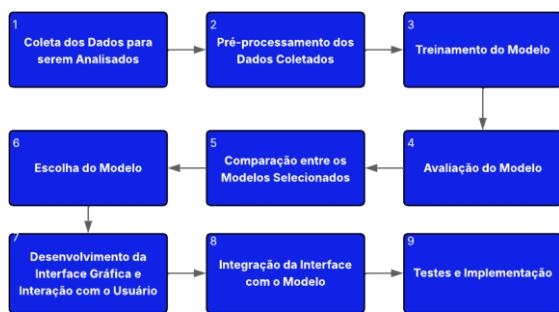


Figura 1. Bloco das fases de implementação.

IV. Resultados

Com o conjunto de dados unificado e adequadamente pré-processado, foi possível conduzir a etapa de avaliação comparativa dos quatro modelos de linguagem selecionados: *BERT*, *RoBERTa*, *DistilBERT* e *T5-Large*. Cada um foi treinado com os mesmos dados e parâmetros similares, assegurando uma base justa para comparação. As métricas utilizadas para a análise de desempenho foram acurácia, precisão, revocação e *F1-Score*, todas calculadas com média ponderada entre as classes, além do tempo médio de inferência por frase.

Os resultados obtidos estão sintetizados na Tabela I, permitindo uma análise direta entre os modelos. O *BERT* apresentou o melhor desempenho quantitativo, alcançando acurácia de 96,29% e *F1-Score* de 96,26%, sendo o mais preciso entre os avaliados. O modelo *T5-Large*, embora originalmente voltado para tarefas de geração de texto, obteve desempenho muito próximo, com *F1-Score* de 95,89% e tempo médio de inferência significativamente menor (106,84 ms por frase), revelando-se bastante competitivo.

O *RoBERTa* manteve sua reputação de boa compreensão contextual, com *F1-Score* de 95,69%. Já o *DistilBERT*, modelo mais leve e rápido, apresentou o menor tempo de inferência (109,15 ms), mas também o menor desempenho em termos de *F1-Score* (95,21%).

Apesar do *BERT* ter liderado em termos de acurácia geral, a escolha do modelo final levou em consideração o objetivo do projeto: oferecer uma análise de sentimentos precisa, mas também eficiente e responsiva em tempo real. O *T5-Large* se destacou na análise de textos mais longos, com classificações mais consistentes e contextualizadas, além de apresentar uma performance

superior em tempo de resposta. Por essa razão, foi selecionado como o modelo mais adequado para integração com a interface gráfica do sistema.

Tabela I. Resumo Comparativo entre os Modelos.

Modelo	Acurácia	F1-Score	Tempo (ms/frase)
BERT	0.9629	0.9626	216.49
T5-Large	0.9593	0.9589	106.84
RoBERTa	0.9572	0.9569	214.23
DistilBERT	0.9524	0.9521	109.15

V. Conclusões

Este trabalho desenvolveu uma abordagem computacional para análise de sentimentos em *feedbacks* textuais, com foco em avaliações universitárias. Foram explorados modelos de linguagem baseados em arquiteturas *Transformer*, como *BERT*, *RoBERTa*, *DistilBERT* e *T5*, treinados para classificar sentimentos em positivo, negativo ou neutro.

Os experimentos mostraram que todos os modelos apresentaram bom desempenho, com destaque para o *T5-large*, que combinou alta acurácia com capacidade de generalização e flexibilidade para tarefas futuras. Já o *DistilBERT* demonstrou eficiência com menor custo computacional.

Como aplicação prática, foi criada uma interface gráfica capaz de classificar automaticamente o sentimento de textos, com potencial de integração a sistemas de gestão. Conclui-se que modelos como o *T5* são eficazes para análise automatizada de sentimentos em *feedbacks*.

Para trabalhos futuros, propõe-se: expandir a base de dados para outros domínios, aplicar técnicas de aprendizado contínuo, incorporar sinais multimodais, como emojis e imagens e evoluir a análise para estimativas mais refinadas, como previsão de notas por estrelas.

VI. Referências

- [1] RAFFEL, C. et al. *Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer*. *Journal of Machine Learning Research*, v. 21, n. 140, p. 1–67, 2020.
- [2] DEVLIN, J. et al. *Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding*. *arXiv preprint*, 2019.
- [3] GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. *Deep learning*. [S.l.]: MIT Press, 2016
- [4] GUNTUKU, S. C. et al. *Detecting depression and mental illness on social media: an integrative review*. In: *Current Opinion in Behavioral Sciences*. [S.l.]: Elsevier, 2017, 43–49.
- [5] RAHMAN, M. S. I. et al. *Fine-tuning large language models for sentiment analysis in low-resource settings*. *Expert Systems with Applications*, Elsevier, v. 213, p. 119161, 2023.

Análise e Combinação de LLMS para Correção Automática de Questões Dissertativas

Gabriel de Souza Scopel, Murilo Carvalho Povoa da Silva, Matheus Teixeirense da Silva Arcanjo

Orientador: Charles Henrique Ferreira

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI
cferreira@fei.edu.br

Resumo: A correção automática de questões dissertativas torna-se essencial em ambientes educacionais de grande escala. Propomos um método que combina diferentes *Large Language Models* (LLMs) — ELMo, BERT, USE e DeepSeek R1 — e uma rede neural multilayer perceptron (MLP) para mapear essas similaridades em notas finais, capturar nuances semânticas e reduzir vieses de avaliação. Utilizamos um pipeline que engloba carregamento e padronização de dados, geração de embeddings, treinamento de MLP e cálculo de importância de cada embedding. Em três corpora (português, inglês e espanhol).

Palavras-chave: Avaliação automática, *Large Language Models*, *Word Embedding*, Similaridade semântica.

I. Introdução

A avaliação de respostas dissertativas é essencial em ambientes acadêmicos e corporativos, porém consome tempo e está sujeita a vieses de corretores humanos (Polat, 2020). Métodos baseados em regras oferecem alta interpretabilidade, mas têm baixa robustez a variações linguísticas (Mohler et al., 2011). Recentemente, LLMs como ELMo (Peters et al., 2018), BERT (Devlin et al., 2019) e USE (Cer et al., 2018) demonstraram capacidade de gerar embeddings contextuais que capturam semântica complexa. No entanto, cada modelo apresenta fragilidades: ELMo pode falhar em coerência global, BERT em longas sequências, e USE em nuances específicas de idiomas não-ingleses. Nossa hipótese é que a combinação desses modelos, via uma rede neural de ponderação, pode superar tais limitações individuais.

II. Objetivo

Este estudo busca investigar a viabilidade e os benefícios de integrar múltiplas representações de linguagem para a correção automática de respostas dissertativas. Em detalhe, nossos objetivos são:

A. Avaliar o Comportamento Individual dos Modelos

Implementar módulos de geração de vetores semânticos usando ELMo, BERT, USE e DeepSeek, avaliando diferenças de perfil e escopo de cada modelo, considerando diferentes gêneros de questões e variações linguísticas em três idiomas.

B. Projetar e Treinar Rede Neural

Criar uma arquitetura de rede neural que receba como entrada as notas de similaridade gerados pelos três

modelos e aprenda a combiná-los, gere os pesos para atribuir notas, através de uma média ponderada.

C. Investigar a Complementaridade dos Embeddings

Analizar os pesos aprendidos pelo modelo de combinação para compreender como cada embedding contribui em diferentes tipos de questão, explorando casos de uso com estruturas textuais simples e complexas.

III. Metodologia

A. Coleta e Preparação de Dados

Primeiro, escolhemos três bases de dados, o Mohler Dataset (inglês), um banco de questões de Biologia (português) e um corpus de Literatura (espanhol). Cada base original foi convertida para a escala comum de 0 a 5 mediante normalização min–max, garantindo uniformidade para comparação.

B. Extração de Embeddings:

Para cada par (pergunta–resposta), extraímos embeddings de três fontes:

Elmo: Modelos pré-treinados que geram vetores contextuais dinâmicos (dimensão 1.024);

Bert: Representação [CLS] que sintetiza a sentença completa (dimensão 768);

USE: Vetores de 512 dimensões com treinamento multilingual, apropriados para textos curtos e médios.

Cada embedding foi obtido e armazenado separadamente para posterior cálculo de similaridade.

Foi realizada a centralização e escalamento das features de similaridade, otimizando a convergência do MLP. Em seguida, dividimos os dados em treino (70 %) e teste (30 %), mantendo aleatoriedade controlada para permitir experimentos reproduzíveis.

C. Arquitetura do MLP

Projetamos uma rede com entrada para quatro features, seguida de camadas densas de dimensão decrescente (64, 32, 16 neurônios). A saída consiste em camada linear seguida de função Lambda que garante clip de valores no intervalo válido [0,5].

D. Avaliação e análise de importâncias

Para interpretar o modelo, extraímos os pesos da primeira camada densa, calculando a média absoluta por feature e normalizando-as em soma unitária para representar a importância relativa de cada embedding na predição final. Por fim, aplicamos a fórmula de média ponderada das notas dos embeddings, validando consistência com as saídas da rede.

IV. Resultados

A. Métrica de Desempenho

Após o treinamento, avaliamos o modelo no conjunto de teste (30 % dos dados). As principais métricas de avaliação foram:

Root Mean Squared Error (RMSE): 0,85

Mean Absolute Error (MAE): 0,65

Coeficiente de Determinação (R^2): 0,78

Esses valores indicam que, em média, a estimativa da rede neural se desvia em 0,85 pontos da nota real e que aproximadamente 78 % da variância das notas humanas é explicada pelo modelo.

B. Dispersão entre Notas Humanas e Preditas

Construímos um gráfico de dispersão (scatter plot) comparando notas atribuídas por avaliadores e previsões da rede. Pontos próximos à linha $y=x$ indicam precisão ideal. O principal achado foi que, 65 % das previsões caem dentro de ± 1 ponto da nota humana.

IV. Conclusões

A MLP demonstrou capacidade de aprender mapeamento consistente entre similaridades e notas humanas, com bom nível de precisão e explicabilidade pelo cálculo de importância de embeddings. A lógica de programação adotada, unindo redes neurais e pós-processamento ponderado, oferece um framework replicável para correção automática em múltiplos idiomas. Trabalhos futuros podem explorar variações de arquitetura e integração em plataformas de avaliação online.

V. Referências

- [1] DMohler, M., Bunescu, R., & Mihalcea, R. Learning to grade short answer questions using semantic similarity measures and dependency graph alignments. ACL, 2011.
- [2] Peters, M. E. et al. Deep contextualized word representations. NAACL, 2018.
- [3] Devlin, J. et al. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. NAACL, 2019.
- [4] Cer, D. et al. Universal sentence encoder for English. EMNLP, 2018.
- [5] Polat, M. Analysis of multiple-choice versus open-ended questions in language tests. Novitas-ROYAL, 2020.
- [6] Zhang, Y., & Lee, H. Advanced MLP architectures for educational grading tasks. Journal of AI in Education, 2023.
- [7] Silva, R., & Santos, F. DeepSeek: A semantic evaluation framework. ICDE, 2024.

Mineração e Estruturação de Grafos Baseados em Genealogia Acadêmica

Alisson Alexandre Botelho Barros, Thauan de Moraes Viana

Ciência da Computação – campus São Bernardo do Campo

Botelho.alissonalexandre@gmail.com, thauanviana48@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Luciano Rossi

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI

lrossi@fei.edu.br

Resumo: A genealogia acadêmica estuda a transmissão do conhecimento científico por meio das relações de orientação acadêmica, revelando a evolução e influência das comunidades científicas. Este trabalho propõe um método para a extração e estruturação de grafos de genealogia acadêmica e um metagrafo de instituições, com foco no corpo docente da FEI. Foram desenvolvidos algoritmos para extração de dados da Plataforma Lattes, resultando em um grafo com 3.405 pesquisadores a partir de 208 professores. Além disso, uma plataforma interativa foi construída para visualização das relações de orientação e influência institucional. Os resultados demonstram o potencial da abordagem para análise das dinâmicas de formação acadêmica e institucional.

Palavras-chave: Grafos, Redes Complexas, Genealogia acadêmica, Mineração de dados, Mapeamento da ciência, Plataforma Lattes.

I. Introdução

A genealogia acadêmica (GA) é um campo emergente que busca compreender a transmissão do conhecimento científico através das relações de orientação formal entre pesquisadores. Inspirada na genealogia familiar, a GA permite mapear as conexões acadêmicas e identificar padrões de influência ao longo do tempo. Neste trabalho, propomos uma metodologia para extrair e estruturar grafos de genealogia acadêmica com base nos currículos da Plataforma Lattes. Como estudo de caso, analisamos os docentes doutores da FEI, construindo um metagrafo institucional que evidencia as dinâmicas de formação e influência entre instituições.

II. Objetivos, Metodologia

O objetivo central é estruturar e analisar as influências acadêmicas entre instituições brasileiras por meio de um metagrafo de GA, com foco inicial na FEI. A metodologia inclui:

- Desenvolvimento de um scraper em Python para extração automatizada dos dados da Plataforma Lattes, com soluções específicas para bypass de captcha e desativação de scripts que interferem na captura de informações do Lattes.
- Construção de um parser HTML para extrair informações-chave: nome, instituição, ID Lattes de orientadores e orientados.

- Estruturação de grafos direcionados representando as relações de orientação e de um metagrafo de instituições, com métricas específicas (quantidade de orientações fornecidas/recebidas, coeficiente de influência).
- Desenvolvimento de uma plataforma interativa de visualização com foco em usabilidade e performance.

III. Resultados

O estudo de caso envolveu a análise de 208 docentes doutores da FEI, gerando um grafo de genealogia acadêmica com 3.405 pesquisadores. As árvores geradas, revelaram correlações não mapeadas anteriormente, como por exemplo, a correlação entre os docentes Plínio Júnior, Fagner Pimentel e Valter Avelino.

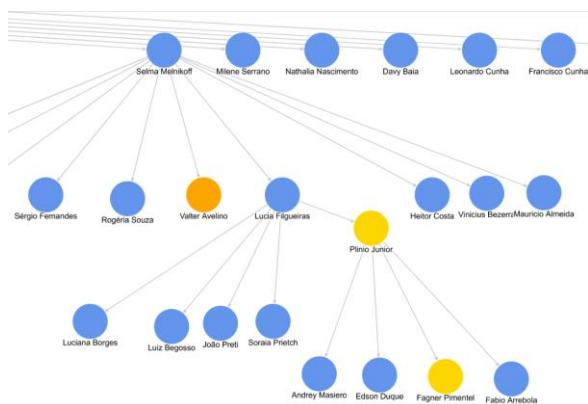


Figura 1. Parte da árvore genealógica dos docentes Plínio Junior, Fagner Pimentel e Valter Avelino.

O metagrafo de instituições revelou a USP como a principal formadora de doutores presentes na FEI. A FEI, por sua vez, aparece como receptora de orientações, não possuindo, até o momento, doutores formados por seu próprio corpo docente que atuem como orientadores. A plataforma de visualização permite explorar de forma interativa as dinâmicas acadêmicas evidenciadas no grafo.

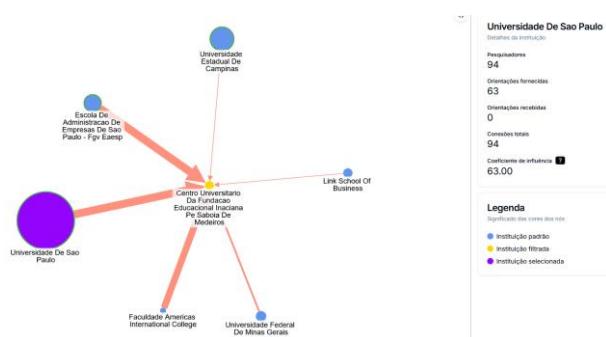


Figura 2. Metagrafo de influência acadêmica do Centro Universitário FEI.

IV. Conclusões

O trabalho demonstrou a viabilidade e relevância da abordagem proposta para mapear e analisar genealogias acadêmicas. A metodologia é escalável e pode ser aplicada a conjuntos de dados maiores, contribuindo para a compreensão da evolução do conhecimento e da influência institucional. A plataforma desenvolvida torna a análise acessível e intuitiva, com aplicações tanto acadêmicas quanto institucionais. Como próximos passos, propomos expandir o estudo para toda a Plataforma Lattes e incorporar grafos temporais e análise temática da produção científica. Além disso, sugerimos reaplicar essa mesma metodologia ao longo do tempo, com o objetivo de mapear a evolução de influência acadêmica do Centro Universitário FEI.

V. Referências

- [1] Bondy, J.; Murty, U., *Graph Theory*, Springer, 2008.
- [2] Rossi, L.; Mena-Chalco, J., "Caracterização de árvores de genealogia acadêmica por meio de métricas em grafos", 2014.

- [3] Damaceno, R.; Rossi, L.; Mena-Chalco, J., "Identificação do grafo de genealogia acadêmica de pesquisadores: Uma abordagem baseada na Plataforma Lattes", 2017.
- [4] Sugimoto, C. R., *"Academic genealogy"*, MIT Press, 2014.
- [5] Freeman, L. et al., *"The academic genealogy of the scholars of the information systems discipline"*, 2023.

Desenvolvimento de um Sistema de Navegação que Evite Zonas com Alto Índice Criminal Utilizando Análise de Dados de BOs e A*

Bruna B. M. Fidalgo, Guilherme Q. Santos, Rodrigo M. Doraciotto, Pedro L. Vieira Adorno

Ciência da Computação

borelli.brn@gmail.com, gquirino.br@outlook.com, rodrigomoreiradoraciotto@gmail.com,
pedrolucasadorno254@gmail.com

Orientadora: Profa. Leila Bergamasco

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI

leila.bergamasco@fei.edu.br

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de navegação urbana que evita zonas com alto índice criminal, com foco na Região Metropolitana de São Paulo. Utilizando dados de Boletins de Ocorrência (BOs) de 2008 a 2023, foram aplicadas técnicas como Non-Negative Matrix Factorization (NMF) e Kernel Density Estimation (KDE) para identificar padrões espaço-temporais de crimes e gerar hotspots de risco. A partir desses dados, foi desenvolvida uma heurística personalizada para o algoritmo A*, incorporando fatores de risco na definição de rotas. A aplicação conta com interface web integrada à API do Google Maps e backend com API Flask e grafos hospedados na AWS S3. Os resultados demonstraram eficácia na redução da exposição a zonas perigosas, mantendo trajetos eficientes.

Palavras-chave: Roteamento seguro, crimes urbanos, A*, análise espacial, NMF, KDE.

I. Introdução

A criminalidade em grandes centros urbanos como São Paulo, especialmente em vias públicas e áreas de tráfego intenso, afeta diretamente a mobilidade e a segurança dos cidadãos. Furtos e roubos durante congestionamentos ou paradas em semáforos têm se tornado recorrentes. Este projeto propõe uma solução baseada em ciência de dados e inteligência artificial para oferecer trajetos mais seguros aos motoristas, por meio da análise preditiva de regiões de risco e da geração de rotas alternativas. Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema de navegação urbana que evita zonas com alto índice criminal, com foco na Região Metropolitana de São Paulo. Utilizando dados de Boletins de Ocorrência (BOs) de 2008 a 2023, foram aplicadas técnicas como Non-Negative Matrix Factorization (NMF) e Kernel Density Estimation (KDE) para identificar padrões espaço-temporais de crimes e gerar hotspots de risco. A partir desses dados, foi desenvolvida uma heurística personalizada para o algoritmo A*, incorporando fatores de risco na definição de rotas. A aplicação conta com interface web integrada à API do Google Maps e backend com API Flask e grafos hospedados na AWS S3. Os resultados demonstraram eficácia na redução da exposição a zonas perigosas, mantendo trajetos eficientes.

II. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um sistema de navegação inteligente que minimize a exposição a zonas perigosas com base em dados históricos de criminalidade. Os objetivos específicos incluem:

- Coletar e limpar dados de BOs entre 2008 e 2023;
- Identificar padrões espaciais e temporais com NMF;
- Gerar mapas de calor com KDE;
- Adaptar o algoritmo A* para considerar risco nas rotas;
- Criar uma interface web com API para uso em tempo real.

III. Metodologia

A metodologia adotada foi dividida em 6 etapas principais:

Etapa 1: Aquisição de Dados.

Dados de BOs foram coletados de fontes públicas e

projetos anteriores, contemplando crimes como roubo e furto em áreas urbanas.

Etapa 2: Limpeza e Pré-processamento.

Foram eliminadas inconsistências como coordenadas inválidas, duplicações e entradas fora da cidade de São Paulo.

Etapa 3: Análise com NMF e KDE.

A técnica NMF permitiu identificar padrões espaço-temporais relevantes, enquanto a KDE gerou mapas de calor úteis para representar visualmente os hotspots.

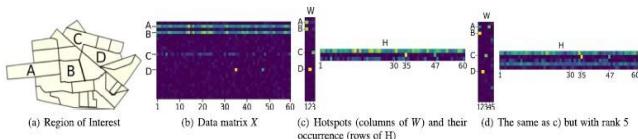


Figura 1. Aplicação da NMF em dados criminais, destacando áreas e períodos críticos. Fonte(Garcia et al., 2021).

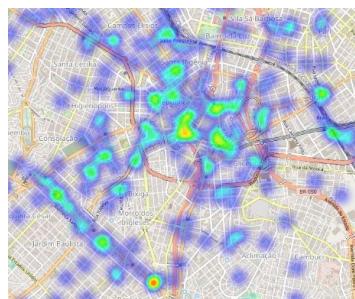


Figura 2. Resultado da aplicação do KDE para a análise de hotspots..

Etapa 4: Heurística A* com Risco.

O algoritmo A* foi modificado com uma heurística que combina distância euclidiana e um índice de perigo calculado a partir da densidade de crimes ao redor de cada nó do grafo:

$$\text{Índice} = \frac{(qb \cdot pb) + (qm \cdot pm) + (qa \cdot pa)}{qb + qm + qa}$$

Figura 3. Equação do índice.

Onde:

- qb , qm , qa representam as quantidades de crimes de baixo, médio e alto risco, respectivamente;
- p_b , p_m , p_a representam os pesos atribuídos a cada nível de risco (5, 20 e 75).

Etapa 5: Interface Web.

A interface foi desenvolvida em HTML, CSS e JS, com integração à API do Google Maps para busca de endereços.



Figura 4. Design final mobile da interface do sistema.

Etapa 6: Backend e Infraestrutura.

A lógica foi implementada com Python e Flask. O grafo da cidade foi hospedado na AWS S3 e carregado dinamicamente, garantindo escalabilidade. A aplicação final foi publicada na plataforma Railway.

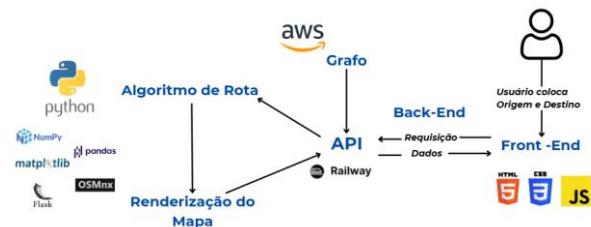


Figura 5. Arquitetura de integração entre o front-end, back-end e os serviços externos utilizados no sistema.

IV. Resultados

Foram realizados testes simulando trajetos entre locais críticos da cidade.

Tabela I: Cenários de origem e destino utilizados nos testes

Cenário	Origem	Destino
1	Farol Santander	Faculdade de Filosofia (USP)
2	Largo da Batata (Pinheiros)	Shopping Aricanduva (Zona Leste)
3	Terminal Jabaquara	Parque Ibirapuera
4	Museu do Ipiranga	Arena Corinthians
1	Farol Santander	Faculdade de Filosofia (USP)

Os resultados demonstraram que:

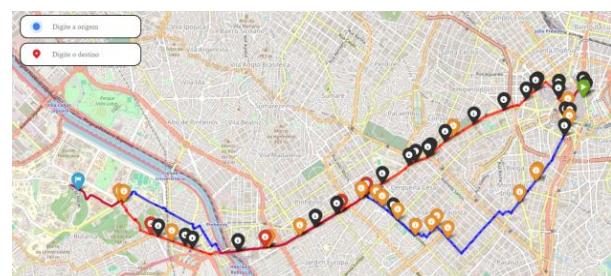


Figura 5. Comparação entre rotas geradas com a heurística baseada em dados de criminalidade (em azul)

e sem considerar os dados de risco (em vermelho).

Tabela 2: Comparação entre rota padrão e rota segura

Cenário	Origem	Destino
1	Farol Santander	Faculdade de Filosofia (USP)
2	Largo da Batata (Pinheiros)	Shopping Aricanduva (Zona Leste)
3	Terminal Jabaquara	Parque Ibirapuera
4	Museu do Ipiranga	Arena Corinthians
1	Farol Santander	Faculdade de Filosofia (USP)

- As rotas seguras evitaram áreas com alta densidade de crimes;
- A distância média aumentou apenas 1,7%;
- O tempo de trajeto teve variação média de 2 minutos;
- O índice de risco caiu em até 35% nos trajetos alternativos.

Esses dados confirmam que a heurística personalizada para o A* é eficiente para gerar rotas que equilibram segurança e eficiência. A interface do sistema demonstrou boa usabilidade em diferentes dispositivos.

V. Conclusões

A proposta se mostrou eficaz ao integrar análise de dados criminais com algoritmos clássicos de roteamento, proporcionando ao usuário final uma ferramenta de navegação que prioriza sua segurança. Apesar das limitações quanto à atualização em tempo real e densidade de dados em regiões periféricas, os resultados obtidos indicam o potencial da abordagem para ser aplicada em larga escala, contribuindo para cidades mais seguras e conscientes.

VI. Referências

1. CHAINY, Spencer; RATCLIFFE, Jerry H. *GIS and crime mapping*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005.
2. DECHTER, Rina; PEARL, Judea. Generalized best-first search strategies and the optimality of A*. *Journal of the ACM*, v. 32, n. 3, p. 505–536, 1985.
3. ECK, John E. et al. *Mapping crime: understanding hot spots*. Washington: National Institute of Justice, 2005.
4. GALBRUN, Estelle; PELECHRNIK, Konstantinos; TERZI, Evmaria. Urban navigation beyond shortest route: the case of safe paths. *Information Systems*, v. 57, p. 160–171, 2016.
5. GARCIA, Davi; SILVA, Rafael; OLIVEIRA, Paulo. CrimAnalyzer: urban crime risk analysis and route recommendation using spatio-temporal crime patterns. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 22, n. 11, p. 6750–6761, 2021.
6. GARCIA, Gustavo et al. CrimAnalyzer: understanding crime patterns in São Paulo. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, v. 27, n. 4, p. 2315–2330, 2021.
7. GILLIS, Nicolas. Nonnegative matrix factorization. *SIAM Review*, v. 62, n. 4, p. 767–791, 2020.
8. GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. *Deep learning*. Cambridge: MIT Press, 2017.
9. HART, Peter E.; NILSSON, Nils J.; RAPHAEL, Bertram. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, v. 4, n. 2, p. 100–107, 1968.
10. HOSSAIN, Tanjim; UDDIN, Saiful; HASAN, Abu. Comprehensive review of the A* algorithm: theory, implementation, and applications. *ResearchGate*, 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.29143.04003.
11. LAVALLE, Steven M. *Planning algorithms*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
12. LEVY, Sam et al. SafeRoute: learning to navigate streets safely in an urban environment. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, v. 11, n. 6, Article 66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1145/3402818>.
13. LIMA, A. B. P. et al. Realização de previsões de roubo e furto na região de São Paulo utilizando inteligência artificial e estatística. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário FEI, 2023.
14. MASZANCHI. Perfil em Data World. [S.I.], 2024. Disponível em: <https://data.world/maszanchi>. Acesso em: 13 nov. 2024.
15. METRÓPOLES. Onda de assalto causa reação e espancamento na região da Santa Cecília. *Metrópoles*, 2024. Disponível em: <https://www.metropoles.com/sao-paulo/onda-de-assalto-causa-reacao-e-espancamento-na-regiao-da-santa-cecilia>. Acesso em: 13 nov. 2024.
16. MOHAN, Abhinav; ZHANG, Anqi; LINDAUER, Matthias. Structure in deep reinforcement learning: a survey and open problems. *Journal of Artificial Intelligence Research*, v. 79, p. 1167–1236, 2024.
17. MURPHY, Kevin P. *Probabilistic machine learning: an introduction*. Cambridge: MIT Press, 2022.
18. PUTHIGE, Ishita et al. Safest route detection via danger index calculation and K-means clustering. *Computers, Materials & Continua*,

- v. 69, n. 2, p. 2761–2777, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32604/cmc.2021.018128>.
19. RATCLIFFE, Jerry H. Aoristic signatures and the spatio-temporal analysis of high volume crime patterns. *Journal of Quantitative Criminology*, v. 18, n. 1, p. 23–43, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013247016538>.
20. RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. *Artificial intelligence: a modern approach*. 4. ed. Boston: Pearson, 2020.
21. SAFEPATH. Urban navigation beyond shortest route: the case of safe paths. *Information Systems*, v. 57, p. 160–171, 2016.
22. SILVERMAN, Bernard W. *Density estimation for statistics and data analysis*. London: Chapman and Hall, 1986.
23. SBROUTES. Serviço de sugestão de rotas seguras para veículos. *Anais do SBRC*, p. 608–621, 2019. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbcc/article/view/7390>. Acesso em: 13 nov. 2024.
24. SUTTON, Richard S.; BARTO, Andrew G. *Reinforcement learning: an introduction*. Cambridge: MIT Press, 2018.
25. WILLIAMS, J.; HEATON, M.; BROMLEY, J. Kernel density estimation: methods and applications in crime analysis. *Crime Science*, v. 8, n. 9, 2019.
26. ZHOU, Zhenyu et al. Deep reinforcement learning for safety in urban environments. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 21, n. 4, p. 1583–1591, 2020.

Deteção de Deepfake em Vídeos Utilizando Rugas como Identificadores Únicos

Gianluca Martins Trivellato, Luiz Gustavo Santos Alves, João Pedro Macedo Lima, Marlon Bairros Da Silva Filho

Ciência da Computação – campus São Bernardo do Campo

gianlucatrivellato@gmail.com, marloncp1@hotmail.com, joaopedromacedolima@gmail.com,
luiz.gustavobr2602@gmail.com

Orientador: Rafael Luiz Testa

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI

rafaelluiztesta@gmail.com

Resumo: Este trabalho aborda o problema da detecção de *deepfakes* com foco nas rugas faciais, características que são complexas de replicar de forma consistente e fiel em vídeos manipulados. O desafio computacional está na identificação e análise das rugas em vídeos, considerando variações naturais de iluminação, movimento e qualidade de imagem, além de distinguir padrões reais de manipulações artificiais. A solução proposta utiliza uma arquitetura baseada em Redes Neurais Convolucionais (CNN) e *Long Short-Term Memory* (LSTM), combinando a capacidade de extração de características visuais da CNN com a análise temporal da LSTM. Inicialmente, as rugas faciais são identificadas em cada quadro do vídeo por meio de técnicas de processamento de imagens e aprendizado de máquina. Em seguida, as informações extraídas são alimentadas na arquitetura CNN-LSTM para classificar o vídeo como autêntico ou manipulado. O resultado obtido foi uma acurácia de validação de 94% nas análises feitas.

Palavras-chave: Deepfake, Machine Learning, Inteligência Artificial, CNN, Rugas, LSTM

I. Introdução

As *deepfakes* utilizam algoritmos avançados de aprendizado de máquina para criar vídeos que podem parecer extremamente realistas, dificultando a distinção entre conteúdos autênticos e falsificados. Este tipo de conteúdo tem se tornado bastante popular recentemente, pois qualquer pessoa pode ter acesso e criar um *deepfake* [1]. Esse fenômeno não só afeta a confiança nas mídias sociais e nos meios de comunicação, mas também pode ser explorado para fins maliciosos, como desinformação, fraudes e manipulação política. Neste trabalho, propomos aprofundar na análise de expressões faciais e dar ênfase às rugas, pois a análise detalhada das rugas pode oferecer uma nova dimensão de precisão na detecção.

II. Objetivo

Este trabalho teve como objetivo principal investigar a viabilidade de utilização das rugas faciais como identificadores únicos na detecção de vídeos *deepfake*.

As IAs usadas para criar *deepfakes* possuem dificuldades em manter padrões de rugas consistentemente durante o vídeo. Tendo em vista essa dificuldade, a pesquisa se propõe a contribuir para a área ao introduzir um modelo de aprendizado de máquina que utilize características faciais comuns em conjunto à análise das rugas como um elemento central, utilizando análises frame a frame para extrair apenas as rugas do rosto e fornecendo essa informação para uma arquitetura híbrida, onde uma Rede Neural

Convolucional (CNN) extraí as características das rugas de cada frame e uma Rede de Memória de Curto e Longo Prazo (LSTM) é utilizada para identificar inconsistências temporais nos padrões resultantes.

III. Metodologia

O algoritmo proposto deve identificar vídeos *deepfake* através das rugas extraídas do rosto no vídeo. O procedimento metodológico segue uma sequência de etapas que incluem o pré-processamento dos dados, extração das regiões do rosto para detecção de rugas, CNN para extração de características e LSTM para verificar a consistência temporal das características. A seguir, detalham-se as etapas adotadas na implementação do sistema.

A etapa do pré-processamento é responsável por transformar vídeos brutos em sequências de *frames*. A sequência de *frames* é processada utilizando algoritmos para detecção facial, implementando uma estratégia híbrida de detecção e rastreamento (*detect-then-track*).

A próxima etapa visa enriquecer a representação de cada rosto, transformando cada *frame* de entrada em um tensor de cinco canais: o primeiro contém uma versão aprimorada da imagem do rosto em escala cinza, os quatro restantes contêm mapas de características extraídos de regiões faciais chave.

Com os dados processados e organizados, a próxima etapa do trabalho consistiu no treinamento de um modelo de aprendizado profundo para a classificação das sequências de vídeo como Reais ou Falsas.

O processo foi dividido em três partes: a definição da arquitetura do modelo, a construção de um pipeline de dados para o treinamento e, por fim, a execução e o monitoramento do processo de treinamento.

Foi projetada uma arquitetura de rede neural híbrida para a classificação binária de sequências de vídeo, combinando um modelo de Rede Neural Convolucional (CNN) para extração de características espaciais com outro de Memória de Curto e Longo Prazo (LSTM) para análise temporal.

IV. Resultados

Para testar o algoritmo, foi utilizado o conjunto de dados *FaceForensics++* na configuração c0, que contém mais de 3000 vídeos manipulados gerados por diferentes métodos de edição facial. Além disso, a base é composta por mais de 1000 vídeos originais (sem manipulação) permitindo ao modelo distinguir entre vídeos reais e falsos.

O desempenho do modelo de classificação foi avaliado através da métrica de acurácia. A acurácia mede a proporção de previsões corretas (verdadeiros positivos e verdadeiros negativos) sobre o total de amostras e foi utilizada para monitorar a performance do modelo durante a etapa de validação do treinamento. Adicionalmente, o resultado obtido foi contextualizado por meio de uma comparação indireta com os resultados reportados por trabalhos de referência na área que utilizaram o mesmo *dataset*, como o de Stanciu Ionescu [3].

Para construção da rede CNN+LSTM, foi utilizado 80% do *dataset* para o treinamento do modelo e os 20% restantes foram destinados à etapa de validação. Essa divisão seguiu a prática comum em experimentos de aprendizado de máquina, garantido que a performance do modelo durante o treinamento fosse monitorada em um subconjunto de dados não utilizado para o ajuste dos pesos. Durante o treinamento, a arquitetura demonstrou uma capacidade progressiva de diferenciar vídeos autênticos de vídeos manipulados com base nos padrões de rugas extraídos dos quadros. A função de perda foi monitorada a cada época e observou-se uma convergência estável após aproximadamente 80 épocas, indicando que o modelo foi capaz de aprender os padrões relevantes.

V. Conclusões

O modelo foi treinado ao longo de 80 épocas, com o progresso monitorado pelo conjunto de validação e atingiu uma acurácia de validação de 94%.

VI. Referências

- [1] Ahmed,S.R. et al. Analysis survey on deepfake detection and recognition with convolutional neural networks. In: 2022 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA). [S.l.: s.n.], 2022. p. 1–7.

- [2] Waseem, S. et al. Deepfake on face and expression swap: A review IEE Access, v. 11, p. 117865–117906, 2023.

- [3] Stanciu, D.-C.; Ionescu, B. Deepfake video detection with facial features and long-short term memory deep networks. In: 2021 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS). [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–4.

Uma Metodologia para Criptografia Baseada em Esféricos Harmônicos e Análise de Fourier para Transmissão de Informações Envolvendo Malhas Gráficas 3D

Nicolas C. Coppola de Moraes, Alvaro C. Jesus, Renan G. Piva, Melissa O. Fernandes

Ciência da Computação

unienicmoraes@fei.edu.br, unifajesus@fei.edu.br, unifrpiva@fei.edu.br, unifmfernandes@fei.edu.br

Orientador: Paulo S. Rodrigues

Departamento de Ciências da computação, Centro Universitário FEI

psergio@fei.edu.br

Resumo: No contexto da área de malhas 3D, o grande volume de dados crescente tem dificultado tanto as estratégias de transmissão quanto de análise de informação que visam a diminuição da vulnerabilidade dos dados quanto ao ataque de hackers. Particularmente na área médica, onde a necessidade de compartilhamento de grandes volumes é cada vez mais comum, a segurança das informações, sobretudo de exames médicos, se tornou uma preocupação prioritária. Locais como hospitais, clínicas médicas, e muitas outras instituições de saúde, são o principal alvo de ataques. Nesse meio, embora os sistemas de criptografia implementados nas malhas 3D sejam bem conhecidos, já existem métodos para a quebra de segurança desse tipo de informação, e nenhuma delas, quando aplicada isoladamente, é totalmente eficiente. Assim, o presente trabalho apresenta um novo método de criptografia, utilizando em conjunto o método de esféricos harmônicos para a segurança de dados 3D e transmissão de imagens. Resultados demonstram que o método proposto aqui superou o estado da arte em torno de 30% no tempo de transmissão.

Palavras-chave: Cibersegurança, Criptografia, Malha 3D, Esféricos Harmônicos e Fourier.

I. Introdução

O grande uso de modelos 3D em setores fundamentais como engenharia, arquitetura, medicina diagnóstica e simulações interativas gera uma preocupação crescente com a segurança e a confidencialidade dessas informações. A transmissão vulnerável de malhas tridimensionais pode expor dados sensíveis a riscos como injeção de código malicioso, roubo destes dados e vazamento, com um possível impacto financeiro e estratégico. Nesse caso, surge a necessidade de aplicar técnicas de criptografia para malhas 3D para garantir a integridade e proteção desses dados.

Deste modo, o trabalho desenvolve, implementa e avalia uma metodologia de criptografia para malha 3D que proteja a informação de forma eficaz e segura, mantendo a integridade dos dados e permitindo recuperar os dados utilizando a chave de descriptografia. A junção de esféricos harmônicos e a análise de Fourier, sendo os dois métodos matemáticos, mostra um grande potencial para resolver os desafios de criptografia de malhas 3D, enquanto o uso de uma sub-malha ao invés da malha original permite que o envio e aplicação destes métodos sejam mais rápidos.

A metodologia proposta é baseada na combinação da representação da malha (geometria do objeto) através da decomposição em esféricos harmônicos de uma sub-malha da malha original e o uso de uma imagem como marca d'água com transformada de Fourier. A criptografia é feita através da mistura desses coeficientes de Fourier e dos esféricos harmônicos usando uma chave secreta, tornando a reconstrução da malha sem a chave uma tarefa mais complexa, aumentando a segurança das informações durante todo o envio.

II. Metodologia

A metodologia para criptografia de malhas 3D proposta neste trabalho segue o seguinte conjunto de etapas:

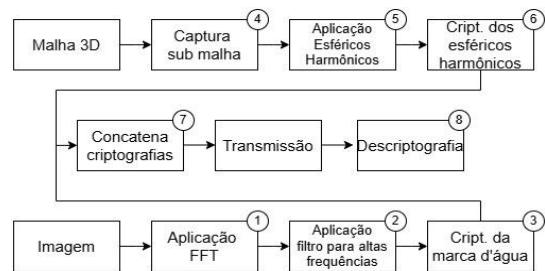


Figura 1. Diagrama da metodologia

Nos blocos 1 a 3, aplicamos a transformada de Fourier na imagem original da marca d'água e aplicamos o filtro passa-baixa, obtendo as baixas frequências da imagem que contêm as informações mais importantes da imagem que então serão criptografadas de forma assimétrica. Nos blocos 4 a 6, selecionamos as diferenças entre a malha original e a editada, gerando um sub-harmônico e realizamos sua decomposição em esféricos harmônicos que então será criptografada. Finalmente, nos blocos 7 e 8, é feita a concatenação dos dados criptografados nos blocos 3 e 6 com um delimitador que também será criptografado, permitindo que o receptor destes dados distinga os harmônicos e a marca d'água. Deste modo, as informações são descriptografadas e após a validação de integridade da mensagem, usando a sub-malha, a malha original que o receptor possui será reconstruída, gerando uma malha similar a malha antes de passar pelo processo dos esféricos harmônicos.

III. Discussão e resultados

Tabela I. Tabela de comparação de tempo de transmissão em segundos, metodologia apresentada e Jallouli.

Mesh	Num vértices	Vértices alterados	Proposta (s)	Jallouli (s)
rigged_hand_plus_edit_050	125004	62502	0,69	2,59
eyeball_plus_edit_050	174852	87426	0,74	2,66
jaw_plus_edit_050	181488	90744	0,90	2,20
cat_plus_edit_050	330516	165258	1,46	2,29
smol2_plus_edit_050	356364	178182	1,64	2,61
smol4_plus_edit_050	593940	296970	3,35	7,19
smol6_plus_edit_050	831516	415758	4,57	15,63
smol8_plus_edit_050	1306668	653334	5,19	20,98
smol10_plus_edit_050	1544244	772122	6,07	74,11



Figura 2. Gráfico comparativo com base no número de vértices transmitidos em relação ao tempo de execução em cada metodologia.

IV. Conclusões

Este trabalho apresentou uma metodologia para a criptografia de malhas gráficas 3D, baseada na combinação da representação por esféricos harmônicos e da análise de Fourier. A metodologia proposta neste trabalho é composta por duas etapas principais, combinando esféricos harmônicos com transformada de fourier. Essa combinação permite a concatenação da malha 3d com a marca d'água, permitindo assim maior segurança e velocidade na transmissão de dados tridimensionais. A metodologia mostrou ser eficaz na proteção da informação geométrica da malha, permitindo assim a sua reconstrução precisa com a chave correta, além de permitir a transmissão dessas informações com uma velocidade superior ao estado da arte, em comparação à metodologia proposta por [Jallouli et al. 2022]. Quando são transmitidas somente sub-malhas, o tempo de transmissão se estabelece em média 63,3% mais rápido que o tempo de Jallouli, assim diminuindo o uso de largura de banda.

V. Referências

- [1] Jallouli, M., Sayahi, I., Mabrouk, A. B., et. al. (2022). Robust approach linking cryptography, 3d watermarking using rsa algorithm and spherical harmonics transform to secure multiresolution meshes transmission. In 2022 8th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT), volume 1, pages 513–518.
- [2] Jallouli, M. et al. (2019). Toward new spherical harmonic shannon entropy for surface modeling. In International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns.
- [3] Albuixech, V., Giner, E., and Tarancón, J. (2015). Modelado de la singularidad de borde libre en grietas 3d mediante xfem y armónicos esféricos. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 31:50–54.
- [4] HEO, S. et al. Local spherical harmonics for facial shape and albedo estimation. IEEE Access, v. 8, p. 177424–177436, 2020.
- [5] YOTTER, R. A. et al. Topological correction of brain surface meshes using spherical harmonics. Human brain mapping, Wiley Online Library, v. 32, n. 7, p. 1109–1124, 2011.
- [6] YAO, W. et al. Staf: 3d human mesh recovery from video with spatio-temporal alignment fusion. ArXiv, abs/2401.01730, 2024.
- [7] WIECZOREK, M. A.; MESCHEDE, M. Shtools: Tools for working with spherical harmonics. Geochemistry, v. 19, p. 2574 – 2592, 2018.

Fake-DICOM: Uma Nova Estratégia para Prevenir e Detectar Intrusões em Imagens Médicas Baseada em Transformada de Fourier e Redes Neurais Profundas

Carlos Massato H. Chinen, Gabriel Nunes Missima, Vinicius Alves Pedro

Ciência da Computação – campus São Bernardo do Campo

massatohc@gmail.com, gnmmissima@gmail.com, valvespedro2003@gmail.com

Orientador: Paulo Sergio Rodrigues

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI

psergio@fei.edu.br

Resumo: Novas metodologias de prevenção a propagação de *ransomwares* e *malwares* é um dos maiores desafios para o armazenamento e compartilhamento de imagens no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Aplicação recentes de algoritmos de criptografia tem se mostrado insuficiente em detectar alterações maliciosas. O volume cada vez maior de informações sensíveis e estratégicas tem sido um dos maiores desafios da área. Portanto, neste trabalho é proposto o uso de redes neurais profundas combinadas a algoritmos de criptografia e transformadas de Fourier para reforçar a segurança de imagens DICOM. O uso da CNN aqui proposta é capaz de detectar a presença sensível, em torno de 1%, de dados maliciosos em imagens DICOM com 99% de precisão. Assim, a metodologia aqui proposta mostra um avanço considerável na área de segurança cibernética em imagens médicas, capaz de dificultar a introdução de conteúdo malicioso, mesmo em escala muito baixa, além de identificar imagens comprometidas em bases de dados específicas.

Palavras-chave: Imagens Médicas, Segurança Cibernética, Criptografia, Sistema de Detecção de Intrusão, Transformada de Fourier, Redes Neurais Convolucionais.

I. Introdução

Com o surgimento da Indústria 4.0, novas técnicas de intrusão vêm propagando malwares e outros ataques em diversos meios, exigindo metodologias preventivas para mitigar riscos e vulnerabilidades, especialmente em sistemas médicos que manipulam dados sensíveis [1, 2, 3]. Nesse contexto, [4] destaca ataques a imagens DICOM, como *ransomwares* que criptografam arquivos e malwares que exploram falhas em visualizadores, resultando em manipulação ou perda de informações críticas e comprometendo a qualidade do atendimento. Os trabalhos [5, 6, 7, 8] discutem que métodos convencionais de criptografia se mostram insuficientes para garantir integridade e autenticidade em bancos de dados complexos de imagens médicas, tornando necessária a adoção de estratégias que monitorem alterações nos arquivos, como as propostas em [9, 10, 11].

Para reforçar a segurança, propostas usando Transformada Discreta de Fourier (DFT) combinado com criptografia demonstraram alta resistência a ataques de força bruta, assegurando autenticidade e integridade sem comprometer a qualidade diagnóstica [12, 13, 14, 15]. Adicionalmente, abordagens de *Intrusion Detection System* (IDS) em imagens médicas têm se baseado em redes neurais profundas, explorando

CNNs para identificar imagens adulteradas ou injetadas com conteúdo malicioso [16, 17, 18].

Neste contexto, o presente trabalho propõe uma metodologia híbrida que separa espectros harmônicos de cada *slice* DICOM, criptografando seu domínio da frequência e, em seguida, emprega uma CNN como sistema de detecção de intrusões (IDS) para classificar o espectro resultante como DICOM íntegro ou “Fake-DICOM” (imagens com injeção de dados enganosos ou malwares), formando novas camadas de segurança que dificultam acessos não autorizados e a proliferação de conteúdo malicioso.

II. Metodologia

A fim de suprir as limitações das técnicas convencionais de criptografia em DICOM, este trabalho propõe uma nova metodologia composta por seis etapas, conforme ilustrado na Figura 1, são elas: (1) leitura e segmentação da imagem em *slices* DICOM; (2) conversão de cada *slice* ao domínio de frequência via FFT; (3) criptografia do espectro a ser enviado; (4) descriptografia do conteúdo recebido; (5) inspeção do espectro por uma CNN (*MobileNet*) atuando como IDS, a qual classifica-o como íntegro ou “Fake-DICOM”; e (6) retorno ao domínio espacial da imagem espectral por IFFT. Essa abordagem permite adicionar camadas de

segurança ao fragmentar e proteger seletivamente os harmônicos, ao mesmo tempo em que garante detecção automática de adulterações antes da restauração espacial completa.

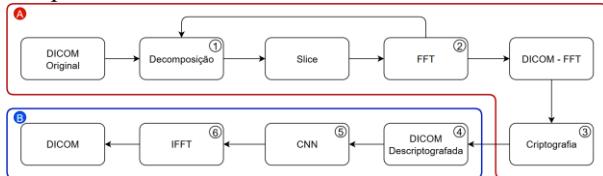


Figura 1. Fluxo metodológico proposto.

III. Resultados

A. Desempenho de Algoritmos de Criptografia

Para quantificar o desempenho da metodologia proposta, foram testados três algoritmos de criptografia no processo: AES, ECIES e RSA. A Tabela 1 mostra as médias, os desvios-padrão, e o tempo total de execução de cada algoritmo.

Tabela I. Comparação do tempo de criptografia.

Algoritmo	Média	Desvio Padrão	Total (s)
AES	0.025	0.003	44.670
ECIES	0.028	0.004	50.134
RSA	0.154	0.016	277.401

B. Detecção de Intrusões com CNN

Já a robustez do modelo de CNN foi avaliada mediante a injeção proposital de ruído de diferentes magnitudes (0.1% a 99% do tamanho do espectro). A correlação entre o tamanho do ruído e a acurácia do classificador está ilustrada graficamente na Figura 2.

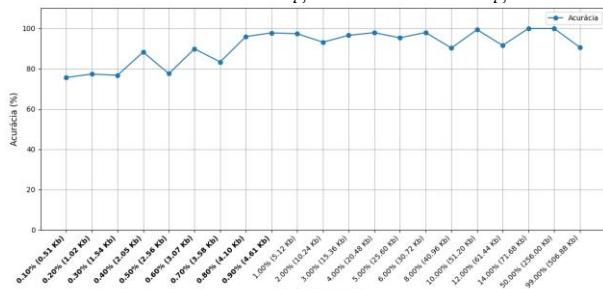


Figura 2. Porcentagem de acurácia da CNN.

Além disso, os mapas de ativação apresentados na Figura 3 confirmam visualmente que a CNN localiza corretamente as regiões contaminadas pelo ruído, reforçando a confiabilidade do método em condições adversas.

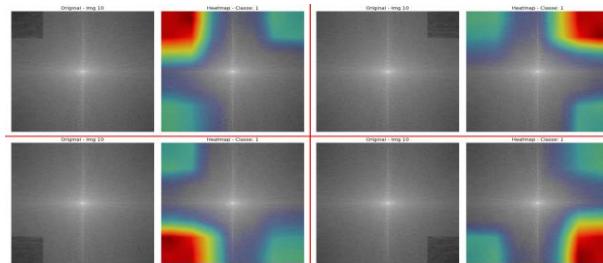


Figura 3. Mapas de ativação.

IV. Conclusões

Este trabalho propôs uma abordagem integrada para reforço da segurança de imagens DICOM, combinando Transformada de Fourier, criptografia, e detecção de intrusões por meio de uma rede neural convolucional. A metodologia demonstrou eficácia na preservação da integridade dos dados e na proteção contra reconstruções não autorizadas, com o algoritmo AES destacando-se pela baixa latência. A CNN alcançou até 99,9% de acurácia na detecção de ruídos maliciosos, mantendo robustez mesmo em níveis sutis de alteração, o que valida sua aplicação em tomografias. A integridade dos arquivos foi assegurada pela preservação dos códigos *hash* espectrais. Como perspectivas futuras, destaca-se a avaliação da técnica em outras modalidades de imagem, o uso de arquiteturas mais leves para ambientes de borda e a aplicação de testes estatísticos para validar a significância dos resultados obtidos.

V. Referências

- [1] R. Gangula et. al., *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 2023.
- [2] K. S. Wilson et. al., *Some fundamental cybersecurity concepts*, v. 2, p. 116–124, 2014.
- [3] X. Chen et. al., *International Journal of Education and Humanities*, 2023.
- [4] B. Desjardins et. al., *American journal of roentgenology*, p. 1–9, 2019.
- [5] M. F. Safitira et. al., *Sustainability*, 2023.
- [6] S. H. Kang et. al., *Cluster Computing*, v. 19, p. 305–311, 2020.
- [7] S. T. Ahmed et. al., *De Computis.*, v. 12, p. 160, 2023.
- [8] Priyanka et. al., *Evolutionary Intelligence*, v. 16, p. 801–818, 2022.
- [9] S. Inam et. al., *Egyptian Informatics Journal*, 2024.
- [10] A. J. Odeh et. al., *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2023.
- [11] C. B. Sahin et. al., *Neural Computing and Applications*, v. 33, p. 14049–14067, 2021.
- [12] K. Annadurai et. al., *International Journal of Imaging Systems and Technology*, v. 24, 2014.
- [13] M. Hernández et. al., *Signal, Image and Video Processing*, v. 9, p. 1163–1178, 2013.
- [14] F. H. Alqahtani et. al., *Computers, Materials & Continua*, 2022.
- [15] A. A. Abdul-Kareem et. al., *Journal of Cyber Security and Mobility*, v. 12, p. 435–464, 2023.
- [16] S. Duraibi et. al., *IEEE Access*, v. 12, p. 95047–95057, 2024.
- [17] D. Vasan et. al., *Computers & security*, v. 92, p. 101748, 2020.
- [18] J. D. L. C. Ntivuguruzwa et. al., *Cybersecurity*, v. 6, p. 1–16, 2023.

Modelagem Segura e Avaliação de Desempenho de Protocolos de Exclusão Mútua Escaláveis em Rust para Ambientes Concorrentes

Pedro de Matos Fedricci

Ciência da Computação – campus São Bernardo do Campo
pedromfedricci@gmail.com

Orientador: Calebe de Paula Bianchini

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI
calebe@fei.edu.br

Resumo: Protocolos de exclusão mútua escaláveis são mecanismos otimizados para gerenciar o acesso exclusivo e concorrente a recursos compartilhados em contexto de alta contenção, onde múltiplas *threads* competem intensamente pelo mesmo recurso simultaneamente. Este trabalho apresenta a implementação segura de alguns desses protocolos em Rust, modelados como bibliotecas com interfaces que asseguram segurança no acesso concorrente a memória. A análise de desempenho compara esses protocolos a alternativas não escaláveis sob políticas de espera ativa (sem intervenção do sistema operacional) e passiva (com suspensão voluntária das *threads*) por meio de *benchmarks* sintéticos. Os resultados experimentais demonstram que os protocolos escaláveis superam os não escaláveis em ambos os grupos, em contexto de alta contenção, com ganhos mais expressivos sob espera ativa, onde a concorrência de acesso é mais acentuada.

Palavras-chave: Exclusão Mútua, Escalabilidade, Sincronização, Concorrência, Coerência de Cache.

I. Introdução

A sincronização de acesso e modificação exclusiva é frequentemente implementada por *locks*, mecanismos que protegem as seções críticas por meio de protocolos diversos, com o propósito de linearizar as operações. O uso de algoritmos de exclusão mútua não otimizados para o hardware e carga de trabalho da aplicação pode aumentar desnecessariamente o tempo sequencial, reduzindo o desempenho [1]. Por conta disso, o estudo de protocolos de exclusão mútua é um fator importante para melhorar a escalabilidade de programas *multithread*.

Os protocolos de exclusão mútua escaláveis estudados¹: MCS [2], CLH [3] [4], Malthusian [5] e Hemlock [6], são fundamentalmente *locks* baseados em fila. A essência de sua escalabilidade reside em evitar a contenção excessiva em uma única variável global, comum em locks não escaláveis, fazendo com que as *threads* em espera girem (espera ativa) ou aguardem (espera passiva) a notificação de transferência do *lock* em endereços de memória distribuídos, associando cada *thread* interessada no acesso ao *lock* a sua posição na fila. Essa abordagem minimiza a necessidade de sincronizações custosas no acesso ao estado do *lock*, reduzindo a pressão sobre os protocolos de coerência de *cache*. Esses protocolos, implantados em nível de *hardware* por multiprocessadores, controlam os dados que serão imediatamente processados pelos núcleos.

Embora MCS e CLH sejam *locks* de fila FIFO (explícita e implícita, respectivamente), o Malthusian *lock* se diferencia por usar um mecanismo adaptativo para regular a entrada de *threads*, priorizando as mais recentes, e garante apenas justiça eventual, evitando a

inanição. O Hemlock, por sua vez, foca na compacidade e otimização do *spin* local, garante enfileiramento por FIFO, mas não suporta espera passiva.

O objetivo desse trabalho é analisar o desempenho de um grupo de protocolos, escaláveis e não escaláveis, implementados na linguagem de programação Rust, agrupados por políticas de espera ativa e passiva, e em contexto de alta contenção no acesso a recursos compartilhados. Os protocolos escaláveis estudados nesse trabalho foram implementados em Rust, alavancando as garantias de segurança no acesso a memória em tempo de compilação e seu sistema de tipagem expressivo. Os demais foram selecionados no ecossistema e biblioteca padrão dessa mesma linguagem.

II. Experimento

Para a realização dos experimentos, foi utilizado um sistema com o processador AMD Ryzen™ 3 7330U, com 4 núcleos e 8 *hyperthreads*, operando em uma frequência base de 2.3 GHz; com 16 GB de memória RAM DDR4 de 3200 MHz; e sistema operacional Linux, *kernel* na versão 6.13.7, com suporte a SMP e Preempção Dinâmica ativadas. A ferramenta de análise de desempenho utilizada no experimento foi o Criterion.rs, que executa os testes de forma iterativa, coletando múltiplas medições de tempo de execução para cada função avaliada, aplicando técnicas estatísticas para eliminar valores atípicos e calcular métricas relevantes, como a média, o desvio padrão e os intervalos de confiança.

Neste experimento, um *array* de 100 números de ponto flutuante de 64 bits é utilizado como dado

compartilhado, com *padding* de *cache* para evitar o *false sharing*. As *threads* são criadas sequencialmente em um laço, e cada *thread* inicializa suas variáveis locais necessárias para as operações aritméticas e de bloqueio (nós de filas reutilizáveis). Após essa fase de inicialização, todas as *threads* se sincronizam por meio de uma barreira para garantir que estejam prontas para a execução da seção crítica, que é medida com precisão por um cronômetro monotônico não decrescente de alta resolução. Cada *thread* executa a seção crítica uma única vez, sem operações intermediárias, na qual um laço de 10.000 iterações realiza multiplicações: cada elemento do array compartilhado é multiplicado por um valor de ponto flutuante que é incrementado localmente, simulando uma carga computacional intensa e aumentando a contenção do *lock*. Essa seção crítica apresenta, em média, uma duração de 1,4 milissegundos. Ao final, o tempo decorrido por cada *thread* é retornado e coletado para o cálculo da média dos tempos de execução.

Os resultados experimentais são apresentados em dois gráficos que agrupam os dados de desempenho conforme a política de espera utilizada, sendo uma para espera ativa e outra para espera passiva, conforme mostra a Figura 1. Em ambos, o eixo horizontal mostra o número de threads concorrentes, variando de 2 até 40 threads (5 vezes o número de CPUs lógicas), em incrementos de 2. O eixo vertical indica o tempo médio que cada protocolo leva para completar um número de seções críticas igual ao número de threads (valores menores representam melhor desempenho), onde cada *thread* executa uma única seção crítica.

O gráfico da Figura 1 ilustra a política de espera ativa, onde as *threads* executam um laço de *busy waiting* enquanto aguardam a liberação do *lock*, e nele são apresentados os protocolos não escaláveis do projeto spin-rs². O gráfico da Figura 2 exibe a política de espera passiva, na qual é empregada uma abordagem *spin-then-park* para a espera. Nesse gráfico, são mostrados os protocolos escaláveis (exceto o Hemlock) e, para comparação, também são incluídos o *mutex* da biblioteca padrão do Rust e os *mutexes* dos projetos parking_lot⁴ e usync⁵.

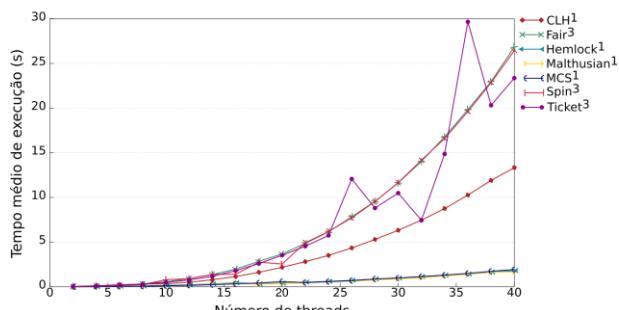


Figura 1. Locks aplicando políticas de espera ativas.

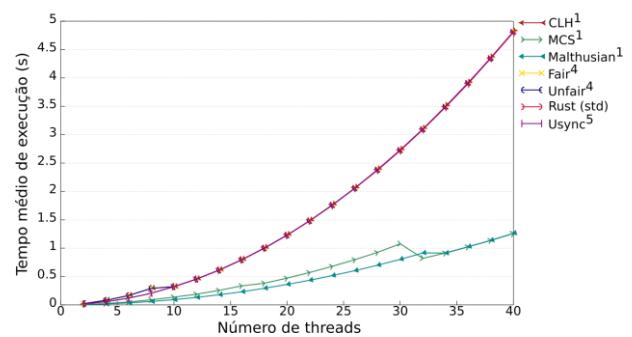


Figura 2. Locks aplicando políticas de espera passivas.

III. Conclusões

A principal contribuição deste trabalho reside na elucidação de que a superioridade de desempenho dos protocolos escaláveis, em contexto de alta contenção, particularmente na espera ativa, é atribuída à sua capacidade de reduzir a pressão sobre o protocolo de coerência de *cache* no acesso ao estado compartilhado do *lock*, por meio de validação empírica sob benchmarks sintáticos que exercem alta carga de acesso exclusivo e concorrente a um recurso compartilhado.

Demonstrou-se também a viabilidade da modelação de interfaces de bloqueio seguras para os protocolos apresentados de forma a garantir a segurança no acesso concorrente a memória.

IV. Referências

- [1] Guiroux, H. (2018). Understanding the performance of mutual exclusion algorithms on modern multicore machines. PhD thesis, Université Grenoble Alpes.
- [2] Mellor-Crummey, J. M. and Scott, M. L. (1991). Algorithms for scalable synchronization on shared-memory multiprocessors. ACM Trans. Comput. Syst., 9(1):21–65.
- [3] Craig, T. (1993). Building fifo and priority-queuing spin locks from atomic swap. Technical report, Technical Report TR 93-02-02, Department of Computer Science, University of Washington.
- [4] Magnusson, P. S., Landin, A., and Hagersten, E. (1994). Queue locks on cache coherent multiprocessors. In Proceedings of the 8th International Symposium on Parallel Processing, Cancún, Mexico, April 1994, pages 165–171.
- [5] Dice, D. (2017). Malthusian locks. In Alonso, G., Bianchini, R., and Vukolic, M., editors, Proceedings of the Twelfth European Conference on Computer Systems, EuroSys 2017, Belgrade, Serbia, April 23–26, 2017, pages 314–327. ACM.
- [6] Dice, D. and Kogan, A. (2021). Hemlock: Compact and scalable mutual exclusion. In Agrawal, K. and Azar, Y., editors, SPAA ’21: 33rd ACM Symposium on Parallelism in Algorithms and Architectures, Virtual Event, USA, 6–8 July, 2021, pages 173–183. ACM.

ScoutAI: Uma Plataforma de Análise Estatística no Futebol com Algoritmos Preditivos Baseados em Inteligência Artificial

Arnaldo Vieira Junior, Enzo de Almeida Sanchez, Lorena Cardoso Sanches, Vinicius de Goes Marchioni

Ciência da Computação

unifajunior@fei.edu.br, unifesanchez@fei.edu.br, uniflsanches@fei.edu.br, unifvmarchioni@fei.edu.br

Orientador: Danilo Hernani Perico

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI

dperico@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho apresenta o desenvolvimento da ScoutAI, uma plataforma digital voltada à análise estatística de jogadores e equipes de futebol profissional. A solução reúne banco de dados, interface web e algoritmos de aprendizado de máquina para gerar estatísticas, comparações e previsões de resultados. Com arquitetura responsiva e acesso via navegador, o sistema atende desde torcedores até analistas profissionais. Entre os principais resultados, destacam-se a integração de modelos como Random Forest com acurácia superior a 58% e a baixa latência da API (<500ms), demonstrando robustez técnica e aplicabilidade prática.

Palavras-chave: Futebol, Estatísticas, Plataforma Web, Aprendizado de Máquina, Análise de Desempenho, Previsão de Resultados.

I. Introdução

O futebol brasileiro, além de ser uma paixão nacional, tem despertado interesse crescente por análises mais técnicas e baseadas em dados. Contudo, muitas avaliações ainda se apoiam em percepções subjetivas. Nesse cenário, a ScoutAI surge como uma plataforma inovadora, que disponibiliza estatísticas detalhadas, modelos preditivos e recursos interativos voltados para torcedores, analistas e profissionais do esporte. Utilizando técnicas de aprendizado de máquina como Random Forest [1], SVM [2] e bibliotecas como scikit-learn [3], o sistema permite uma análise embasada e acessível do desempenho esportivo.

II. Objetivos

O objetivo deste artigo é apresentar os principais resultados obtidos com o desenvolvimento da plataforma ScoutAI, uma solução digital para análise estatística no futebol profissional. A proposta visa demonstrar como a integração entre banco de dados estruturado [9], interface responsiva baseada em princípios de UX/UI [5], e algoritmos de aprendizado de máquina [1][2][4] possibilita a geração de previsões de resultados, comparações de desempenho e análise técnica embasada em dados reais. O artigo também busca evidenciar a aplicabilidade da ferramenta junto a diferentes perfis de usuários, destacando seu desempenho computacional,

usabilidade e potencial como apoio à tomada de decisão esportiva.

III. Metodologia

A metodologia adotada abrangeu cinco frentes principais: (1) prototipação com validação de usabilidade baseada em UX Design [5]; (2) desenvolvimento da interface em Flutter; (3) backend com API REST construída em Flask, hospedada na AWS [7]; (4) coleta automatizada de dados via APIs e web scraping [8]; e (5) implementação e avaliação de algoritmos preditivos como Random Forest [1], XGBoost [4], SVM [2] e CNN. A modelagem relacional foi feita em MySQL [9], e a comunicação entre camadas foi protegida com proxy reverso e certificado SSL.

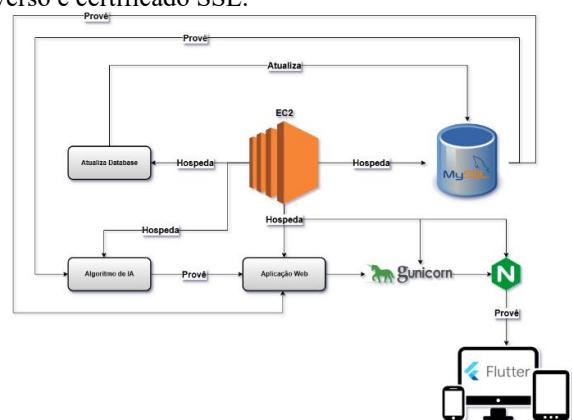


Figura 1. Arquitetura da Plataforma ScoutAI.

IV. Resultados

Para aprimorar o desempenho dos modelos preditivos utilizados na ScoutAI, foram aplicadas técnicas de otimização de hiperparâmetros por meio dos métodos GridSearchCV e RandomizedSearchCV, em conjunto com validação cruzada, utilizando a biblioteca scikit-learn [3]. Essa abordagem permitiu testar uma ampla variedade de combinações de parâmetros em algoritmos como Random Forest [1], XGBoost [4], SVM [2] e redes neurais convolucionais, com o objetivo de maximizar a acurácia e garantir a capacidade de generalização dos modelos.

Dentre os modelos testados, o Random Forest [1] obteve os melhores resultados, alcançando acurácia de 58,39%, superando os demais algoritmos avaliados. Esse desempenho confirma a eficácia do modelo na tarefa de prever resultados de partidas de futebol, considerando variáveis como formação tática, mando de campo e desempenho histórico das equipes.

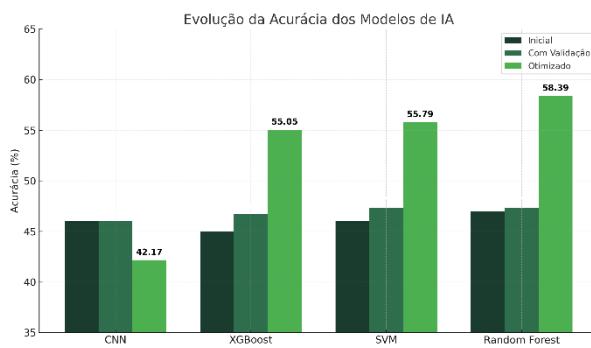


Figura 2. Comparativo de Acurácia dos Modelos Preditivos.

A API REST [8] apresentou desempenho consistente, com tempo de resposta inferior a 500ms em todos os endpoints testados, o que assegura robustez técnica e contribui para uma experiência de uso fluida.

Tabela I. Tempos de Resposta dos Endpoints da API ScoutAI.

Endpoint	Tempo Médio (ms)
/times/{id}	461
/jogadores/{id}	436
/pesquisa/{pesquisa}	248
/ia/	421
/jogos/ultimos	218
/jogos/proximos	210
/jogadores/media	305
/jogadores/{id}/{formação}	286
/times/{id}/{formação}	337
/jogadores/medias/{posição}	205

Testes com usuários demonstraram alta aceitação da interface, com pontuação SUS acima de 80. A interface se mostrou eficaz em diferentes dispositivos,

evidenciando a responsividade e clareza na organização das estatísticas [5].

V. Conclusões

A ScoutAI atinge o objetivo de democratizar a análise técnica no futebol, oferecendo uma plataforma acessível, eficiente e baseada em dados reais. Os resultados validam a escolha metodológica e a arquitetura implementada [6]. Como trabalhos futuros, propõe-se a ampliação do escopo para outras ligas e a adoção de redes neurais recorrentes (como LSTM) para refinar previsões em sequência temporal. A ScoutAI se consolida como uma ferramenta promissora para a análise esportiva inteligente.

VI. Referências

- [1] Breiman, L. Random Forests. Machine Learning, 2001.
- [2] Cortes, C.; Vapnik, V. Support-Vector Networks. Machine Learning, 1995.
- [3] Pedregosa, F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. JMLR, 2011.
- [4] Chen, T.; Guestrin, C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. ACM SIGKDD, 2016.
- [5] Garrett, J. J. The Elements of User Experience. New Riders, 2011.
- [6] Bass, L.; Clements, P.; Kazman, R. Software Architecture in Practice, Addison-Wesley, 2012.
- [7] Armbrust, M. et al. A View of Cloud Computing. Communications of the ACM, 2010.
- [8] Fielding, R.; Taylor, R. Architectural Styles and the Design of Network-Based Software Architectures, 2000.
- [9] Elmasri, R.; Navathe, S. Fundamentals of Database Systems, 7th Ed., Pearson, 2015.

Agradecimentos

Agradecemos, com carinho e gratidão, às nossas famílias, que estiveram ao nosso lado em todos os momentos desta caminhada acadêmica, oferecendo apoio, compreensão e incentivo incondicional. Sem o suporte emocional, a paciência e a força que recebemos de vocês, este trabalho não teria sido possível.

Também agradecemos aos amigos que compartilharam conosco os desafios e conquistas desta jornada, sempre motivando, ajudando e acreditando em nosso potencial. O companheirismo de vocês fez toda a diferença ao longo deste processo.

Engenharia Civil

Análise do Uso de Aditivos Superabsorventes na Reciclagem de Concretos Frescos

Giovanna Villela Diegues, Guilherme Hernandes, João Pedro Terassi.

Engenharia Civil

giovanna.villela@hotmail.com, hernandes_morais@hotmail.com, jpterassi123@gmail.com

Orientador: Felipe Cava

Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário FEI

Cava@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho avaliou a viabilidade técnica do uso de aditivos superabsorventes (SAPs) na reciclagem de concretos frescos, com o objetivo de transformar resíduos em agregados reutilizáveis. Foram realizados ensaios de caracterização física dos agregados reciclados — granulometria, massa específica e teor de material pulverulento — e testes de resistência à compressão em concretos com diferentes teores de substituição. Os resultados indicaram que os agregados reciclados apresentaram propriedades compatíveis com os naturais, e que a resistência mecânica dos concretos reciclados foi semelhante à do concreto convencional, mesmo com substituições de até 100%. A pesquisa demonstra o potencial do SAP como uma solução sustentável para o reaproveitamento de concretos frescos em usinas.

Palavras-chave: sustentabilidade, concreto reciclado, aditivo superabsorvente, resíduos da construção civil, reaproveitamento de materiais.

I. Introdução

O concreto é o segundo material mais consumido no mundo, ficando atrás apenas da água, com cerca de 30 bilhões de toneladas utilizadas anualmente [1]. Sua ampla utilização na construção civil se deve ao baixo custo, durabilidade, versatilidade e facilidade de produção. No entanto, esse alto consumo também está associado a impactos ambientais significativos, como a emissão de gases de efeito estufa e a geração de resíduos, especialmente o concreto fresco devolvido às usinas por excesso de produção, falhas logísticas ou rejeição em obra.

Estima-se que milhões de metros cúbicos de concreto sejam descartados anualmente, representando perdas econômicas e ambientais relevantes. Nesse cenário, o uso de aditivos superabsorventes (SAPs) surge como uma alternativa inovadora para a reciclagem de concretos ainda no estado fresco. Esses polímeros têm a capacidade de absorver grandes quantidades de água, promovendo a estabilização da mistura e permitindo sua posterior fragmentação e reaproveitamento como agregado reciclado.

Este trabalho investiga a viabilidade técnica dessa abordagem, por meio da caracterização dos agregados reciclados obtidos com o uso de SAPs e da análise do desempenho mecânico de concretos produzidos com diferentes teores de substituição desses materiais. A proposta visa contribuir para a redução de resíduos, o reaproveitamento de materiais e a promoção de práticas mais sustentáveis na construção civil.

II. Metodologia

Inicialmente, foi produzido um traço de concreto convencional, com fator água/cimento de 0,35, composto por cimento CP II-E, areia natural, pó de brita, brita 1, aditivo superplasticante e água. Após a moldagem dos corpos de prova, o concreto remanescente foi tratado com SAP na dosagem de 1 kg/m³, promovendo a estabilização da mistura por meio da absorção da água livre.

Após 72 horas, o material endurecido foi fragmentado e peneirado, separando-se os agregados reciclados em frações miúda e graúda. Esses materiais foram caracterizados por meio de ensaios de granulometria, massa específica e teor de material pulverulento, conforme normas da ABNT. A partir desses agregados, foram elaborados novos traços de concreto, com substituições parciais e totais dos agregados naturais (7,5%, 15%, 30% e 100%).

Os concretos produzidos foram avaliados quanto à resistência à compressão axial aos 7, 14 e 28 dias. A análise estatística dos resultados foi realizada por meio dos testes ANOVA e Tukey, adotando-se um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), com o objetivo de verificar a influência da substituição dos agregados reciclados no desempenho mecânico do concreto com nível de significância de 5%.

III. Resultados

A caracterização dos agregados reciclados mostrou que a fração graúda apresentou uma distribuição granulométrica semelhante à brita natural, ficando dentro dos limites normativos. Já a fração miúda apresentou uma distribuição descontínua, o que prejudicou a trabalhabilidade das misturas, resultando em abatimentos praticamente nulos.

Foram elaborados traços de concreto com diferentes proporções de substituição por agregados reciclados (Tabela 1). Após a moldagem e cura, os corpos de prova foram ensaiados à compressão aos 28 dias. A Figura 1 apresenta a comparação entre as resistências médias dos traços reciclados e do traço de referência. Mesmo com altos níveis de substituição, os valores permaneceram próximos à referência, indicando a viabilidade do reaproveitamento.

A análise estatística pelo teste ANOVA indicou diferença significativa entre as médias dos grupos. Entretanto, o Teste de Tukey (Figura 2) demonstrou que não houve diferenças significativas entre os pares de traços, pois todos os valores de Q foram inferiores ao valor de Q crítico de 5,39, para um nível de significância de 5%.

Tabela 1. Proporção de miúdos e graúdos reciclados

Traço	% de miúdos reciclados	% de graúdos reciclados
Referência	0%	0%
1	100%	100%
2	30%	30%
3	15%	15%
4	7,5%	7,5%
5	100%	0%
6	0%	100%
7	30%	0%
8	0%	30%
9	7,5%	0%
10	0%	7,5%

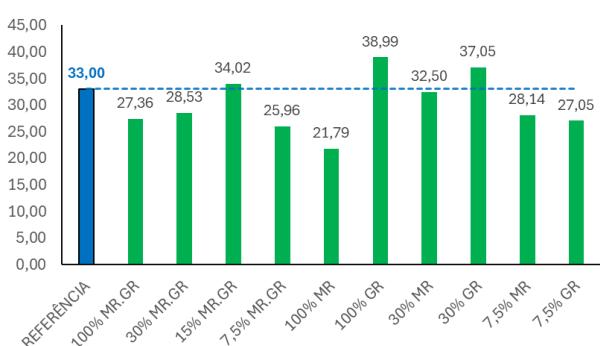


Figura 1. Comparação das resistências à compressão aos 28 dias entre os traços reciclados e o traço de referência

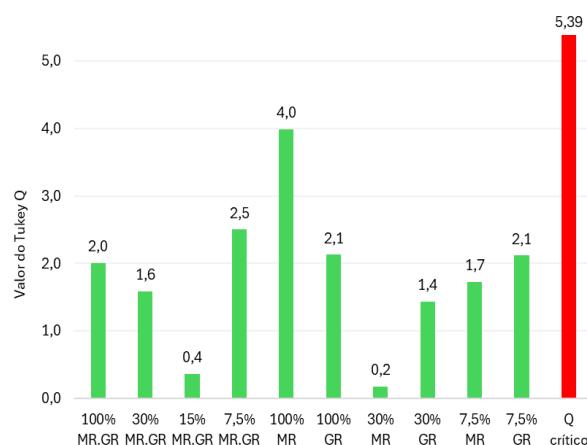


Figura 2. Resultados do Teste de Tukey para os diferentes traços de concreto reciclado, com comparação ao Q crítico

IV. Conclusão

Este estudo demonstrou que o uso de SAPs é uma alternativa promissora para reciclagem de concreto fresco, com potencial de aplicação prática para reduzir perdas nas concreteiras. Contudo, são necessárias pesquisas adicionais, especialmente sobre durabilidade, módulo de elasticidade e soluções para melhorar a trabalhabilidade.

Este trabalho analisou o uso de aditivos superabsorventes (SAPs) para reciclar concretos frescos, transformando-os em agregados reciclados. Os SAPs foram eficientes na estabilização, permitindo a reutilização dos materiais.

Os concretos com agregados reciclados, mesmo com até 100% de substituição, apresentaram resistência à compressão semelhante ao concreto convencional. No entanto, a trabalhabilidade foi prejudicada, especialmente com altos teores de substituição, devido à maior porosidade e descontinuidade granulométrica.

Conclui-se que a técnica é promissora para reduzir perdas de concreto. Isso sugere um potencial de aplicação prática em concreteiras para o gerenciamento do concreto remanescente, cujas perdas em obras podem chegar a 10% [2].

Em especial, recomenda-se investigar a durabilidade a longo prazo e técnicas para melhorar a trabalhabilidade.

V. Referências

- [1] G. Habert et. al., Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries, *Nature Reviews Earth & Environment*, 1 (2020) 559–573
- [2] CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. Manual Básico de Indicadores de Produtividade na Construção Civil. Brasília, DF: CBIC, 2017.

Análise de Atrito em Pistas de Pouso e Decolagem Antes e Após a Remoção de Borracha

Erick Molina

Engenharia Civil

erickmolina10@hotmail.com

Orientador: Felipe Hernandes Cava

Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário FEI

cava@fei.edu.br

Resumo: Os pavimentos constituem uma das mais importantes infraestruturas de um complexo aeroportuário. Quando se trata especificamente das pistas de poucos e decolagens, é necessário atentar para um problema comum nesses tipos de pavimentos: a borracha acumulada no seu revestimento. Tal material é proveniente dos pneus das aeronaves quando de suas movimentações por essas pistas, principalmente durante as operações de poucos. O acúmulo dessa borracha pode provocar incidentes e/ou graves acidentes envolvendo aeronaves, sobretudo na presença de água. Este trabalho de conclusão de curso objetiva apresentar algumas considerações sobre a prática de hidrojateamento na remoção de borracha acumulada para a manutenção da segurança operacional dos pavimentos aeroportuários e a sua importância para elevação dos parâmetros de aderência. Além disso, procura-se justificar que, ao longo dos anos, essa importante rotina de conservação adotou práticas sustentáveis, sobretudo pela economia de água, a não utilização de produtos químicos e o descarte dos resíduos. Análise geoestatística nesse cenário será ferramenta fundamental para análise antes e depois da remoção de borracha nas pistas aeroportuárias.

Palavras-chave: Remoção, borracha, aeroportos, aderência.

I. Introdução

No que diz respeito a pista de pouso e de decolagem nos aeroportos, é preciso ter atenção a um problema que afeta todas as pistas: borracha acumulada na pista. Esse acúmulo de material é considerado pela Organização da Aviação Civil Internacional – ICAO [1] um contaminante e pode causar inúmeros danos e problemas às aeronaves. A borracha acumulada nas pistas vem dos pneus das aeronaves quando dos procedimentos de poucos (atraito) haja vista o intenso contato pneu-pavimento que se faz presente nas inúmeras vezes que há o procedimento de pouso e decolagem.

Segundo a base de dados da Aviation Safety Network [2] cerca de 52% estão relacionados aos momentos de aproximação final e pouso das aeronaves. Em muitos casos a causa principal, ou pelo menos um fator contribuinte se deve às características da infraestrutura da pista no que se refere às condições de atrito e eficácia de frenagem da aeronave.

Dante deste cenário, as atividades de conservação e manutenção dos pavimentos aeroportuários devem ser realizadas de maneira que as características de macrotextura e de coeficiente de atrito atendam às exigências legais necessárias para a segurança das operações de pouso e decolagem das aeronaves.

II. Objetivo

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise do atrito de pistas de pouso e decolagem, antes e após o uso de técnicas de hidrojateamento, usando geoestatística.

III. Método

Para a execução desta pesquisa, foram coletados dados de coeficientes de atrito de uma pista de pouso e decolagem no Aeroporto Internacional de Belém (PA). As coordenadas geográficas dos pontos de medição foram extraídas manualmente através do Google Earth, baseando-se no traçado da pista principal. Em cada ponto foram registrados os valores de atrito antes e depois da remoção da camada de borracha acumulada pela frenagem de aeronaves.

Esses dados foram organizados em uma planilha no Microsoft Excel, contendo as colunas de latitude, longitude, e os valores de atrito para as duas condições da pista. Posteriormente, o arquivo foi importado para o QGIS, onde as coordenadas foram convertidas em pontos georreferenciados em um sistema de referência adequado. Cada ponto foi vinculado ao respectivo valor de atrito.

Para a realização da análise geoestatística, os dados espaciais foram exportados para o SAGA GIS, onde foi aplicada a técnica de interpolação espacial por Krigagem Ordinária, gerando superfícies contínuas que representam a distribuição do atrito na área da pista. Como resultado, foram produzidas curvas de isolinhas (contour lines) sobrepostas ao mapa de fundo da região, ilustrando os gradientes de atrito em diferentes pontos da pista.

IV. Análise Geoestatística

A partir da interpolação geoestatística, foi possível identificar com clareza as zonas críticas de menor atrito antes da intervenção, situadas principalmente na região central da pista. Como pode ser observado no primeiro mapa, os valores mínimos estão concentrados entre 0,54 e 0,56, formando uma mancha central escura, indicativa de acúmulo significativo de borracha em áreas de toque frequente de aeronaves.

Após a remoção, como mostrado no segundo mapa, houve uma redistribuição dos coeficientes, com a formação de áreas maiores com valores entre 0,62 e 0,66, além de núcleos com valores ainda mais altos, atingindo 0,70 e até 0,72, especialmente nas extremidades da pista, regiões que historicamente apresentam menor desgaste por frenagem. A Figura 1 e 2 ilustram o variograma experimental dos dados de atrito antes e após a remoção da borracha, respectivamente.

As curvas de nível (isolinhas) foram fundamentais para identificar o comportamento espacial do atrito ao longo da pista. Elas mostram não apenas a melhoria generalizada, mas também a uniformização dos coeficientes em relação à condição anterior, o que aponta para uma pista mais segura e previsível do ponto de vista operacional, conforme figuras 3 e 4.

Além disso, os mapas confirmam a importância de uma manutenção periódica da pista, já que os pontos de maior degradação são coincidentes com áreas de uso intenso, algo previsível, mas que precisa ser monitorado regularmente por métodos como este.

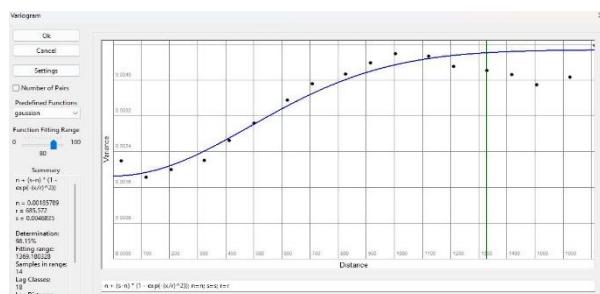


Figura 1. Variograma antes da Remoção de Borracha

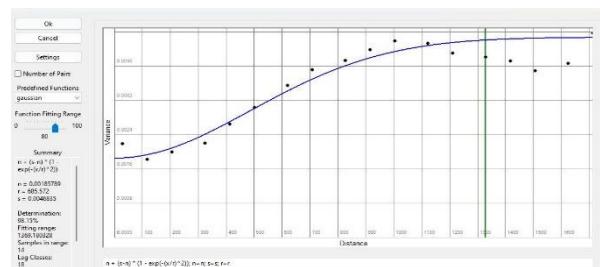


Figura 2. Variograma depois da Remoção de Borracha

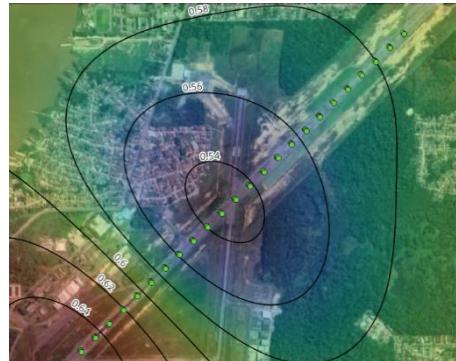


Figura 3. Análise Geoestatística antes da remoção

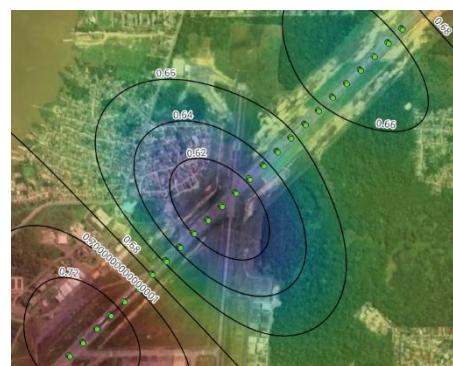


Figura 4. Análise Geoestatística depois da remoção

V. Conclusões

As pistas aeroportuárias acabam acumulando borrachas oriundas dos poucos e decolagens dos pneus das aeronaves. Esse acúmulo irá proporcionar a perda do atrito entre pneu e pavimento e consequentemente poderá causar acidentes.

Um processo eficiente para a remoção da borracha na pista é um processo de ultrahidrojateamento. Para comprovar e explicar essa técnica e a medição de atrito nas pistas aeroportuárias.

Neste contexto ao longo desse trabalho podemos analisar os benefícios da remoção de borracha bem como a utilização da geoestatística para realizar esse processo de remoção.

VI. Referências

- [1] ICAO (2023) Manual de servicios de aeropuertos. Parte 2. Estado de los pavimentos. Cuarta edición. Organización de Aviación Civil Internacional. Lima Peru.
- [2] ASTM (2006) ASTM E965-96: Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotecture Depth Using a Volumetric Technique. American Society for

Análise Comparativa dos Sistemas Estruturais de Lajes Maciças e Lajes Nervuradas

Arthur Guarinão Ramos, Bárbara Ribeiro Pais, Isabela Casalatina Ramos, João Pedro de Lucena, Vinícius Longo Fioretto

Engenharia Civil

arthurguarinao@gmail.com; babi.pais@hotmail.com; isabelac.r@hotmail.com;
jp.delucena@gmail.com; viniciusfioretto@gmail.com

Orientador: Marcello Cherem

Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário FEI

mcherem@fei.edu.br

Resumo: O trabalho realiza uma análise comparativa entre lajes maciças e lajes nervuradas em um projeto real, utilizando cálculos manuais, o software TQS e o SAP2000 (baseado no método dos elementos finitos). O objetivo foi avaliar o desempenho estrutural e o consumo de materiais de cada sistema. A modelagem computacional demonstrou resultados semelhantes entre os métodos, confirmando a confiabilidade das abordagens. Contudo, a análise econômica mostrou que a laje nervurada é ligeiramente mais cara que a convencional, tornando-se inviável financeiramente para o pavimento estudado.

Palavras-chave: Laje, maciça, nervurada, comparativa, métodos.

I. Introdução

Este trabalho teve como foco a análise comparativa entre os sistemas estruturais de lajes maciças e lajes nervuradas, aplicados a um projeto arquitetônico previamente existente. Para isso, foram empregados três métodos distintos: cálculos manuais, o software TQS e um modelo computacional, este último baseado no método dos elementos finitos. O principal objetivo foi avaliar o desempenho estrutural de cada tipo de laje, bem como realizar uma estimativa do consumo de materiais e dos custos envolvidos.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, os cálculos manuais forneceram uma base inicial de entendimento do comportamento estrutural das lajes, utilizando-se das tabelas de Czerny e das tabelas dos parâmetros k3 e k6, enquanto os softwares utilizados permitiram análises mais detalhadas, considerando os vínculos e carregamentos reais do pavimento em estudo. O uso do modelo computacional possibilitou a modelagem da estrutura em elementos (barras) interligados por nós, formando o sistema de grelhas, simulando com maior precisão os esforços, deformações e deslocamentos. O TQS, por sua vez, contribuiu com dados confiáveis sobre o dimensionamento e o comportamento das lajes em situações práticas de projeto, utilizando-se do sistema de placas.

Os resultados obtidos indicaram uma forte correlação entre os métodos utilizados, o que evidencia a consistência das abordagens adotadas. No entanto, ao considerar a viabilidade econômica, verificou-se que a laje nervurada, apesar de seu bom desempenho estrutural, apresentou um custo aproximadamente 27% superior ao da laje maciça. Essa diferença significativa compromete sua aplicação no contexto analisado, tornando o sistema convencional mais vantajoso sob o ponto de vista financeiro.

Por mais que, inicialmente, a ideia era de que a laje nervurada gera uma economia de materiais, observa-se que, no final da análise, por se tratar de uma laje tipo de um edifício residencial, a laje maciça passou se tornar a mais viável, tendo em vista que os vãos eram pequenos, de aproximadamente 5m, inviabilizando economicamente a laje nervurada.

II. Comparaçāo orçamentária

Tabela I. Comparaçāo orçamentária.

Material	Laje Maciça	Laje Nervurada
Concreto (m ³)	40,63	74,31
Aço CA-50 (Kgf)	3201	2431
Aço CA-60 (Kgf)	267	304
Valor Total	R\$ 48.656,21	R\$ 61.698,33

Os valores utilizados para realização dos cálculos dos custos foram retirados do SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SP – 2025. Sendo o valor unitário do concreto de R\$ 521,12, do aço CA-50 R\$8,50 e do aço CA-60 R\$ 7,60.

III. Resultado comparativo em gráficos

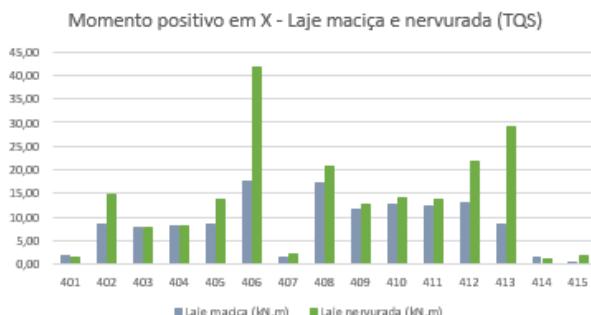


Figura 1. Momento positivo em X.

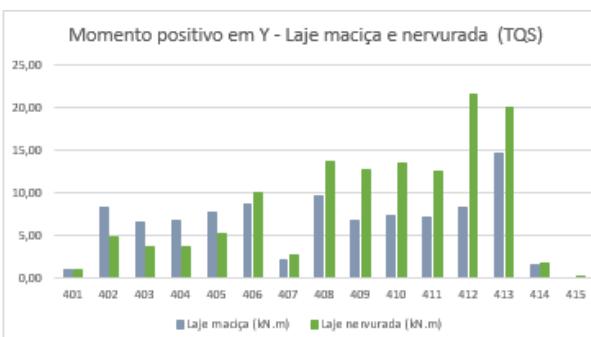


Figura 2. Comparação do momento positivo em Y.

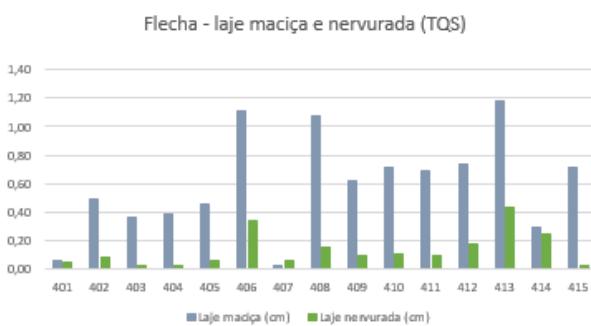


Figura 3. Comparação de flecha.

IV. Análise dos resultados

No estudo comparativo entre laje maciça e nervurada, observou-se que os momentos fletores positivos foram maiores nas lajes nervuradas, especialmente devido à menor rigidez na zona tracionada, consequência da presença de vazios entre as nervuras. Em contraste, a laje maciça apresentou uma distribuição mais uniforme da rigidez, resultando em momentos positivos mais baixos e melhor redistribuição dos esforços.

Quanto às flechas (deslocamentos verticais), os resultados mostraram que a laje nervurada apresentou valores menores, apesar do superdimensionamento decorrente dos vãos curtos (cerca de 5 metros). Esse excesso de concreto (83% a mais em volume em relação à laje maciça) conferiu maior rigidez à laje nervurada, reduzindo as deformações.

Por outro lado, a laje maciça, mesmo com menor consumo de concreto, apresentou maiores flechas, o que indica um desempenho estrutural menos eficiente nesse aspecto. Assim, a análise reforça que, em vãos pequenos, a laje nervurada pode apresentar melhores resultados estruturais — embora a um custo mais elevado e com perda da economia de materiais usualmente esperada.

V. Conclusões

A comparação entre os sistemas de lajes maciças e nervuradas, conduzida por meio de diferentes métodos analíticos e computacionais, revelou aspectos relevantes tanto do ponto de vista estrutural quanto econômico. Os cálculos manuais forneceram uma compreensão inicial satisfatória, enquanto os modelos computacionais (incluindo o TQS e o método dos elementos finitos) ampliaram a precisão e confiabilidade das análises, considerando o comportamento real da estrutura em condições de projeto.

Os resultados demonstraram que, embora ambos os sistemas atendam satisfatoriamente aos requisitos estruturais do projeto, a laje nervurada apresentou um custo global significativamente superior (cerca de 27%) em relação à laje maciça. Essa diferença se deve, principalmente, ao maior volume de concreto necessário e à complexidade construtiva, que acaba por anular a economia esperada no consumo de aço.

Diante do fato de que o projeto analisado corresponde a um edifício residencial com vãos relativamente curtos (em torno de 5 metros) observa-se que a adoção da laje maciça apresenta-se como a solução mais adequada. Essa escolha se justifica por combinar um desempenho estrutural satisfatório com maior simplicidade executiva e menor custo, aspectos especialmente relevantes em empreendimentos de menor porte. Nesse contexto, a laje maciça se consolida como uma opção tecnicamente segura e economicamente viável, reafirmando sua eficiência prática frente às demandas específicas do projeto estudado.

VI. Referências

- CHUST, R.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: EDUFSCAR, 2014.

Engenharia Elétrica

Aplicação de Inteligência Artificial para Manutenção Preventiva: Análise de Risco

**Caio Matheus Campos dos Santos, Cesar Henrique Mataran Matias, Kaiq Messias da Silva,
Thiago Alinovi Machado**

Engenharia Elétrica

caiocamplos@hotmail.com, cesarhmmatias@gmail.com, kaiqmessiasdasilva@gmail.com,
thiagoalinovi@gmail.com

Orientador: Cleiton Fidelix Pereira

Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

cleitonfidelix@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho, uma parceria com a Alstom, focou em aprimorar a manutenção das *PowerBoxes* do sistema APS (Alimentação Pelo Solo) do VLT (Veículo Leve Sobre Trilhos) do Rio de Janeiro. O objetivo foi aplicar técnicas de inteligência artificial (IA) para manutenção preventiva e preditiva. Durante o projeto, foram utilizadas abordagens estatísticas e de aprendizado de máquina, como o estimador de *Kaplan-Meier* e o algoritmo *Random Forest*, para avaliar a viabilidade de um sistema preditivo. Um dos resultados mais importantes foi a organização e estruturação de um conjunto de dados. Antes, essas informações estavam dispersas em relatórios técnicos e não eram acessíveis ou padronizadas para a equipe de manutenção. Através da extração, tratamento e análise desses relatórios, as informações foram transformadas em um banco de dados estruturado. Esse banco de dados permite que a equipe técnica identifique falhas, estime a durabilidade dos componentes e planeje intervenções com base em evidências históricas, aumentando a confiabilidade do sistema.

Palavras-chave: *PowerBox*, APS, VLT, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Alstom.

I. Introdução

Este trabalho em parceria com a Alstom visa desenvolver um sistema de manutenção preditiva e preventiva para as *PowerBoxes* do VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) do Rio de Janeiro. A iniciativa surgiu da dificuldade de adaptar esses equipamentos, fabricados na França, às condições climáticas e operacionais do Rio de Janeiro. Atualmente, a equipe de manutenção da Alstom enfrenta desafios e muitas intervenções são corretivas, o que gera problemas no tempo de troca de componentes. Para mudar esse cenário, o projeto utiliza *machine learning* para analisar variáveis e dados das *PowerBoxes*, fornecidos pela Alstom por meio de relatórios. O objetivo é prever falhas e possibilitar manutenções antecipadas e mais assertivas. A abordagem de manutenção preventiva também se baseia nesses dados, mas com foco na análise da vida útil dos componentes. Isso permite um planejamento mais eficiente e a redução de interrupções no serviço do VLT.

II. Metodologia

De forma iterativa, o projeto atua analisando dados e selecionando modelos de aprendizado de máquina com base nas informações fornecidas pela Alstom. O processo começou com a avaliação das etapas de manutenção existentes na empresa, que incluíam a verificação manual

e reparo de componentes, seguida pela validação automatizada por gigas de teste e dados em PDF. Depois de uma reorientação estratégica para justificar os métodos, o projeto se concentrou no processamento e extração de dados dos relatórios da segunda etapa. Isso envolveu a criação de uma arquitetura de *pipeline* para processamento de PDFs, a conversão dos documentos para imagens otimizadas e a extração de conteúdo estruturado utilizando o modelo OpenAI GPT-4o-mini. Em seguida, foram feitos o pós-processamento, tratamento de erros e estruturação dos dados, que depois foram agregados, armazenados e organizados. As etapas finais do trabalho incluíram a preparação e pré-processamento dos dados da primeira fase para a modelagem, a aplicação do estimador de *Kaplan-Meier* para análise de sobrevivência e o uso do algoritmo *Random Forest* para análise de risco.

III. Análise dos Resultados

A Tabela I, apresentada a seguir, detalha o desempenho do modelo de *machine learning* na classificação de diferentes tipos de falhas nas *PowerBoxes*.

Tabela I. Desempenho Detalhado por Grupo de Problemas e Especificidades Associadas.

Grupo de Problema	Casos com Problema	Acurácia	Precisão	Recall	F1-score
Problema_de_contadora_de_potencia	743	655	714	99	174
Problema_de_contadora_de_comando	813	663	586	228	329
Main_board	532	723	273	28	50
Fora_de_range	250	881	0	0	0
Falha_mecanica_ou_ms	602	864	878	637	738
Others	514	765	0	0	0

Cada linha da tabela corresponde a uma categoria específica de falha, enquanto as colunas são métricas de avaliação que medem a performance do modelo:

1. Grupo de Problema: Identifica a categoria da falha que o modelo está tentando prever.
2. Casos com Problema: Mostra o número total de ocorrências para cada grupo de problema específico no conjunto de dados analisado.
3. Acurácia: Indica a proporção de previsões corretas (tanto falhas quanto não falhas) em relação ao total de previsões.
4. Precisão: Mede a exatidão das previsões positivas. Ela responde à pergunta: "De todas as vezes que o modelo previu uma falha, quantas vezes ele estava correto?".
5. Recall (Sensibilidade): Mede a capacidade do modelo de encontrar todas as falhas reais. Responde à pergunta: "De todas as falhas que realmente ocorreram, quantas o modelo conseguiu identificar?".
6. F1-score: É a média harmônica entre a Precisão e o Recall. Essa métrica é útil para criar um equilíbrio entre as duas, sendo especialmente relevante em cenários com dados desbalanceados. Um F1-score mais próximo de 1 indica um modelo com bom desempenho.

O melhor desempenho está atrelado ao grupo “FALHA_MECANICA_OU_MS”, que representa cerca de 28% de todas as falhas da *PowerBox*. Este grupo possui um F1-score de 0.738, uma acurácia de 0.864, precisão de 0.878 e recall de 0.637. Este resultado sugere que, para esta categoria específica de falha, o modelo possui capacidade preditiva consideravelmente boa, conseguindo identificar mais da metade das falhas reais e com alta precisão nas previsões positivas.

Os grupos “FORA_DE_RANGE” e “OTHERS” apresentaram resultados não satisfatórios, com F1-score de 0.000. Apesar das acuráncias de 0.881 e 0.765, a precisão e o recall nulo demonstram que o modelo não conseguiu identificar nenhuma instância de falha real nestas categorias no conjunto de teste.

Isto geralmente ocorre em cenários de grande desbalanceamento de classes, onde o modelo tende a prever sempre a classe majoritária (ausência de falha), resultando em alta acurácia, mas performance ruim no quesito detecção da classe minoritária (falha).

IV. Conclusões

O modelo de *machine learning* para manutenção preditiva requer grande número de relatórios para testes e previsões, e sensores embarcados, para análise temporal precisa. Para que se analise no quesito da manutenção preventiva, este modelo está capacitado a analisar, modelar e elaborar relatórios baseado nos dados extraídos pelo relatório de falhas. Assim, enquanto a manutenção preditiva é uma promessa para o futuro, especialmente com o avanço da digitalização, a manutenção preventiva se mostrou a abordagem mais adequada e aplicável para este projeto. A estrutura de dados desenvolvida e as ferramentas analíticas aplicadas representam um avanço significativo para a gestão de manutenção da Alstom, com potencial para impactar diretamente a eficiência operacional e a confiabilidade do sistema VLT.

V. Referências

- [1] BISHOP, Christopher. Pattern Recognition and Machine Learning. Microsoft, 2006. Disponível em: https://www.microsoft.com/en_us/research/uploads/prod/2006/01/Bishop-Pattern-Recognition-and-Machine-Learning-2006.pdf. Acesso em: 07/06/2025.
- [2] IBM. O que é random forest? [S.l.]: IBM, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/random-forest>. Acesso em: 07/06/2025.
- [3] MACHADO, L. F. M. O estimador de Kaplan-Meier: Novos desenvolvimentos e aplicações no contexto da análise de sobrevivência multiestado. Boletim SPE, Outono 2011, p. 56-62. Disponível em: <https://www.spesstatistica.pt/storage/app/uploads/public/5e3/dae/54d/5e3dae54d75f0592411815.pdf>. Acesso em: 07/06/2025.

Avaliação e Benchmark do LiDAR em Relação ao UWB Aplicado na Localização de trens CBTC

João Victor de Velasco Alencastro

Engenharia Elétrica

uniejalencastro@fei.edu.br

Orientador: Dr. Marco Antônio Assis de Melo

Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

mant@fei.edu.br

Resumo: O sistema CBTC (*Communication-Based Train Control*) depende de balizas fixas e tacômetros para localização, gerando custos elevados de manutenção e impactando prazos de implementação. Este trabalho avalia o sensor LiDAR (*Light Detection and Ranging*) como substituto, comparando-o à tecnologia UWB. Testes estáticos (temperatura, umidade, luminosidade, poeira e neblina) e dinâmicos (movimento controlado em ambientes indoor e outdoor) foram realizados. Os resultados indicam que o LiDAR (modelo STL-19P) mantém precisão ($< \pm 5$ cm) em condições ópticas ideais, mas é vulnerável a obstruções como neblina e poeira. O UWB apresenta instabilidade em ambientes fechados devido a efeitos de *multipath*. Conclui-se que o modelo testado não é adequado para CBTC devido ao seu design para robótica de pequeno porte, recomendando-se sensores *solid-state*, fusão de dados com UWB/IMU (*Inertial Measurement Unit*) e algoritmos como SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) para aplicações metroviárias.

Palavras-chave: LiDAR, CBTC, UWB, Localização de trens, Fusão de sensores.

I. Introdução

O transporte metroviário é crucial para mitigar congestionamentos e reduzir emissões em grandes cidades. O Metrô de São Paulo, operando com padrão CBTC há 15 anos, enfrenta desafios na instalação e manutenção de balizas fixas e tacômetros, que exigem acesso aos trilhos e interrompem operações. Tecnologias alternativas, como LiDAR e UWB, emergem como soluções para reduzir custos e aumentar a precisão. Este trabalho, fruto de parceria entre a FEI e o Metrô de São Paulo, avalia o LiDAR como substituto, comparando-o ao UWB em precisão, robustez ambiental e integração ao CBTC. A hipótese central é que o LiDAR, consolidado em veículos autônomos, pode eliminar balizas fixas e otimizar a infraestrutura.

II. Materiais e Métodos

A. Tecnologias Avaliadas

LiDAR (STL-19P): Opera com princípio ToF (*Time of Flight*), emitindo pulsos laser (905 nm) para medição de distância. Testado sob variáveis ambientais (temperatura, umidade, luminosidade, poeira e neblina).

UWB (DW1000): Utiliza pulsos de rádio (3,5–6,5 GHz) e técnica TWR (*Two-Way Ranging*) para trilateração. Avaliado em cenários dinâmicos.

Sensores Auxiliares: MCP9808 (temperatura), BH1750 (luminosidade), AHT10 (umidade), GP2Y10 (poeira) e MPU-6050 (IMU).

B. Estrutura dos testes

Os testes estáticos foram realizados em uma bancada equipada com LiDAR e sensores ambientais acoplados a um Raspberry Pi, submetendo o sistema a perturbações controladas que incluíram variação de temperatura (até 45°C), umidade (via borrifador), luminosidade (com lanterna) e introdução de poeira/neblina através de geração artificial, com coleta de dados temporizados efetuada por software customizado em Python. Quanto aos testes dinâmicos, utilizou-se um protótipo motorizado ('carrinho') dotado de LiDAR, UWB, IMU e controlado por ESP32, percorrendo trajetórias retílineas de 5 a 6 metros em ambientes indoor (com presença de *multipath*) e outdoor, visando a validação metrológica cruzada entre os sistemas LiDAR e UWB.

III. Resultados dos testes

Os testes estáticos avaliaram a influência de fatores ambientais na precisão do LiDAR. A temperatura (até 45°C) não apresentou impacto significativo. A luminosidade também teve efeito desprezível, exceto sob luz direta com comprimento de onda similar ao laser. A umidade exerceu influência mínima, porém neblina causou bloqueio total dos pulsos laser. Poeira ou fumaça em alta concentração causa bloqueio dos feixes.

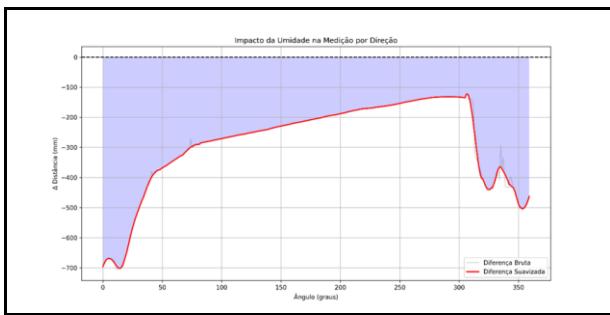


Figura 1. Gráfico de diferença de distância pelo ângulo entre estado normal e perturbado por neblina

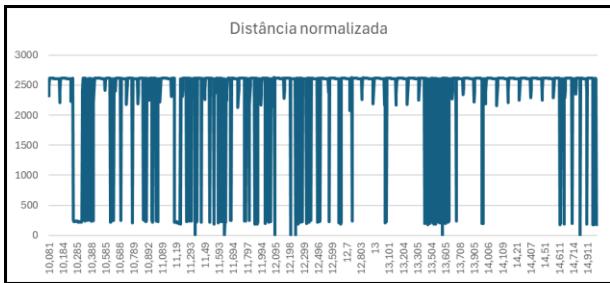


Figura 2. Distâncias normalizadas com perturbação de poeira

Já os testes dinâmicos analisaram o desempenho de sensores em movimento. O LiDAR manteve precisão estável tanto em ambientes *indoor* quanto *outdoor*. O sistema UWB teve desempenho satisfatório, mas apresentou instabilidade *indoor* devido a efeitos de *multipath*. O IMU demonstrou eficácia na correção de trajetória através de controle PID, assegurando movimento retilíneo.

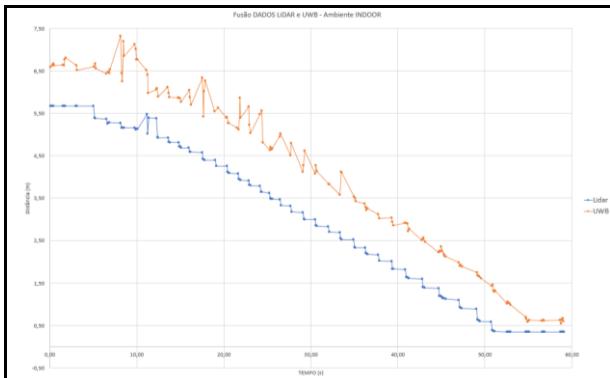


Figura 3. Medidas de distância pelos dispositivos LiDAR e UWB no ambiente indoor

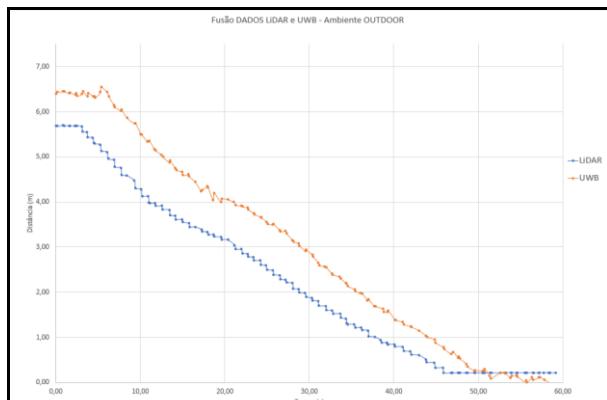


Figura 4. Medidas de distância pelos dispositivos LiDAR e UWB no ambiente *outdoor*

IV. Conclusões

O LiDAR STL-19P demonstra alta precisão ($< \pm 5$ cm) em condições ideais, contudo sua vulnerabilidade a obstruções ópticas (como neblina e poeira) e sua vida útil limitada (10.000 horas) o tornam inadequado para aplicações CBTC. O UWB apresenta viabilidade em ambientes abertos, mas requer múltiplas âncoras para mitigar o efeito de *multipath* em túneis. Recomenda-se a adoção de sensores *solid-state* (como flash LiDARs, substituindo os modelos mecânicos com partes móveis), a fusão de sensores (combinando LiDAR, UWB e IMU para redundância e robustez) e a implementação de algoritmos avançados como SLAM para integração de localização e mapeamento da via.

V. Referências

- [1] ANAND, B. et al. *Evaluation of LiDAR Data Quality*. IEEE Sensors, 2022.
- [2] MCMANAMON, P. F. *Field Guide to Lidar*. SPIE Press, 2015.
- [3] PHILLIPS, T. G. et al. *Lidar in Dusty Environments*. Journal of Field Robotics, 2017.
- [4] VARGAS, J. et al. *Sensor Vulnerability in Autonomous Vehicles*. Sensors, 2021.

Estudo Sobre Rede Sem Fio Aplicada na Geolocalização de Agentes Circulantes

Erich Ramos Borges, Gabriel Marques Silva, Otavio Meves Ribeiro, Robert Rivera M da Silva, Vinicius Henrique Souza de Melo, Weslley Silva Santos

Engenharia Elétrica

unieeborges@fei.edu.br, uniegabriels@fei.edu.br, unieribeiro@fei.edu.br, unerosilva@fei.edu.br, unievimelo@fei.edu.br, uniewsantos@fei.edu.br

Orientador: Marco Antônio Assis de Melo

Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

mant@fei.edu.br

Resumo: Este projeto apresenta o desenvolvimento de um sistema de geolocalização indoor de baixo custo para o Metrô de São Paulo, utilizando o microcontrolador ESP32-C6 e redes Wi-Fi 6. A solução identifica zonas de proximidade com base em medições de RSSI e BSSID, sem depender de coordenadas exatas. Foram realizadas etapas de mapeamento, testes e visualização em tempo real via dashboards em Python. Os resultados demonstraram estabilidade, autonomia energética de cerca de 11 horas e viabilidade técnica para uso em emergências operacionais, identificando rapidamente o agente mais próximo de um incidente. A arquitetura é replicável, escalável e compatível com a LGPD, estando pronta para validação em ambiente real e integração com sistemas industriais como SCADA e PIMS.

Palavras-chave: geolocalização, IoT, RSSI, ESP32-C6, Wi-Fi 6, metrô.

I. Introdução

A geolocalização tem se destacado como uma ferramenta fundamental em diversos setores, permitindo rastreamento, controle de ativos e mobilidade assistida. Com o avanço da Internet das Coisas (IoT) e das tecnologias de comunicação sem fio, surgiram soluções de localização cada vez mais acessíveis e eficientes. No entanto, ambientes fechados, como túneis e estações de metrô, ainda representam um desafio para sistemas tradicionais baseados em GPS, devido à ausência de linha de visada e à interferência eletromagnética.

Neste contexto, sistemas de localização indoor baseados em redes Wi-Fi surgem como alternativa promissora, permitindo a identificação de zonas de proximidade com base em medições do *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) e no reconhecimento dos *Basic Service Set Identifiers* (BSSID) dos pontos de acesso. Tais abordagens são particularmente úteis para aplicações operacionais em tempo real, como o monitoramento da posição de agentes circulantes em infraestrutura de transporte público.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema embarcado de localização, utilizando o microcontrolador ESP32-C6 com suporte a Wi-Fi 6, para mapeamento de zonas em ambientes internos do Metrô de São Paulo. A solução visa reduzir a complexidade dos sistemas convencionais, priorizando baixo custo, eficiência energética e integração com infraestrutura já existente.

Diferentemente de soluções comerciais complexas e de alto custo, esta proposta busca uma alternativa acessível, replicável e de rápida implementação, aproveitando tecnologias emergentes e infraestrutura já existente

II. Metodologia

As etapas do projeto incluíram o mapeamento do ambiente metroviário simulado, definição e calibração das zonas de cobertura, além do desenvolvimento de um painel interativo para visualização dos dados utilizando a biblioteca Dash, em Python. Foram conduzidos testes de bancada com diferentes níveis de sinal e posicionamento de agentes simulados, com o objetivo de validar a precisão do sistema, sua estabilidade de operação e a autonomia energética do dispositivo. A metodologia considerou, ainda, aspectos relacionados à privacidade e segurança de dados, garantindo conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), e foi planejada para permitir futura integração com sistemas industriais, como SCADA e PIMS.

Os agentes simulados foram posicionados em diferentes pontos estratégicos para representar cenários variados de movimentação e proximidade, garantindo a abrangência dos testes. Foram adotadas práticas para assegurar a repetibilidade dos testes, incluindo múltiplas execuções em condições controladas e variáveis. Ferramentas específicas para desenvolvimento e análise, como IDEs de programação e bibliotecas MQTT, foram

utilizadas para otimizar o processo de implementação e comunicação dos dados.

III. Figuras, tabelas e equações

A. Figuras

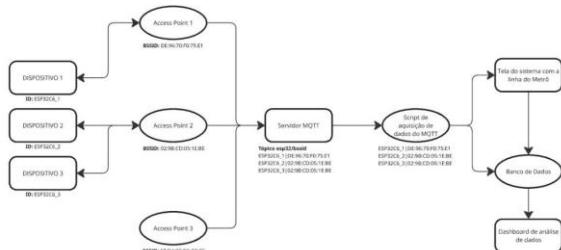


Figura 1. Fluxograma do Funcionamento do Projeto

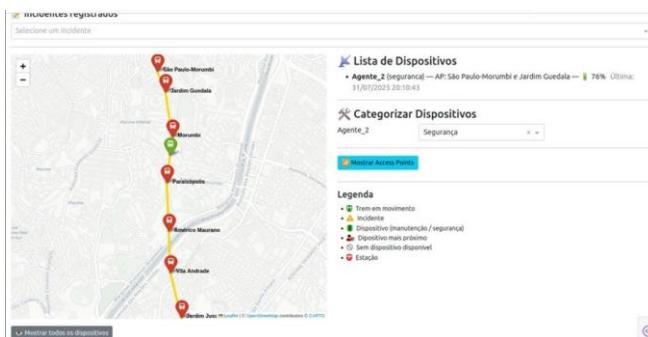


Figura 2. Diagrama Elétrico do Hardware

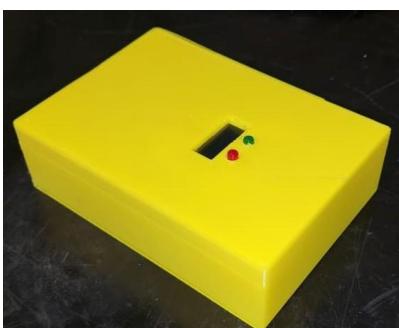


Figura 3. Hardware Finalizado.

B. Tabelas

Tabela 1. Lista de Materiais

Material	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Bateria Li-Ion 18650 3.7V 2600mAh	4	39,90	159,6
Carregador Duplo para Bateria Li-Ion 18650	2	35,00	70,00
Suporte para 2 Baterias Li-Ion 18650	2	10,50	21,00
Placa DevKitC-1 ESP32-C6 N8	2	78,00	156,00
Display OLED 128x32 Ex - 0.91" - 4 Pin - Azul	2	19,90	39,80
Protoboard 830 Pontos	1	13,30	13,30
Kit Jumper Macho Macho - 65 pcs	1	8,90	8,90
Kit Jumper Fêmea Fêmea - 40 pcs - 20cm	1	8,40	8,40
Kit Jumper Macho Fêmea - 40 pcs - 20cm	1	8,40	8,40
Carregador Bateria Litíum 1A com Proteção - USB C - TP4056	4	4,50	18,00
Placa de Circuito Impresso	2	50,00	100,00
Preço Total		R\$ 627,70	

IV. Conclusões

O desenvolvimento deste trabalho resultou em uma solução funcional, eficiente e de baixo custo para geolocalização indoor no ambiente metroviário, explorando tecnologias da Internet das Coisas (IoT). Utilizando o microcontrolador ESP32-C6 e a infraestrutura de pontos de acesso Wi-Fi já existente, o sistema demonstrou ser tecnicamente viável e de fácil implementação para a identificação de zonas de proximidade de funcionários em tempo real.

Os testes realizados comprovaram a eficácia da arquitetura proposta, com destaque para a estabilidade da visualização dos dados em tempo real por meio da biblioteca Dash integrada ao protocolo MQTT. A aplicação mostrou-se especialmente promissora em emergências ou falhas operacionais, permitindo a rápida identificação do agente mais próximo ao incidente — problema central levantado no início deste trabalho.

Além de atender aos requisitos técnicos e operacionais estabelecidos, o sistema é escalável, replicável e está em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), o que reforça sua viabilidade em ambientes reais. Recomenda-se, como próximos passos, a realização de testes piloto no Metrô de São Paulo e a integração com plataformas industriais como SCADA e PIMS, visando ampliar seu impacto e consolidar sua aplicação prática.

V. Referências

- [1] T. Yang et al., *Sensors*, v. 21, n. 23, 2021, p. 8086.
- [2] A. I. Moura, *WSL: um sistema de localização de dispositivos móveis em redes Wi-Fi*. São Paulo, 2007.
- [3] SOPHIA, S. et al. Bluetooth Low Energy based Indoor Positioning System using ESP32. ICIRCA, 2021.
- [4] ABREU, Rafael Fernando Pereira. Localização Indoor em Ambientes Inteligentes. Universidade do Minho, 2014.

VI. Agradecimentos

Dedicamos este trabalho a todos os membros de nossa família, que nos acompanharam ao longo desta jornada, seja em presença física ou espiritual. Nossa gratidão também se estende aos amigos que, por diferentes motivos, não puderam concluir o curso conosco. A cada um de vocês, nosso reconhecimento e apreço por terem sido parte fundamental de nossa trajetória.

Estudo e Caracterização de um Motor de Fluxo Axial com Componentes Fabricados por Manufatura Aditiva

**Nathalia Alves de Azevedo, Raphael Ksionzek Candermo,
Thales De Dato, Samuel Monteiro Neto**

Engenharia Elétrica

nathyalvesdeazevedo@hotmail.com, raphaelksionzek@gmail.com,
thales.tdd@gmail.com, samuca_neto@hotmail.com

Orientador: Milene Galeti

Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI
mgaleti@fei.edu.br

Resumo: Este documento apresenta o desenvolvimento de um motor BLDC de fluxo axial com componentes estruturais fabricados por manufatura aditiva, com foco em aplicações de alta densidade de potência, como veículos de competição da Fórmula SAE. A proposta partiu da necessidade de solucionar limitações enfrentadas com o motor EMRAX 228 HV, cuja operação ideal do motor era 5000 RPM, porém a competição só permitia 3000 RPM, dessa forma foi necessária uma adaptação na relação de transmissão trazendo problemas para as competições. O projeto utilizou a engenharia reversa como base para reconstrução geométrica do estator, seguido por simulações eletromagnéticas no software Ansys, com foco no uso de materiais como PLA magnético. Por razões logísticas, o protótipo funcional foi impresso em PLA convencional, validando a estrutura mecânica e as condições de operação. Os testes experimentais com placa de controle e inversor SEW Eurodrive demonstraram torque funcional, rotação estável e comportamento térmico dentro dos limites operacionais. Os resultados confirmam a viabilidade do uso da manufatura aditiva como alternativa para o desenvolvimento de motores elétricos compactos e personalizados.

Palavras-chave: Manufatura aditiva, motor BLDC, fluxo axial, impressão 3D, PLA magnético, validação experimental.

I. Introdução

A crescente demanda por soluções tecnológicas mais sustentáveis, leves e eficientes tem impulsionado o avanço da Indústria 4.0, especialmente no setor de mobilidade elétrica. Nesse contexto, a manufatura aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D, tem se destacado como uma ferramenta estratégica para prototipagem rápida e fabricação de componentes com geometrias complexas e otimizadas.

Paralelamente, os motores elétricos de fluxo axial têm ganhado espaço devido à sua alta densidade de potência, compacidade e eficiência. No entanto, a fabricação tradicional desses motores, com estatores e rotore em geometrias sofisticadas, impõe limitações técnicas e financeiras. A integração entre impressão 3D e motores de fluxo axial surge como uma solução inovadora, permitindo a produção customizada de componentes estruturais com menor peso, menor custo e maior liberdade de design.

Este trabalho parte de um problema prático enfrentado pela equipe Fórmula SAE do Centro Universitário FEI em 2014, que utilizava o motor EMRAX 228HV. Devido ao regulamento da competição, que limitava a tensão máxima a 300 VDC, o motor não operava em sua rotação ideal, comprometendo o desempenho do veículo nas provas. A partir disso,

propôs-se o desenvolvimento de um novo motor BLDC de fluxo axial, com componentes estruturais produzidos por manufatura aditiva, utilizando PLA como base de material. O projeto foi conduzido com base em engenharia reversa, simulações eletromagnéticas e validação experimental em bancada, buscando comprovar a viabilidade técnica e funcional da aplicação da impressão 3D em motores elétricos de alto desempenho.

II. Objetivos

Desenvolver um motor BLDC de fluxo axial com componentes estruturais fabricados por manufatura aditiva, utilizando como referência o modelo EMRAX 228.

Objetivos Específicos:

- Analisar os diferentes materiais aplicáveis à manufatura aditiva, com foco em PLA magnético.
- Realizar engenharia reversa do motor EMRAX 228.
- Modelar o novo motor em software CAD.
- Simular seu desempenho eletromagnético no software Ansys.

- Construir e testar um protótipo funcional em bancada.
- Avaliar o desempenho em termos de torque, rotação e comportamento térmico.
- Verificar a viabilidade técnica e econômica da aplicação da impressão 3D.

III. Metodologia

A primeira etapa consistiu na engenharia reversa do motor EMRAX 228, com obtenção das dimensões principais e identificação dos parâmetros técnicos do estator. O modelo tridimensional foi desenvolvido no software Siemens NX, adaptando a geometria para a fabricação por impressão 3D (FDM), visando melhor aderência entre camadas, redução de suportes e tolerâncias ajustadas ao processo.

Simulações computacionais foram realizadas no software Ansys Maxwell para avaliar o comportamento eletromagnético do motor com materiais como PLA magnético. Devido a atrasos na aquisição do material, o protótipo final foi impresso em PLA convencional.

A validação experimental foi feita em bancada por meio de dois módulos de controle: uma placa de acionamento com modulação PWM e um inversor SEW Eurodrive com interface MOVIDRIVE. As variáveis medidas incluíram corrente, rotação, tensão e torque estimado.

IV. Resultados

Durante os testes com a placa de controle, o motor alcançou 5.000 RPM com corrente de 5 A e tensão de 250 VDC, resultando em uma potência elétrica de 1.250 W e torque estimado de 2,38 Nm. A estrutura impressa em PLA demonstrou estabilidade e resistência, sem deformações visíveis ou falhas de adesão entre camadas.

Nos testes com o inversor MOVIDRIVE, a rotação foi limitada a 340 RPM com 7 A e 24 V, alcançando torque estimado de 4,71 Nm. Embora a rotação tenha sido inferior, o teste permitiu avaliar o desempenho do motor sob diferentes condições de alimentação.

Não foi possível realizar a medição térmica direta durante os testes, mas simulações realizadas indicaram comportamento térmico estável, dentro da faixa suportada pelo PLA convencional.

V. Conclusões

O desenvolvimento e a validação de um motor BLDC de fluxo axial com componentes impressos em 3D demonstraram que a manufatura aditiva é uma alternativa viável para construção de motores de baixo custo e boa performance. A utilização do PLA convencional atendeu aos requisitos estruturais e funcionais do projeto, ainda que o PLA magnético seja uma opção mais adequada para aplicações eletromagnéticas avançadas.

A integração de modelagem 3D, simulação e testes em bancada provou ser eficaz para projetos de engenharia aplicados em competições estudantis, permitindo inovação com acessibilidade e velocidade. O projeto

reforça o potencial da impressão 3D em soluções práticas e sustentáveis na área de propulsão elétrica.

VI. Referências

- [1] L. Menezes, *Indústria 4.0 e o avanço da manufatura aditiva*, Revista de Engenharia e Inovação, 2023.
- [2] R. C. Cardoso et al., *Modelagem e análise de motores de fluxo axial para aplicações em veículos elétricos*, Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica, 2022.
- [3] G. Paiva et al., *Estudo sobre aplicação de materiais poliméricos na impressão 3D*, Revista de Tecnologia Aplicada, 2021.
- [4] E. Besko, *Comportamento do PETG e PLA em aplicações industriais*, Congresso Brasileiro de Manufatura Digital, 2017.
- [5] FINDTOP, *All About Magnetic Iron 3D Printing Filament*, 2024. Disponível em: <https://www.findtop.com/pt/all-about-magnetic-iron-3d-printing-filament-materials-properties-definition/>

Engenharia Mecânica Automobilística

Sistema de Injeção de Peróxido de Hidrogênio para a Redução de NO_x em Motores de Ignição por Centelha a Hidrogênio em Veículos Pesados

João Vitor Ferreira¹, Ricardo Leal Magnani¹, João Vitor Conceição Meira¹, Camila de Camargo Rodrigues², Lucas Ramblas Carvalhaes¹, João Pedro Vasel Macedo¹

¹Engenharia Mecânica Automobilística

²Engenharia Química

joao.vitor.ferreiraa@hotmail.com, uniermagnani@fei.edu.br, joao.vitor27@outlook.com, camila.rodrigues2014@hotmail.com, lucasramblas@hotmail.com, uniejomacedo@fei.edu.br

Orientador: Prof. Silvio Sizuo Sumioshi

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
silviosu@fei.edu.br

Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Vieira Olivieri

Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário FEI
gustavo.vo@fei.edu.br

Resumo: O projeto CST (*Combustion System of Tomorrow*) visa desenvolver um sistema de injeção de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em motores a hidrogênio do ciclo Otto, com foco na redução das emissões de NO_x. Embora esses motores não emitam CO₂, ainda geram altos níveis de NO_x devido às elevadas temperaturas de combustão e aos radicais livres presentes na combustão. A solução propõe o uso do H₂O₂ como aditivo por sua eficácia na redução de temperatura e consequente diminuição de NO_x, aliado à segurança, custo e fácil integração. A abordagem incluiu revisão bibliográfica, benchmarking, análise de viabilidade e simulações com Aspen Plus e Chemkin. As simulações demonstraram que a injeção de H₂O₂ reduz a temperatura da câmara de combustão e favorece a cinética de menor formação de NO_x, com ganhos secundários em torque e eficiência térmica.

Palavras-chave: Hidrogênio, Combustão, NOX, Peróxido, Motores, Chemkin.

I. Introdução

A poluição atmosférica representa um dos principais desafios ambientais e de saúde pública da atualidade, com destaque para as emissões veiculares como fonte significativa de poluentes nocivos. Entre os compostos mais preocupantes estão os óxidos de nitrogênio (NO_x), associados a doenças respiratórias e impactos ambientais. O aumento da frota de veículos e a necessidade de alternativas sustentáveis impulsionam o desenvolvimento de tecnologias limpas. Nesse contexto, o motor a hidrogênio surge como solução promissora, embora ainda em frente o desafio da emissão de NO_x, exigindo novas abordagens para controle eficiente desses poluentes.

II. Problematização

Apesar dos motores a hidrogênio eliminarem emissões de CO₂ e outros poluentes convencionais, ainda produzem elevadas quantidades de óxidos de nitrogênio (NO_x) devido às altas temperaturas de combustão e reações que ocorrem dentro da câmara de combustão.

Esses poluentes representam sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente, sendo agravados pela crescente demanda por soluções sustentáveis no transporte pesado. Assim, torna-se essencial desenvolver estratégias que viabilizem o uso do hidrogênio sem comprometer os padrões de emissões atmosféricas.

III. Solução Proposta

O projeto propõe a implementação de um sistema de injeção controlada de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em motores ciclo Otto movidos a hidrogênio, com o objetivo de reduzir a formação de NO_x. A decomposição do H₂O₂ dentro da câmara de combustão gera radicais que atuam na redução da temperatura da chama e interferem nas reações responsáveis pela formação de NO_x. A solução alia viabilidade técnica e ganhos de desempenho, representando uma alternativa eficaz e acessível para a descarbonização do transporte pesado sem comprometer a eficiência do motor.

O CST busca este objetivo implementando um sistema novo de injeção onde dosagem é controlada pela ECU (Unidade de Controle Eletrônico), com base em sensores de pressão e temperatura, o fluido é pressurizado, injetado na admissão e atua por resfriamento térmico e reação cinética, reduzindo significativamente o NOx.

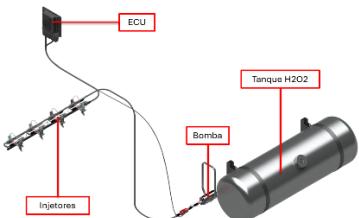


Figura 1. Sistema de injeção proposto pelo CST.

IV. Simulações e Resultados

Para conseguir analisar o efeito desse aditivo, foram utilizado uma aproximação numérica através dos softwares Aspen Plus e Ansys Chemkin. Também, foram utilizados trabalhos de referência para conseguirmos imputar os dados da combustão do hidrogênio [1] e do hidrogênio + água [2].

Com a análise das condições dadas e das informações disponibilizadas, foram construídos 2 gráficos que traduzem as atividades realizadas. A Figura 1 mostra o gráfico que compara os resultados da potência indicada de cada combustível em função do lambda, onde é possível visualizar que o combustível proposto tem um grande potencial e condições de misturas com lambda próximos e/ou maiores que 3.

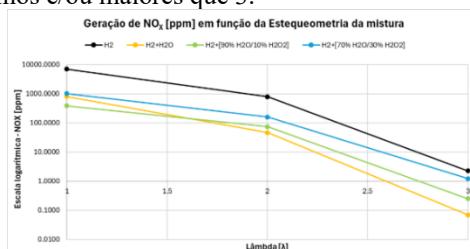


Figura 2. Geração de NOx [ppm] em função da estequiometria da mistura

Além disso, a Figura 2 mostra o gráfico da geração de NOx em escala logarítmica, também em função da estequiometria que mostra a redução da geração de NOx quando se usa o peróxido de hidrogênio em relação ao hidrogênio puro.

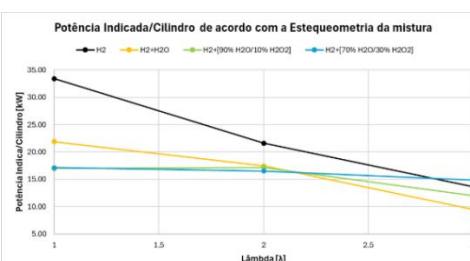


Figura 3. Potência indicada por cilindro de acordo com a estequiometria da mistura

A tabela 1 mostra as reduções de NOx [ppm] de cada mistura, em porcentagem, em relação a emissão de NOx

quando utilizado apenas hidrogênio na combustão e à respectiva estequiometria da mistura.

Ao comparar com a meta inicial de 60% de redução, observou-se que, em determinadas condições, não apenas foi atingido esse objetivo, como também foi superado, alcançando reduções superiores a 80%.

Tabela I. Resultado das Reduções de NOx.

λ	Redução de NOx [ppm]
H2+ [90% H2O/10% H2O2]	1 94.57%
H2+ [90% H2O/10% H2O2]	2 90.57%
H2+ [90% H2O/10% H2O2]	3 89.01%
H2+ [70% H2O/30% H2O2]	1 85.62%
H2+ [70% H2O/30% H2O2]	2 79.91%
H2+ [70% H2O/30% H2O2]	3 45.91%

V. Conclusões

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do CST, um sistema de injeção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para motores ciclo Otto movidos a hidrogênio, voltado à redução das emissões de NOx em veículos pesados. A metodologia foi baseada em simulações numéricas com Aspen Plus e Chemkin.

Apesar de ser uma solução que não está alinhada com as tendências de redução de NOx aplicadas hoje pela indústria, o peróxido de hidrogênio apresentou resultados satisfatórios ao mostrar que há um potencial de redução de NOx que podem chegar até 94,57%. Vale ressaltar alguns pontos:

- O estudo focou em misturas comerciais diluídas de H_2O_2 , mais acessíveis e simples de manusear do que as soluções puras utilizadas em outros trabalhos.
- A mistura com 10% de H_2O_2 reduz mais o NOx, enquanto a de 30% equilibra melhor desempenho e controle de emissões.
- A mistura 30% H_2O_2 /70% água encurta a combustão, mas desloca o CA50 para ângulos maiores do virabrequim.
- A mistura com 10% H_2O_2 tem maior emissão de NOx que a mistura hidrogênio + água, mas melhora o desempenho do motor e exige análises mais detalhadas.
- Em condições ultra-lean, a mistura 30% H_2O_2 pode aumentar a potência indicada, mas também eleva as emissões de NOx.

VI. Referências

- [1] MORTIMER, Joel et al. Extending the knock limits of hydrogen DI ICE using water injection. Fuel, v. 335, 126652, 2023. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.126652.
- [2] NEGURESCU, Niculae; PANA, Constantin; POPA, Marcel Ginu; CERNAT, Alexandru. Performance comparison between hydrogen and gasoline fuelled the spark ignition engine. Thermal Science, v. 15, n. 4, p. 1155-1164, 2011. DOI: 10.2298/TSCI110203090N.

Ride Shield – Sistema de Segurança Passiva para Proteção dos Membros Inferiores de Motociclistas

**Gabriel Fernandes, Jonathan Faria, Matheus Santos, Raphael de Oliveira, Thiago Meira,
Vitor Monni**

Engenharia Mecânica Automobilística

uniegabrffernandes@fei.edu.br, uniejonatsilva@fei.edu.br, uniematheusantos@fei.edu.br,
unieracury@fei.edu.br, uniehmascarenhas@fei.edu.br, unievmonni@fei.edu.br

Orientador: Silvio Sizuo Sumioshi

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
silviosu@fei.edu.br

Coorientador: Dr. Mohammad Hossein S Yazdi

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
mshaterzadeh@fei.edu.br

Resumo: Entre 2013 e 2023, a frota de motocicletas no Brasil cresceu 78%, acompanhada por um aumento expressivo nos acidentes envolvendo motociclistas, que atualmente superam até mesmo os atropelamentos de pedestres. Esses acidentes são responsáveis por mais da metade das internações hospitalares no SUS e por 75% das indenizações pagas pelo DPVAT, representando um impacto significativo na saúde pública e na economia, com perdas estimadas em R\$ 21 bilhões ao PIB anualmente. Diante desse cenário crítico, foi desenvolvido o Ride Shield, um sistema de proteção passiva projetado para impedir que colisões atinjam os membros inferiores em impactos laterais, responsáveis por 21% dos acidentes com motocicletas. A solução foi concebida com foco em eficiência estrutural, baixo custo e conformidade com as normas ISO 13232 e CONTRAN 453. Sua eficácia foi validada por meio de simulações CAE, comprovando resistência a colisões de até 50 km/h sem permitir contato com as pernas do condutor, contribuindo assim para a segurança individual e a mitigação de custos sociais e econômicos.

Palavras-chave: proteção lateral, segurança veicular, colisão lateral, engenharia aplicada, otimização estrutural, mobilidade urbana.

I. Introdução

A crescente popularidade das motocicletas como meio de transporte urbano no Brasil vem acompanhada de um aumento significativo no número de acidentes, sobretudo nas colisões laterais que representam 21% do número total de casos de acidentes envolvendo motocicletas, colocando os membros inferiores dos condutores em risco direto. De acordo com o Ministério da Saúde, 43% das lesões em acidentes com motos envolvem pernas e joelhos — regiões atualmente sem nenhuma proteção estrutural.

O Ride Shield surge como uma resposta a esse cenário: trata-se de uma estrutura metálica acoplada ao chassi da motocicleta, projetada para absorver impactos laterais e não permitir o contato direto do objeto nas pernas do usuário. A proposta visa tornar a motocicleta um meio de transporte mais seguro, por um preço acessível.

II. Objetivo

Com o problema que foi apontado, o objetivo deste projeto é desenvolver um sistema passivo que torne a motocicleta um meio de transporte mais seguro. Essa iniciativa se justifica pela alta taxa de acidentes que

ocorrem nesse contexto, onde as colisões são graves e uma realidade do dia a dia, conforme evidenciado anteriormente. A introdução de soluções de segurança passiva é crucial, pois pode reduzir a quantidade de internações sem depender única e exclusivamente das reações dos motociclistas.

III. Metodologia

O desenvolvimento do Ride Shield seguiu as seguintes etapas principais: coleta de dados estatísticos provenientes do SUS, SENATRAN e DPVAT; definição de requisitos críticos, como peso adicional inferior ou igual a 5% da massa da moto, custo inferior ou igual a 5% do valor comercial médio, atendimento às normas ISO 13232 e CONTRAN 453, além de garantir que a deformação da estrutura não invada uma área de 10 mm próxima à perna do condutor; benchmarking técnico, com comparação entre o sistema desenvolvido, habitáculos de segurança e crash bars convencionais; modelagem CAD e simulações estruturais (CAE/ANSYS), assegurando tensões abaixo do limite de resistência trativa do material; análise de riscos por meio da metodologia DFMEA, com proposição de ações mitigadoras para os modos de falha identificados;

avaliação da viabilidade técnica e econômica, levando em consideração os materiais utilizados, os processos de fabricação, a facilidade de montagem e os custos envolvidos; e estimativa de custo com base na metodologia de custos “Markup”, a fim de calcular o preço do produto em uma possível produção em série.

IV. Resultados

Ao fim do projeto, foram encontrados os seguintes resultados: desempenho estrutural validado, com a estrutura atendendo à distância máxima de deformação de 192 mm no cenário mais crítico, a partir do ponto de impacto, de forma a não haver contato com os membros inferiores do motociclista; custo estimado entre R\$ 700,00 e R\$ 1.400,00 por unidade, considerado viável para produção em escala; peso adicional correspondente a 6,8% da massa da motocicleta (desconsiderando o condutor) com a utilização de aço de alta liga SAE 4340; RPN dentro dos limites estabelecidos no projeto, devido ao uso do aço 4340 e à inclusão de reforços específicos nas zonas críticas; conformidade total com a norma ISO 13232 e com a Resolução CONTRAN 453/2013, o que possibilita uma futura homologação.

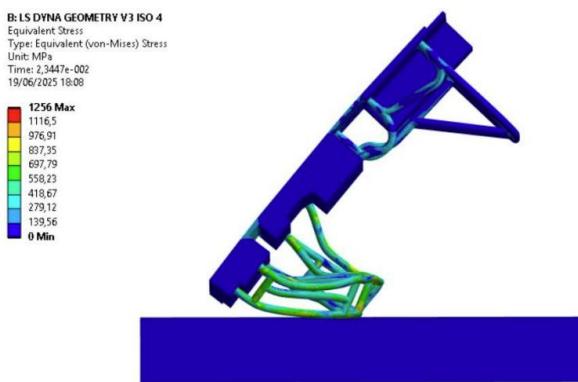


Figura 1. Resultado da simulação dinâmica de tensão de Von-Mises.

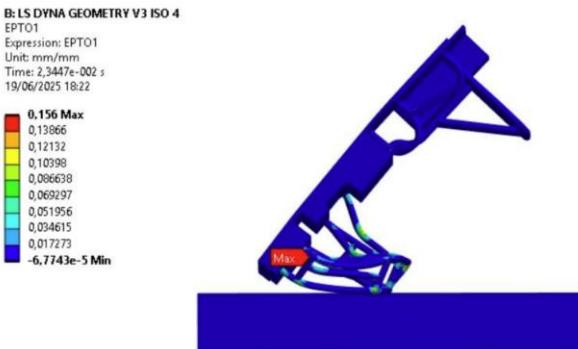


Figura 2. Resultado da simulação dinâmica de deformação.

V. Conclusões

Os resultados obtidos demonstram que o Ride Shield é tecnicamente viável. Entretanto, o incremento de massa observado limita seu uso para motocicletas de cilindrada média/alta. Além disso, o custo final estimado do produto pode ser considerado um pouco

elevado, dado a sensibilidade do mercado nacional em relação à especificação. Seu projeto atende aos requisitos normativos e supera benchmarks atuais em proteção lateral.

O sistema mostra-se promissor para reduzir internações hospitalares, diminuir a gravidade das lesões e economizar recursos públicos. Recomendamos a continuidade no estudo do desenvolvimento da estrutura Ride Shield, visando redução de massa através do uso de compósitos ou otimização da geometria estrutural, mantendo o uso do aço.

VI. Referências

- [1] ALMEIDA, S. C.; COSTA, L. M.; FARIAS, J. A. Acidentes de motocicleta e impacto nas extremidades inferiores: uma análise epidemiológica. *Revista de Ortopedia e Traumatologia*, São Paulo, v. 54, n. 2, p. 123–130, 2021. Disponível em: <https://revista.uninga.br/uninga/article/view/3756/2339>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- [2] SILVA, R. A.; OLIVEIRA, T. F.; MENDES, P. L. Lesões em membros inferiores em acidentes de trânsito envolvendo motocicletas: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Medicina do Trânsito*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 34–40, 2020.
- [3] BRASIL. Ministério da Saúde. Boletim Epidemiológico. Brasília, 2023.
- [4] PEREIRA, G. M.; LIMA, R. J.; ALMEIDA, F. C. Estudo biomecânico da proteção de membros inferiores em motociclistas utilizando simulação computacional. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, Curitiba, v. 35, n. 4, p. 98–106, 2019.
- [5] BRASIL. Ministério da Saúde. Boletim epidemiológico: número de internações de motociclistas envolvidos em acidentes no SUS de 2011 a 2021. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/pnras/pt-br/conteudos-publicos/bol/boletins-epidemiologicos/boletins/2023/boletim-epidemiologico-volume-54-no-06>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- [6] FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (FENABRAVE). Dados de emplacamentos de motocicletas. São Paulo, 2024. Disponível em: https://www.fenabrade.org.br/portalv2/Conteudo/em_placamentos. Acesso em: 27 jun. 2025.
- [7] BRASIL. Secretaria Nacional de Trânsito. Relatório de acidentes de trânsito no Brasil, 2019–2023. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- [8] BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 453, de 26 de setembro de 2013 – Estabelece os requisitos de segurança para motocicletas e motonetas. Brasília, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt>

H2CPS – Sistema de Exaustão dos Gases de Blow-by em Motores de Combustão Interna a Hidrogênio

**Julia Vitoria de Lima¹, Rodrigo Rampaso de Moraes², Victor Kawata dos Santos¹,
Victor Viscardi²**

¹ Engenharia Mecânica Plena

² Engenharia Mecânica Automobilística

uniejulima@fei.edu.br, uniermorais@fei.edu.br, unievictssantos@fei.edu.br, unievviscardi@fei.edu.br

Orientador: Fernando Fusco Rovai

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

ffusco@fei.edu.br

Resumo: De acordo com os desafios globais referentes ao desenvolvimento sustentável, o mercado automotivo busca por novas aplicações que atinjam os objetivos das legislações que visam a redução gradual do nível de emissões da frota. Dentre as soluções em estudo, surge o hidrogênio como combustível alternativo que traz alguns desafios em relação a sua aplicação, o presente projeto tratará do desafio do perigo de autoignição no volume interior do bloco do motor, causado pelo aumento da concentração volumétrica de hidrogênio acima de 3,5% advindo dos gases de blow-by. O projeto desenvolve um sistema de exaustão ativa destes gases visando inibir problemática da ignição espontânea. A metodologia deste projeto baseia-se em utilizar de recursos computacionais para calcular a vazão de blow-by em um motor a hidrogênio, além de analisar o funcionamento da solução proposta para o propósito almejado. Por fim, o desempenho dos projetos e suas oportunidades de melhoria serão discutidos afim de corroborar com o desenvolvimento de novas tecnologias renováveis.

Palavras-chaves: Bloco; Blow-by; Combustão; Hidrogênio; Motor; Simulação.

I. Introdução

O hidrogênio (H_2) se apresenta como uma alternativa sustentável interessante para a aplicação no transporte de altas cargas em motores de combustão interna, porém devido as suas características físico-químicas como sua volatilidade, baixa massa específica e baixa energia de ativação, seu manuseio torna necessário a implementação de alguns cuidados primordiais [3].

O desafio está no aumento da concentração de hidrogênio no bloco do motor devido ao fenômeno de blow-by, onde gases da combustão escapam por entre os anéis dos pistões devido à alta pressão. Estudos indicam que concentrações acima de 3,5% em volume podem causar ignição espontânea, comprometendo a segurança do sistema e dos usuários do veículo [1][2].

II. Materiais e Métodos

Para conter o aumento da concentração de hidrogênio, o projeto propõe um sistema de exaustão dos gases de blow-by em motores H₂MCI (Figura 1). Esse sistema utiliza um eletroventilador que gera um fluxo de retorno dos gases do bloco para o sistema de admissão. A depressão gerada aciona uma válvula unidirecional, permitindo a entrada de ar atmosférico filtrado, o que dilui o hidrogênio. Todo o processo é monitorado por sensores de concentração de H₂, temperatura e pressão.

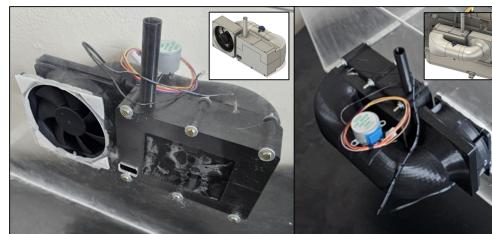


Figura 1. Protótipo do H₂CPS.

O funcionamento do sistema foi avaliado por simulações no AVL Cruise M, para estimar a vazão de blow-by em motores H₂MCI, e no Ansys Fluent, para analisar a concentração de hidrogênio no bloco do motor. O controle da recirculação dos gases é feito por uma válvula borboleta e um eletroventilador. Além disso, chicanas e uma membrana polimérica são usadas para reter gotículas de lubrificante presentes na mistura gasosa recirculada.

III. Resultados e Discussões

A. Blow-by em H₂MCI

Com o auxílio do AVL Cruise M calculou-se a vazão dos gases de blow-by atuantes em um ciclo de combustão por ignição do hidrogênio (Figura 2a) de razão ar-combustível de 1:34, além da massa acumulada desses gases variando sua rotação (Figura 2b).

Resultados estes que são utilizados na segunda frente de simulações do projeto. Os cálculos basearam-se em um modelo de motor com taxa de compressão de 17,3, diâmetro de pistão de 130 mm e seção transversão entre pistão e cilindro de $0,5 \text{ m}^2$.

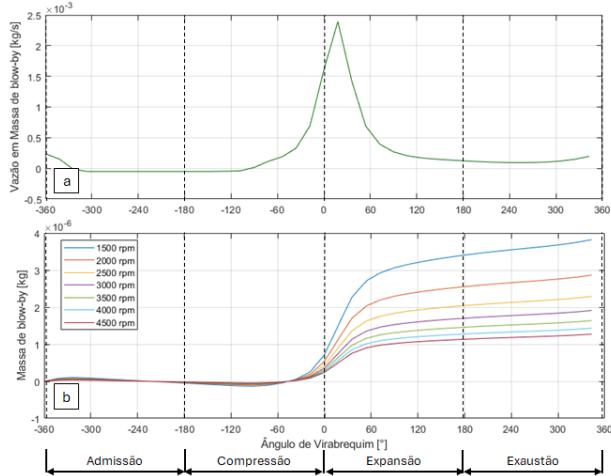


Figura 2. Ciclo de combustão. a) Vazão de *blow-by*; b) Massa acumulada de *-by*.

B. Controle da concentração

A eficácia da solução foi verificada no Ansys Fluent, usando um modelo 3D de motor com seis cilindros. O blow-by foi simulado como entrada na câmara de combustão, com vazão obtida previamente. O sistema tem saída pelo eletroventilador (pressão de 97 kPa) e entrada de ar em pressão atmosférica, simulando a válvula unidirecional. A malha tem elementos de 10 mm, com concentração inicial de hidrogênio nula. A simulação cobre 2 minutos, com intervalos de 1 segundo e até 10 iterações por passo para alcançar a convergência.

A validade da solução pode ser analisada através da comparação de duas instâncias, a primeira considerando apenas a saída do eletroventilador e a segunda com a válvula unidirecional sendo aplicada. Nota-se que na primeira simulação (Figura 3a) a concentração de hidrogênio se mantém acima do limite de segurança com magnitudes de 8%vol. Adicionalmente, o mapa de pressões aponta uma pressão média no motor de aproximadamente 99,8 kPa, provando a funcionalidade da válvula unidirecional que, ao ser introduzida no sistema, na segunda simulação (Figura 3b), o valor de concentração de H_2 passa para 1,5%vol, lembrando que a região dos cilindros pode ser desconsiderada visto o movimento linear dos pistões que bombeiam os gases para baixo.

IV. Conclusões

Em virtude dos fatos esclarecidos, com a implementação da solução proposta, observou-se uma redução significativa na concentração média de

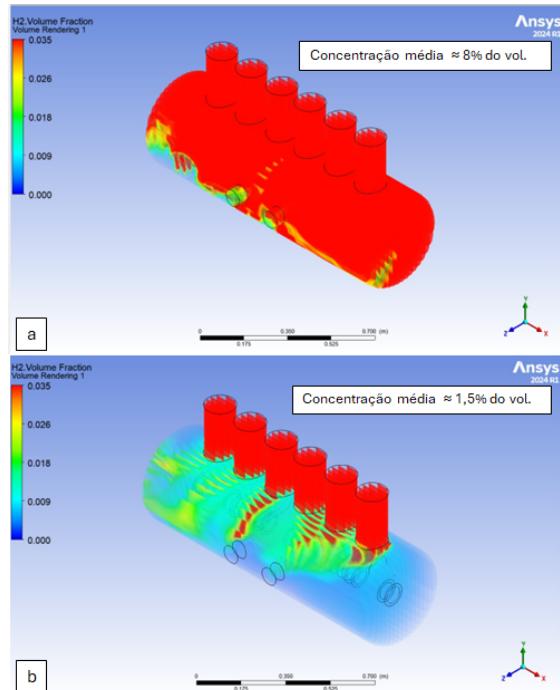


Figura 3. Concentração volumétrica H_2 . a) sem solução; b) com solução.

hidrogênio, que inicialmente tendiam a 13%, acima do limite inferior de inflamabilidade, e reduziu-se para 1,5%, consequentemente eliminando o risco de ignição espontânea no cárter, aprimorando a segurança em H₂MCI e contribuindo para sua aplicação no mercado automobilístico.

V. Referências

- [1] H. S. Chaves, R. A. Bruno, F. Mazuc, H. Marlok, C. Trabold e D. S. Schneider, “Hydrogen internal combustion engine as solution for the de-carbonization of heavy-duty and off-highway vehicles,” *AEA – Brazilian Society of Automotive Engineering - SIMEA 2023*, vol. 1, p. 9, 2023.
- [2] H. Goyal, P. Jones, A. Bajwa et al., “Design trends and challenges in hydrogen direct injection (H2DI) internal combustion engines – A review,” *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 86, pp. 1179–1194, 2024, ISSN: 0360-3199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.08.284>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924034499>.
- [3] F. Musy, R. Ortiz, I. Ortiz e A. Ortiz, “Hydrogen-fuelled internal combustion engines: Direct Injection versus Port-Fuel Injection,” *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 137, pp. 925–938, 2025, ISSN: 0360-3199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.07.136>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319924028106>.

br/assuntos/transito/conteudo. Acesso em: 27 jun.
2025.

- [8] BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. Portaria nº 160, de 29 de março de 2017 – **Regulamenta modificações estruturais em veículos de duas rodas**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo>. Acesso em: 27 jun. 2025.

- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MEDICINA DO TRÁFEGO (ABRAMET). **Brasil registra uma vítima de trânsito nas emergências do SUS a cada 2 minutos, alertam sociedades médicas**. Brasília, 8 maio 2025. Disponível em: <https://abramet.com.br/noticias/brasil-registra-uma-vitima-de-transito-nas-emergencias-do-sus-a-cada-dois-minutos/>. Acesso em: 27 jun. 2025.

- [10] 3ERP. **How to reduce production costs: prototyping vs. mass production**. 3ERP Manufacturing Blog, Shenzhen, 2023. Disponível em: <https://www.3erp.com/blog/how-to-reduce-production-costs/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

Engenharia Mecânica Plena

BRAKETECH: Redimensionamento e Montagem de uma Bancada de Teste de Freios Multifuncional

Guilherme Mendes de B. Zanchi¹, João Pedro de Oliveira Martin², Kaike Henrique Gomes de Lima², Renato Dias de Oliveira², Sofia Bastos Ortega Gonçalez¹, Theo Kenzo Uyeda¹

¹ Engenharia Mecânica Plena

² Engenharia Mecânica Automobilística

guizanchi0@gmail.com , uniekjoma@fei.edu.br , uniekalima@fei.edu.br , rennatodeoliveira@gmail.com , sofiabastos2001@gmail.com , tkuyeda@gmail.com

Orientador: Jairo Souza

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

jairosouza@fei.edu.br

Resumo: A bancada foi projetada para simular diferentes cenários de frenagem em ambiente controlado, integrando sensores de força, temperatura e velocidade, conectados a um Controlador Lógico Programável (CLP) para aquisição e análise dos dados. O projeto envolveu o dimensionamento estrutural dos eixos através dos torques requisitados e os materiais dos componentes, o dimensionamento das massas de inércia para simular a frenagem de um veículo de pequeno porte, dimensionamento e especificação dos componentes hidráulicos e pneumáticos para acionamento da bancada. Após a bancada finalizada foi possível extrair os gráficos durante os testes de frenagem e junto a isso foi possível notar alguns pontos de melhoria para que a bancada disponibilize dados ainda mais confiáveis. Este trabalho representa a primeira fase de um projeto maior, com perspectivas de continuidade em nível de mestrado e doutorado, onde o objetivo final é contribuir para o desenvolvimento de sistemas de freios mais eficientes e sustentáveis, alinhados às normativas técnicas e ambientais vigentes.

Palavras-chave: Bancada de teste; sistema de freios; aquisição de dados; segurança veicular.

I. Introdução

A segurança veicular é um tema central no desenvolvimento de tecnologias automotivas, especialmente diante do elevado número de acidentes de trânsito registrados globalmente. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 1,35 milhão de pessoas morrem anualmente em decorrência de acidentes nas vias, enquanto milhões sofrem lesões que podem resultar em incapacidades permanentes [1].

Segundo dados da própria Senatran (2024), a frota nacional cresceu aproximadamente 230% entre os anos de 2006 e 2024 (Figura 1), o que amplia a necessidade de sistemas automotivos mais eficientes, confiáveis e sustentáveis frente às exigências do mercado e às normas ambientais vigentes.

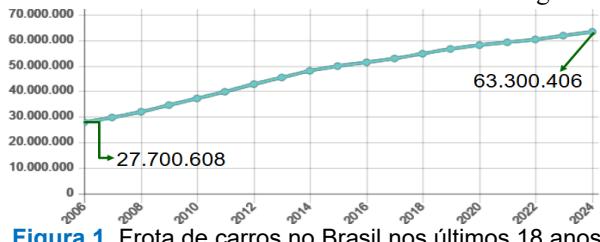


Figura 1. Frota de carros no Brasil nos últimos 18 anos.

A escolha do tema deste trabalho foi motivada, em primeiro lugar, pela crescente preocupação com a segurança veicular e a redução de acidentes de trânsito, cujas principais causas, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), ainda estão fortemente ligadas ao fator

humano. Essa constatação ressalta a importância de desenvolver ferramentas que permitam uma análise mais precisa do comportamento dos sistemas de frenagem.

II. Objetivo

Redimensionamento e montagem de uma bancada de testes que visa avaliar o conjunto de freios de um veículo de pequeno porte baseando-se na norma NBR 6143/1995 [2], de modo a extrair dados das frenagens e possibilitar o estudo do comportamento do condutor.

III. Metodologia

O projeto da bancada teve início em 2022 por alunos de Engenharia Mecânica da FEI, resultando no depósito da patente BR 10 2024 015978 0. Após dois anos de inatividade, o grupo BrakeTech assumiu sua reestruturação. Na análise do projeto original, foram identificadas melhorias, como a substituição do sistema de transmissão por corrente e polia, que apresentava risco de escorregamento, a inclusão de massas adicionais de inércia para simular melhor a frenagem veicular e a redução do número de eixos para simplificar e otimizar o desempenho do sistema.

A metodologia foi dividida em quatro fases principais. Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica e normativa (NBR 6143), além de estudos de benchmarking com bancadas comerciais como o sistema dustIN [3] e o modelo LINK M3000 [4]. Em seguida, o reprojeto mecânico da bancada contemplou

cálculos de torque, potência e forças atuantes, seguidos de análises estruturais no software Ansys Workbench [5]. Paralelamente, os projetos dos sistemas hidráulico e pneumático foram desenvolvidos para permitir o acionamento do sistema de frenagem sob diferentes regimes. Por fim, a montagem, instrumentação e realização de testes preliminares viabilizaram a coleta de dados para validação do sistema.

IV. Resultados

Nas figuras 2 e 3, ilustra o projeto final e a montagem final da bancada de testes de freio, respectivamente, detalhando a integração dos componentes dimensionados e a configuração do sistema para a realização dos ensaios.

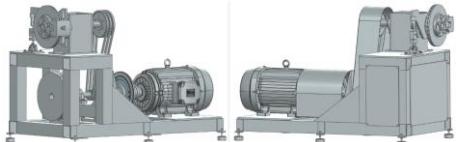


Figura 2. Projeto final da bancada.



Figura 3. Montagem final da bancada.

Foi possível realizar alguns testes, comprovando o funcionamento da bancada e da captação de dados, conforme ilustrado na figura 4.

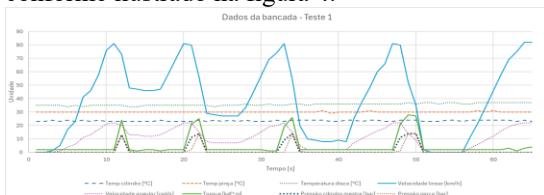


Figura 4. Gráfico levantado a partir do terceiro teste da bancada.

V. Conclusões

A partir dos testes realizados, foram identificadas algumas oportunidades de melhoria, como: substituir o sensor de temperatura do tipo Pt100 e reposicionarlo paralelamente ao disco, visando obter medições mais precisas; trocar o material do anel de vedação de borracha por silicone, a fim de evitar desgaste prematuro; e aumentar a frequência de aquisição de dados do CLP, passando de 1 segundo para 0,01 segundos, o que ampliará a base de dados e melhorará a precisão das análises.

Considerando o objetivo inicial “redimensionamento e montagem de uma bancada para avaliação do sistema de freio de um veículo de pequeno porte, com base na norma NBR 6143/1995”, conclui-se que os resultados obtidos comprovam o sucesso do projeto. O sistema desenvolvido permite a coleta de dados relevantes sobre

a frenagem e contribui para o estudo do comportamento do condutor e do conjunto de freio como um todo.

Dessa forma, pode-se afirmar que o objetivo proposto foi concluído, consolidando este trabalho como uma base sólida para futuras melhorias e implementações na área de testes de freios, além de possibilitar sua adaptação para outros tipos de ensaios e estudos relacionados à engenharia automotiva.

VI. Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MEDICINA. Mais de 1,3 milhão de pessoas morrem no trânsito em todo o mundo. APM, 29 maio 2024. Disponível em: <https://www.apm.org.br/mais-de-13-milhao-de-pessoas-morrem-no-transito-em-todo-o-mundo/>. Acesso em: 30 mai. 2025.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6143: Pastilha do Freio a disco – Determinação do atrito e desgaste através da bancada de ensaio Krauss. Rio de Janeiro, 1995
- [3] ZF GROUP. Test Systems for Brakes – Dustin. Disponível em: https://www.zf.com/products/en/testsystems/anwendungen/test_systems_for_brakes/test_systems_for_brakes.html. Acesso em: 18 maio 2025.
- [4] BOSMAL. LINK Model M3000 – Automotive brake system test equipment. Disponível em: <https://www.bosmal.eu/automotive/testing-braking-systems/>. Acesso em: 18 maio 2025.
- [5] ANSYS INC. ANSYS Workbench. Versão 2021. Canonsburg, PA, EUA, 2021. Software.

Análise e Proposta de um Sistema de Arrefecimento de RESS

Heitor de Almeida Rodrigues Juliana Paulo Mayer de Paula, Maria Laura Carvalho Gordoni, Mariana Rocha Lobo, Rodrigo Garcia Scarpassa, Victor Donelli

Engenharia Mecânica Plena

h.almeidar@live.com, mayerjulianap@gmail.com, marialaura.gordoni@gmail.com, marianalobo2001@icloud.com, rodrigoscarpassa12@gmail.com, victordonelli@gmail.com.

Orientador: Cyro Albuquerque Neto

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

cyroan@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho propõe a análise e o desenvolvimento de um sistema adaptativo de gerenciamento térmico para baterias em veículos elétricos comerciais leves, com foco na redução de massa e gestão térmica. Utilizando simulações computacionais realizadas no software Ansys Fluent, compararam-se dois sistemas distintos: o modelo desenvolvido por um grupo de pesquisa em parceria com a Mercedes-Benz e uma nova proposta conceitual denominada Thermal Battery Solutions (TBS). Os principais resultados demonstraram que o sistema TBS alcançou uma redução de 78,24% na massa do conjunto, aumentando a densidade de potência em 11,16 W/kg por módulo. Além disso, o sistema proposto elimina a necessidade de componentes intermediários adicionais, utilizando diretamente o fluido refrigerante R134-A, resultando em simplicidade construtiva e redução dos componentes.

Palavras-chave: Gerenciamento Térmico, Veículos elétricos, Redução de massa, Fluido refrigerante R134-A, Desnidade de potência.

I. Introdução

A crescente demanda por fontes de energia renováveis tem impulsionado o desenvolvimento dos veículos elétricos (VEs). As baterias utilizadas em veículos elétricos comerciais leves, em particular, apresentam desafios específicos, pois necessitam de alta densidade energética e segurança térmica para suportar longos ciclos de trabalho e condições operacionais exigentes [1].

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e analisar por meio de simulação computacional, um RESS para veículos elétricos comerciais leves, buscando otimizar tanto a dissipação de calor quanto garantir a eficiência da troca térmica. A pesquisa será fundamentada na revisão de métodos de modelagem térmica na aplicação prática dos softwares de simulação, e na avaliação dos resultados obtidos frente aos parâmetros de desempenho e segurança exigidos pelo mercado.

II. Metodologia

Analisou-se o sistema de arrefecimento convencional utilizado pelo grupo de pesquisa em parceria com a Mercedes-Benz, composto por 320 células LFP (LiFePO₄) organizadas em 8 módulos (configuração 10s4p) com resfriamento por água circulante em tubulação de cobre. Este sistema foi modelado

computacionalmente no software Ansys Fluent utilizando malha poliédrica de aproximadamente 2,5 milhões de elementos. A geometria deste, prevê 2 tubulações de resfriamento (0,56 kg), 320 células cilíndricas de íons de lítio (tipo 21700) (19,232 kg) e 16 chapas de alumínio (8,742 kg).

Posteriormente, propôs-se um sistema alternativo modular (TBS) que substitui as chapas de alumínio por trocadores de calor independentes para cada módulo, utilizando fluido refrigerante R134-A integrado ao sistema de ar-condicionado do veículo. A solução proposta foi submetida a simulações termodinâmicas que consideraram diferentes cenários operacionais, incluindo cargas térmicas de até 117,52 kW/m³ durante a descarga e 52,37 kW/m³ durante a carga, com velocidade do fluido refrigerante fixada em 5 m/s a 280K. Os cálculos de perda de carga, realizados mediante aplicação das equações de Darcy-Weisbach e Colebrook-White, completaram a validação da eficácia do novo sistema modular.

Para a realização das simulações no software Ansys, foram adotados parâmetros fixos para ambos os sistemas RESS, conforme descrito a seguir: o módulo utilizado foi o 10s4p, com o modelo de turbulência k-omega SST e o modelo 'Pressure-based'. A equação da energia foi considerada dentro de um regime transiente. Além disso, foi utilizado o LFP Molicel P42A/21700, com volume da célula de 2,425x10⁻⁵ m³.

III. Resultados

Os resultados da simulação do RESS do grupo de pesquisa, ilustrado pela Figura 1, observa-se uma variação de temperatura de 10K entre a parte central do RESS e a parte mais externa em direção ao trocador de calor em contato com as chapas.

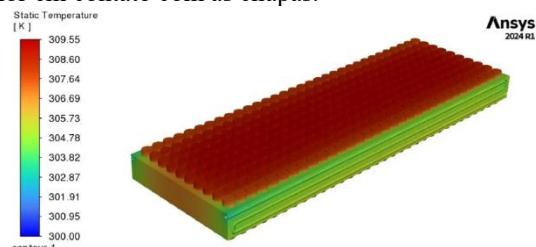


Figura 1. Resultados do contorno de temperatura REES grupo de pesquisa.

O sistema desenvolvido TBS apresentou resultados notáveis na simulação computacional, o trocador de calor apresentou alta pressão na entrada do sistema, modulado a partir vazão do fluido adequando a secção estreita dos dutos, permitindo o funcionamento do sistema, conforme Figura 2.

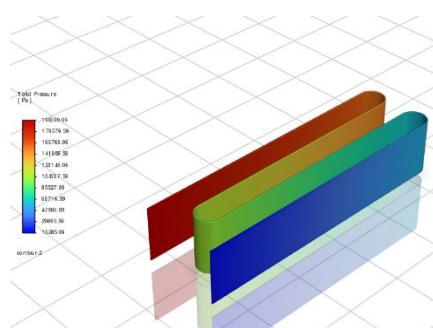


Figura 2. Pressão em sistema.

Com a alteração da temperatura para 290 K na entrada do trocador de calor e a velocidade do fluido para 0,5 m/s analisa-se um ponto crítico para funcionamento do sistema, com fornecimento mínimo de fluido no sistema em conjunto a maior carga térmica do sistema (descarga 3C), este ponto apresenta uma variação de temperatura entre a entrada e saída do fluido demonstrando que as condições de contorno no sistema de arrefecimento não suportam de maneira efetiva a carga térmica do sistema, conforme Figura 3.

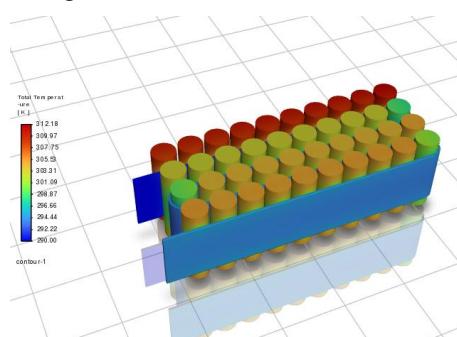


Figura 3. Simulação Ponto Crítico.

O conjunto de atualização do pacote de arrefecimento apresenta massa total de 1,903 kg, em simultâneo a retirada de 16 chapas do sistema de arrefecimento contendo 8,742 kg, resulta em uma redução de massa do sistema de 78,24% deixando o pacote de atualização apenas 21,76% da massa total das chapas retiradas do RESS, apresentando uma eficiência em otimização do peso do sistema com razão de 4,6. Apresentando massa total de 31,775 kg ao RESS TBS comparado a 38,614 kg do sistema inicial.

Densidade de potência TBS para um módulo é de 63,02 W/kg, já para o RESS do grupo de pesquisa é de 51,86W/kg, trazendo um aumento de 11,16 W/kg por módulo.

IV. Conclusões

A nova proposta do sistema de arrefecimento do RESS traz vantagens e desvantagens em relação ao sistema original estudado. O novo sistema conta com uma tecnologia embarcada mais sofisticada, trazendo consigo a possibilidade da integração do modelo de gestão térmica com os demais sistemas do veículo, demonstrando ganhos para o setor de eletrificação nacional, bem como o incentivo do estudo e desenvolvimento de tecnologias complementares.

A redução diminui a massa do veículo, além de eliminar sistema intermediário de bombeamento, reduzindo custos de manutenção, destacando o aumento da densidade de potência.

V. Referências

- [1] WU, W.; ZHU, J.; WANG, Z. Development and challenges of lithium-ion battery pack for electric vehicles: A review. Journal of Power Sources, v. 479, p. 228762, 2020.

Personalização de Prótese para Artroplastia de Joelho por Manufatura Aditiva: Análise Estrutural e Estudo Comparativo entre Polímeros e Titânio

André Sudati Mendes, Bruno Ferreira Alberti, Gabriel Pessoa da Silva, João Victor Vettorazzo Costa, Laura Sakurai Paschoal

Engenharia Mecânica

unieamendes@fei.edu.br, uniebalberti@fei.edu.br, uniesilvagabr@fei.edu.br, uniejoaocost@fei.edu.br, unielpaschoal@fei.edu.br

Orientador: Mohammad Hossein S. Yazdi

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

mshaterzadeh@fei.edu.br

Resumo: O joelho é a articulação mais complexa do corpo humano, sendo essencial para a locomoção e qualidade de vida humana. Lesões degenerativas, como a osteoartrite podem degradar essa articulação, exigindo a artroplastia total de joelho. O projeto OrthoShape Inovation desenvolve um fluxo completo – do tratamento das imagens à manufatura aditiva, para produzir uma prótese customizável, comparando polímeros (PEEK, PMMA e UHMWPE) ao titânio comercial. A proposta busca compatibilidade geométrica e redução do desconforto pós-operatório, por meio de modelagem CAD, análise de elementos finitos seguindo as normas ASTM e validação in vitro, que justifique a viabilidade mecânica dos polímeros sob carregamentos propostos em normas.

Palavras-chave: Prótese, Implante, Joelho, Simulação, Artroplastia, Impressão.

I. Introdução e Motivação

Desde 1960, a artroplastia total de joelho evoluiu significativamente até se tornar um tratamento-chave contra a dor crônica e perda de mobilidade causadas pela osteoartrite e outras doenças degenerativas. Entretanto, 20% dos pacientes ainda se mostram insatisfeitos após a cirurgia, sobretudo porque as próteses comerciais oferecem uma gama de tamanhos que podem não satisfazer as características biológicas dos pacientes. Com isso, torna-se urgente desenvolver soluções que combinem biocompatibilidade geométrica e de material, reduzam desconforto e acelerem a reabilitação.

O projeto *OrthoShape Inovation* tem como propósito criar um fluxo partindo de exames de ressonância magnética e tomografia, gerar modelos de implante customizado para o paciente e por meio da manufatura aditiva, produzir tais implantes personalizados. A pesquisa compara polímeros comumente utilizados na medicina (PMMA, UHMWPE e PEEK) ao titânio.

O objetivo geral é desenvolver uma prótese sob medida que atenda às características físicas e funcionais de cada paciente. Para isso, o projeto terá três etapas: I. Confrontar próteses comerciais com a customizada; II. Verificar a viabilidade estrutural dos polímeros como alternativa ao titânio; III. Validar os protótipos via simulação estrutural e ensaios mecânicos. Ao final, espera-se oferecer um implante mais leve, duradouro e alinhado ao contorno original do joelho, ampliando a qualidade de vida de uma população que envelhece rapidamente.

II. Metodologia

No projeto, a partir da obtenção de modelos de joelho por meio do Open Knee Project, obtém-se modelos em .stl de joelho de pacientes reais. Entretanto, para a segmentação dos arquivos gerados durante os exames, é realizada a segmentação no software 3D Slicer e conversão em arquivo .stl.

Para simulações e ensaios laboratoriais, utiliza-se as normas ASTM F1800-19 e F3210-22, que estabelecem os parâmetros, aparatos e requisitos necessários para avaliação estrutural dos implantes. A norma ASTM F3141-23, demonstra os carregamentos em implantes de artroplastia total de joelho em diversas situações que o paciente pode encontrar no dia a dia, como caminhar, correr, subir e descer escadas.

III. Resultados

Com base no modelo CAD disponibilizado pelo Open Knee Project, realiza-se a modelagem geométrica da prótese respeitando as posições e dimensões estruturas importantes do joelho, como meniscos e côndilos. No implante femoral, assim como na prótese comercial, realiza-se um corte em “V” para facilitar o encaixe e fixação. Já para o implante tibial, devido à complexidade da estrutura dos meniscos, optou-se por retirar essa estrutura e substitui-la por uma concavidade que respeite as dimensões aproximadas dos meniscos.

Após a definição da geometria, realiza-se a limpeza e simplificação do modelo CAD para o modelo CAE. Passada essa etapa, é gerado as condições de contorno

de trazendo do modelo real previsto em normas, para os modelos de simulação virtual.

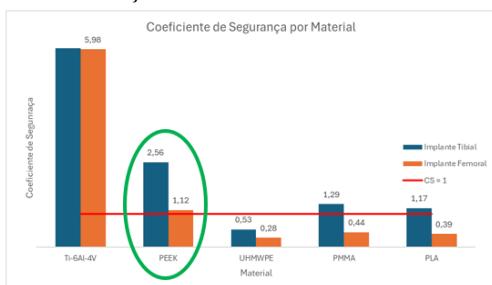


Figura 1. Resultado das Simulações

Nota-se que o único material capaz de suportar as cargas tibiais e femorais é o PEEK, uma vez que se obtém coeficiente de segurança maior do que 1 (um) em ambos os casos.

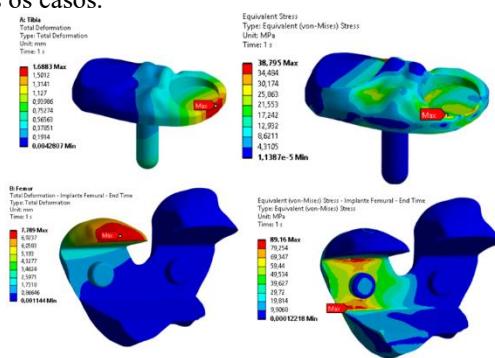


Figura 2. Contorno de Tensões e deformações

Posteriormente, realiza-se ensaios laboratoriais seguindo, mais uma vez as normativas ASTM. Devido aos altos custos de aquisição do PEEK, realiza-se o ensaio em PLA, material mais barato, com o fim de validar as simulações.

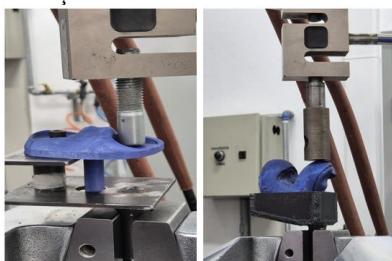


Figura 3. Ensaios Laboratoriais

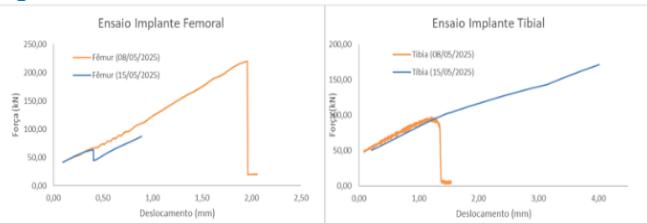


Figura 4. Resultado dos Ensaios

Visando possibilitar a padronização e replicação do processo proposto, foi desenvolvido um protocolo médico que pode ser seguido e aplicado em qualquer paciente, tendo como ponto de partida uma pré-avaliação médica e a constatação quanto a necessidade e possibilidade de implantação de uma prótese de joelho.

No protocolo, todas as etapas do processo são abordadas e detalhadas, desde a obtenção das imagens do joelho até a recuperação do paciente no pós-

operatório. O destaque principal é a etapa de tratamento da geometria, em que cortes e adaptações são realizadas a fim de se obter a geometria personalizada. Além disso, a etapa de impressão utilizando manufatura aditiva de um polímero também é um importante diferencial em relação ao padrão comercial, que utiliza majoritariamente usinagem em metais, como o titânio.

Sobre o OpenSim, com os gráficos plotados, foi possível observar o comportamento da marcha ao longo do tempo. Dessa maneira, ficou claro que o modelo com prótese apresentou maiores amplitudes angulares, o que pode ser atribuído à ausência de estruturas anatômicas naturais.

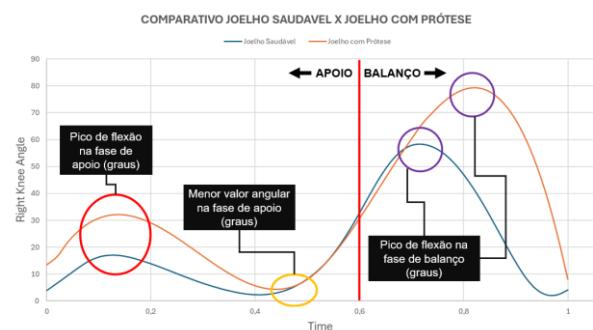


Figura 5. Resultados gait cycle opensim.

IV. Conclusões

A metodologia proposta comprovou que a combinação de segmentação de imagens, modelagem CAD, simulação ASTM e manufatura aditiva permite gerar próteses de joelho verdadeiramente personalizadas; entre os materiais testados, apenas o PEEK alcançou CS>1 sob todas as cargas normativas, mostrando-se alternativa leve e mecanicamente viável ao titânio.

V. Referências

- [1] Workforce. 2023. Disponível em: <https://aaos-annualmeetingpresskit.org/2023/downloads/research-news/AAOS-2023-Annual-Meeting-Media-Fact-Sheet-Orthopaedic-Surgeon-Workforce.pdf>.
- [2] CHOKHANDRE, Snehal; SCHWARTZ, Ariel; KLONOWSKI, Ellen; LANDIS, Benjamin; ERDEMIR, Ahmet. Open Knee(s): A free and open-source library of specimen-specific models and related digital assets for finite element analysis of the knee joint. Cleveland: Lerner Research Institute, Cleveland Clinic, 2023.
- [3] MACHADO, M. M. F. Knee joint modeling using OpenSim software. In: FLORES, P. A multibody approach to the contact dynamics: a knee joint application. 2013. Cap. 7.
- [4] OPENSIM. OpenSim Documentation and Model Library. Disponível em: <https://simtk.org/projects/opensim>.

BioSafe Transport: Capacitação do Transporte para Órgãos Vitais por Meio de Drones e com Fabricação de Compartimento Térmico para o seu Armazenamento Temporário

Giovani Bettioli Fagundes, Jair dos Santos Sousa, Raphaela Alexandrina Batista, Victor Dias Calamonaci

Engenharia Mecânica

uniegfagundes@fei.edu.br, uniejasousa@fei.edu.br, unierabatista@fei.edu.br, unievcalamonaci@fei.edu.br

Orientador: Cleber Willian Gomes

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

cwgomes@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um compartimento térmico passivo e nacional destinado ao transporte seguro de pulmões humanos, com foco na conservação da temperatura entre 2 °C e 8 °C por até seis horas, conforme exigência clínica para transplantes. A proposta surgiu diante de entraves logísticos enfrentados no Brasil, como a ausência de controle térmico adequado e a alta dependência de tecnologias importadas. A estrutura foi desenvolvida com três camadas: polietileno de alta densidade, poliuretano rígido e silicone fenil PVMQ. O desempenho do sistema foi validado por meio de modelagem tridimensional e simulações térmicas transientes. Os resultados indicaram que o compartimento é capaz de manter a estabilidade térmica mesmo sob diferentes condições ambientais. Além disso, foi avaliada sua compatibilidade com drones logísticos, como o DJI FlyCart 30, propondo uma alternativa viável e acessível ao transporte terrestre convencional. O sistema foi desenvolvido em conformidade com as normas da ANVISA, especialmente a RDC nº 66 de 2009, representando uma solução promissora para ampliar a eficiência da logística de transplantes no Brasil.

Palavras-chave: Transplante, Pulmão, Compartimento térmico, Drone, Órgãos.

I. Introdução

O transporte de órgãos vitais no Brasil enfrenta desafios logísticos críticos, especialmente no caso do pulmão, que possui uma das menores janelas de viabilidade extracorpórea e exige rigoroso controle térmico. Atualmente, o transporte terrestre ainda é o principal meio utilizado, mas está sujeito a congestionamentos, falhas operacionais e longos tempos de deslocamento. Essa realidade compromete a efetividade dos transplantes e contribui para perdas significativas de órgãos viáveis.

Diante desse cenário, este projeto propôs o desenvolvimento de um compartimento térmico passivo, portátil e de fabricação nacional, capaz de manter o pulmão humano em condições ideais de temperatura durante o transporte. A proposta tem como diferencial sua compatibilidade com drones logísticos, oferecendo uma solução alternativa ao modelo tradicional de transporte terrestre, com maior agilidade, menor custo e independência de infraestrutura urbana. O compartimento foi projetado para atender às exigências da ANVISA e da legislação aeronáutica brasileira, com o objetivo de viabilizar seu uso em operações reais de transplante em trajetos urbanos e de difícil acesso.

Órgão/Tecido	Tempo máximo de preservação extracorpórea
Córneas	Até 7 dias
Coração	4 a 6 horas
Pulmões	4 a 6 horas
Rins	Até 48 horas
Fígados	12 a 24 horas
Pâncreas	12 a 24 horas
Ossos	Até 5 anos

Tabela 1. Tempo máximo de preservação extracorpórea para diferentes órgãos e tecidos.

II. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um compartimento térmico passivo, portátil e acessível, capaz de preservar pulmões humanos entre 2 °C e 8 °C por até seis horas, atendendo aos critérios clínicos de isquemia fria e possibilitando o transporte por drones. O projeto buscou utilizar materiais simples e disponíveis no mercado nacional, garantindo um sistema de baixo custo com alta eficiência térmica. Também foi avaliada sua conformidade com normas sanitárias e aeronáuticas, além de sua viabilidade técnica e econômica frente às soluções existentes.

III. Metodologia

O desenvolvimento do projeto foi estruturado a partir de uma revisão bibliográfica e de benchmarking sobre os principais sistemas de conservação térmica de órgãos. Foram estudadas tecnologias ativas, passivas e de perfusão, bem como as exigências normativas da ANVISA, SNT, DECEA e ANAC. Após a definição dos requisitos clínicos e logísticos, foram selecionados os materiais com base em suas propriedades térmicas, resistência mecânica e compatibilidade com o uso hospitalar.

O compartimento, o órgão, o soro e o saco plástico foram modelados tridimensionalmente no software NX e submetidos a simulações térmicas transientes no Ansys.

A geometria resultante foi verificada quanto à estabilidade térmica, vedação e massa total. Por fim, avaliou-se a integração do compartimento ao drone DJI FlyCart 30, através de uma curva de desempenho gerada no Matlab considerando o peso total do compartimento e as especificações do fabricante do drone.

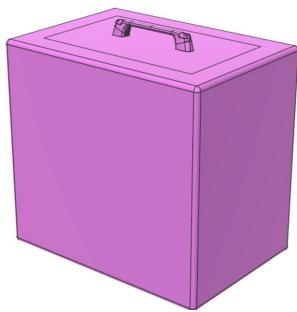


Figura 1. Vista isométrica do compartimento.

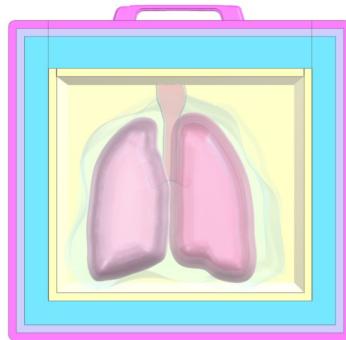


Figura 2 Compartimento em corte.

IV. Resultados

As simulações térmicas transientes indicaram que o compartimento foi capaz de manter a temperatura do pulmão dentro da faixa de cinco a dez graus Celsius por até seis horas. A estrutura multicamada formada por polietileno, poliuretano, silicone e gelo demonstrou bom desempenho no controle do gradiente térmico, mesmo sem o uso de fontes ativas de resfriamento. O comportamento térmico do sistema foi estável ao longo do tempo, com variações mínimas entre as diferentes

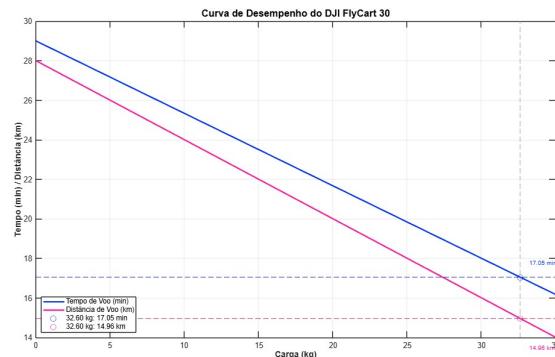


Figura 3. Curva de desempenho DJI FlyCart 30.

camadas internas. Além disso, a adaptação do compartimento ao drone logístico selecionado foi considerada viável em termos de massa e volume, demonstrando que a proposta pode ser implementada em voos reais. A análise econômica apontou que o custo de produção da solução nacional é significativamente menor do que o de dispositivos importados de alta tecnologia, tornando-a mais acessível para o sistema público de saúde.

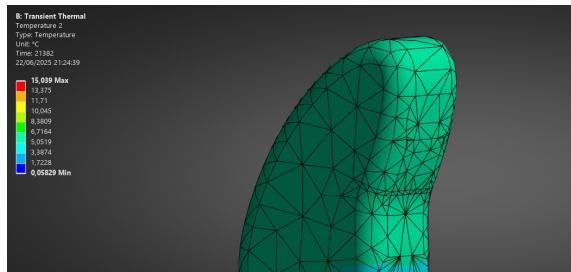


Figura 4. Resultado da simulação térmica após 6 horas

V. Conclusão

O compartimento térmico passivo desenvolvido se mostrou eficaz para a conservação de pulmões humanos durante o transporte, atendendo às exigências clínicas, sanitárias e logísticas estabelecidas por órgãos reguladores. Os resultados comprovam sua capacidade de manter a temperatura ideal por até seis horas, mesmo em ambientes com altas temperaturas externas, sem necessidade de energia elétrica ou sistemas ativos de resfriamento. A proposta oferece vantagens técnicas e econômicas relevantes, como portabilidade, baixo custo, fácil higienização e compatibilidade com drones logísticos. Com isso, representa uma alternativa promissora para ampliar o alcance do sistema nacional de transplantes, reduzir perdas por falhas no transporte e aumentar o aproveitamento de órgãos viáveis, sobretudo em regiões com infraestrutura hospitalar limitada. Sua aplicação poderá contribuir significativamente para a eficiência, a equidade e a inovação no setor da saúde pública brasileira.

VI. Referências

- [1] BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 66, de 21 de dezembro de 2009.
- [2] SILVA, R. A. da et al. Logística hospitalar no transporte de órgãos. Revista FATEC, 2019.
- [3] CARDOSO, I. Projeto PulsarVida: desafios do transporte de órgãos no Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2023.
- [4] CAMP, R. C. Benchmarking: o caminho da qualidade total. São Paulo: Makron Books, 1998.
- [5] ABTO – Associação Brasileira de Transplante de Órgãos. Relatórios e diretrizes. Disponível em: <https://abto.org.br/FAQ>. Acesso em: 16 maio 2025.
- [5] ABTO – Associação Brasileira de Transplante de Órgãos. Relatórios e diretrizes. Disponível em: <https://abto.org.br/FAQ>. Acesso em: 16 maio 2025.
- [6] DJI. FlyCart 30 – Especificações técnicas. DJI Enterprise. Disponível em: <https://www.dji.com/br/flycart-30/specs>. Acesso em: 08 abr. 2025

Agradecimentos

Agradecemos ao Dr. Flávio Pola dos Reis, cirurgião torácico do Hospital do Coração, por sua valiosa contribuição técnica e clínica ao projeto. Suas orientações quanto às necessidades reais do processo de transplante, especialmente no acondicionamento e manuseio do pulmão, foram fundamentais para o desenvolvimento de um protótipo compatível com a prática hospitalar e alinhado às exigências do transporte de órgãos.

Estendemos também nosso agradecimento à Marcela e a toda a equipe técnica dos laboratórios mecânicos da FEI, pelo suporte atencioso e comprometido durante a fase de construção do protótipo.

HEPHASSIST: Otimização e Desenvolvimento de Um Andador Ortopédico

Kleber Nicoletti Nascimento, Lucas Barreto da Silva Santos, Matheus Rey Ribeiro Sampaio Bueno, Nichollas Farkas Balog, Tharcísio Magno Andrade de Souza Santana

Engenharia Mecânica

kleber_nicoletti@hotmail.com, lucas.barreto.11@icloud.com, matheus_rey@live.com,
nichobalog@hotmail.com, tharcisio.magno@gmail.com

Orientador: Fabrizio Leonardi

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

fabrizio@fei.edu.br

Resumo: O projeto HephAssist comprehende na otimização estrutural e redesenho funcional de um andador ortopédico previamente desenvolvido pela equipe coordenada pelo Prof. Dr. Anselmo Frizera, da Universidade Federal do Espírito Santo. A estrutura original apresenta superdimensionamento, massa excessiva e limitações ergonômicas que comprometem sua eficiência e dificultam a aplicação em clínicas de reabilitação. O objetivo principal foi remodelar a estrutura, visando a redução de peso e garantindo a eficiência. Foram conduzidas análises estruturais e otimização topológica utilizando ferramentas de elementos finitos, considerando critérios normativos de engenharia mecânica. Foram realizados estudos de estabilidade ao tombamento no plano sagital da estrutura, assegurando a segurança durante a utilização. Foi sugerido um novo sistema de propulsão e bateria, por meio da seleção e dimensionamento de novos componentes mais eficientes, melhorando torque disponível e a eficiência energética. As rodas foram substituídas por modelos mais adequados, com menor resistência ao rolamento e maior durabilidade, compatíveis com o ambiente clínico. O resultado foi a elaboração de um novo modelo tridimensional em CAD, com geometrias otimizadas, integração de mecanismo para ajuste de altura, novo sistema de propulsão e novos suportes para fixação de componentes.

Palavras-chave: Andador, Otimização estrutural, Mobilidade assistida, Engenharia aplicada à saúde.

I. Introdução

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é uma das principais causas de incapacidade física no mundo, afetando milhões de pessoas com sequelas motoras permanentes. Nesse contexto, dispositivos de auxílio à locomoção, como andadores ortopédicos, têm se mostrado fundamentais no processo de reabilitação. No entanto, modelos convencionais ainda apresentam limitações significativas em termos de ergonomia, segurança, adaptabilidade e eficiência energética.

Dante disso, este trabalho tem como objetivo principal a otimização estrutural e funcional de um andador ortopédico, tomando como referência o modelo atualmente utilizado pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

A proposta abrange, principalmente, a melhoria da estrutura quanto o dimensionamento dos sistemas de propulsão e energético, visando transformar o equipamento em uma ferramenta de locomoção e, simultaneamente, de apoio à reabilitação personalizada, promovendo maior autonomia e qualidade de vida para o usuário.

II. Materiais e Métodos

A metodologia aplicada envolve uma abordagem sistemática, iniciando-se com a análise detalhada do modelo atual utilizado na UFES.

A partir desse diagnóstico, são definidas as diretrizes de projeto para o novo andador, considerando restrições espaciais, parâmetros ergonômicos e exigências normativas nacionais e internacionais.

A estrutura foi inteiramente modelada em CAD, utilizando o software *OnShape*, permitindo a modelagem tridimensional de cada componente da estrutura, incluindo motores, rodas e alojamentos eletrônicos.

A seleção dos materiais considera resistência mecânica, leveza, durabilidade e facilidade de fabricação com a finalidade de obter-se uma relação resistência/peso mais favorável, resistência à corrosão satisfatórias e também a possibilidade de solda. Para os suportes e componentes customizados, o material deverá fornecer a possibilidade de fabricação por impressão 3D, com a finalidade de reduzir custos e facilitar a manufatura para substituições rápidas em caso de desgaste dos componentes.

A avaliação estrutural foi realizada por meio de simulações computacionais no software *Ansys Workbench*, utilizando o Método dos Elementos Finitos (FEA). Inicialmente, a simulação estática foi aplicada à estrutura do modelo UFES (sem rodas), para identificar regiões de superdimensionamento e regiões críticas quanto à rigidez e estabilidade. O modelo em CAD exportado diretamente do *OnShape*, com a geometria representando todos os perfis estruturais.

Com base nos resultados obtidos, foi conduzida uma otimização topológica, visando a remoção de material excedente e a redistribuição funcional das massas. As zonas de exclusão e retenção de massa foram definidas de acordo com os carregamentos simulados.

Ensaios de resistência da nova estrutura foram realizados através de simulações no software *Ansys Workbench*, ensaios esses definidos pela norma ISO 11199-3:2005, bem como análises para se obter deslocamento total, tensão equivalente, modal, flambagem linear, deformação elástica e deformação plástica. A estabilidade ao tombamento horizontal foi obtida através de cálculos pelo método sagital, que verifica se a projeção do centro de gravidade (CG) da estrutura permanece dentro do polígono de apoio quando aplicadas forças ou cargas. As novas dimensões foram definidas de acordo com os parâmetros definidos pela pesquisa da UFES e a norma ABNT NBR 9050:2020.

III. Resultados

O projeto de otimização do andador ortopédico obteve avanços significativos no que se refere a sua estrutura, desempenho e ergonomia.

A seleção dos materiais, atenderam a norma citada, e, para obter a resistência e rigidez necessárias, foram selecionados o alumínio 6061 T6 para compor os perfis tubulares que formam a estrutura andador e o polímero PETG que será utilizado na fabricação dos componentes, tais como o alojamento das células de carga, o alojamento dos componentes eletrônicos, os apoios de antebraco e o suporte do LiDAR.

O andador original com cerca de 50 kg, foi reprojeto e substituído por um novo conjunto de 24,50 kg — uma redução de massa de 51%, o que favorece não só a sua aplicação em clínicas por ser mais leve, mas também o transporte do mesmo.

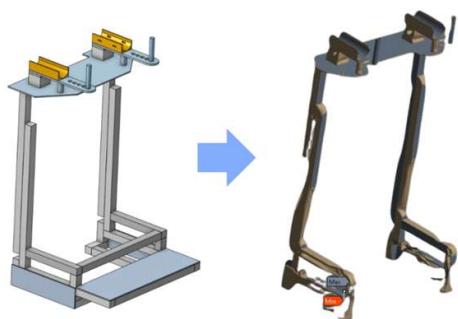


Figura 1. Resultado da otimização topológica

As análises estruturais via método dos elementos finitos avaliaram tensões, deslocamentos, modos de vibração e flambagem, com o objetivo de garantir a segurança e avaliar se a rigidez é adequada na nova estrutura. Deste forma, foi possível localizar zonas de sobre peso, otimizando a distribuição do material.

Para os testes de resistência estática, sugeridos pela ISO 11199-3, a tensão máxima encontrada nos cálculos foi de 127,41 MPa, localizada exatamente na região onde a carga é aplicada, esse resultado está abaixo do limite de

escoamento do alumínio 6061-T6, que é de 259,20 MPa. Desta forma, a estrutura apresenta um coeficiente de segurança (CS) igual a 2.

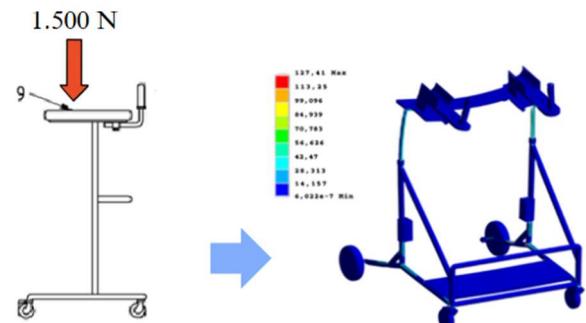


Figura 2. Resultado da simulação de tensão máxima para o andador na versão final.

A análise modal realizada sobre o andador permitiu identificar as seis primeiras frequências naturais de vibração da estrutura, que foram: 9,75 Hz, 13,65 Hz, 25,70 Hz, 35,87 Hz, 43,77 Hz e 47,34 Hz, todas elas diferente de 3 Hz da frequência de excitação causada pela marcha humana, portanto, aponta-se que não há risco de ressonância neste caso.

A análise de flambagem utilizando uma carga de 1.500 N sugerida pela norma ISO 11199-3, indicou um primeiro fator de carga crítico igual a 8,5. Isso significa que, para que ocorra a flambagem, a carga aplicada precisaria ser 8,5 vezes maior do que a carga de referência, resultando em aproximadamente 12.750 N. Considerando que, nos testes, a carga normalmente aplicada é da ordem de 60 N, conclui-se que a estrutura não oferece risco de flambagem.

No sistema de tração, novos motores com *encoders* foram selecionados, eliminando as adaptações nos eixos e viabilizando um maior controle de movimento. O novo modelo substitui o conjunto “motor e roda” por rodas trativas que já incluem o motor *hub* integrado. Com diâmetro reduzido para cerca de 168 mm, essas rodas motorizadas eliminam acoplamentos e adaptações complexas, simplificam o sistema, diminuem ruído, desgaste e oferecem uma tração mais eficiente.

A bateria escolhida para o andador otimizado foi um modelo de lítio, com 36 V e capacidade de 20 Ah, do tipo trapézio, muito utilizada em bicicletas elétricas. Essa bateria proporciona alta densidade energética, baixo peso e boa autonomia em comparação com as baterias utilizadas no modelo anterior, que apresentavam menor capacidade, maior volume e peso.

A nova estrutura apresentou estabilidade ao tombamento nos cenários em que o usuário já está em pé e apoiado no andador. Os cálculos foram realizados considerando as diferentes alturas dos usuários, 1,74 m e 1,54 m, com centro de gravidade permanecendo dentro da zona segura em todas as configurações testadas e mostrando-se mais estável comparado com a versão UFES.

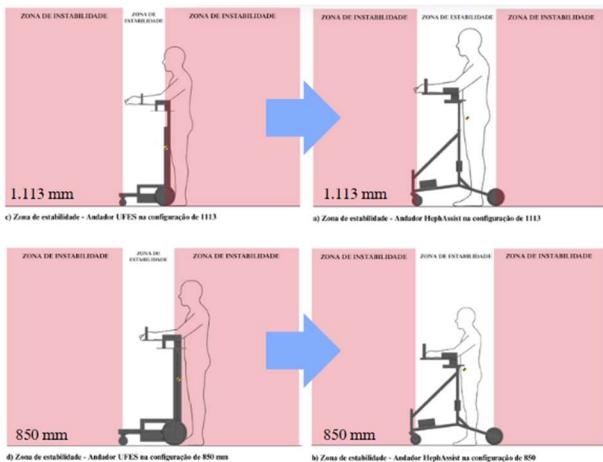


Figura 3. Comparação entre as zonas de estabilidade do andador modelo UFES e HephaAssist nas duas configurações de altura.

IV. Conclusões

A reestruturação do andador ortopédico representou um avanço significativo em relação ao modelo anterior da UFES, focando na otimização estrutural, desempenho mecânico alcançando o objetivo principal de oferecer conforto e segurança ao usuário. De acordo com os cálculos apresentados, foi possível reduzir o peso do equipamento, mantendo rigidez e estabilidade necessárias para sua aplicação.

No sistema de tração, a integração de motores com encoders embutidos e rodas com tração direta aumenta a eficiência e o controle, enquanto a atualização para baterias de íons de lítio sugerem melhora na autonomia e a segurança do equipamento. O uso de rodízios reforçados melhora a estabilidade e manobrabilidade do andador.

Além disso, a interface do usuário foi melhorada com materiais mais ergonômicos e ajustes de altura facilitados, promovendo melhor acessibilidade aos diferentes perfis de usuário.

Essas melhorias estruturais e mecânicas resultaram em um andador mais leve, robusto, seguro e confortável, cumprindo com os objetivos do projeto e oferecendo uma solução moderna e centrada nas necessidades do usuário.

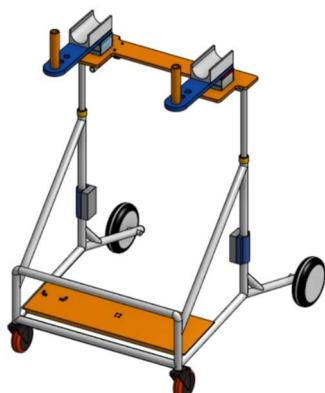


Figura 4. Andador modelo HephaAssist.

V. Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9050:2015 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- [2] ISO 11199-3:2005. *Walking aids manipulated by both arms — Requirements and test methods — Part 3: Walking tables*. International Organization for Standardization, 2005.
- [3] JIMENEZ, Mario F. et al. *Multimodal Interaction Strategies for Walker-Assisted Gait: A Case Study for Rehabilitation in Post-Stroke Patients*. Journal of Intelligent & Robotic Systems, v. 110, n. 1, p. 13, 2024.

Análise da Influência das Forças Aerodinâmicas no Comportamento Dinâmico de Carros de Alto Desempenho

Bruno Zonca Bordinassi, Gabriel Salem de Melo, Pedro Henrique Kessaris, Rodrigo Souza Nunes da Silva

Engenharia Mecânica

brunobordinassi0410@gmail.com, Gabrielsalem661@gmail.com, pedrohkessarisf@outlook.com, rodrigosouza.n.d.s@gmail.com

Orientador: André de Souza Mendes

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
asmendes@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho de conclusão de curso investiga a influência das forças aerodinâmicas, como arrasto e downforce, no comportamento dinâmico e desempenho de carros de alto desempenho, com ênfase em veículos de corrida. Através de uma revisão bibliográfica aprofundada e simulações computacionais, o estudo analisa como a otimização aerodinâmica impacta a aderência em curvas, a estabilidade em alta velocidade e a eficiência geral do veículo e o tempo de volta em pista. Os resultados demonstram a importância crítica do downforce para maximizar a tração, estabilidade e maior velocidade limite em curvas de média e alta velocidade, enquanto o controle do arrasto é essencial para atingir altas velocidades em trechos de reta e eficiência energética, contribuindo significativamente para o desenvolvimento de veículos mais seguros e competitivos.

Palavras-chave: CFD; Skidpad; Dinâmica Veicular, Laptime.

I. Introdução

A aerodinâmica tem papel fundamental no desempenho de veículos de corrida, influenciando não só a aceleração e o consumo, mas também o comportamento dinâmico. Um bom kit aerodinâmico fornece maior downforce e melhora a estabilidade em curvas segundo Mckay^[1] e Milliken^[2].

Este trabalho visa simular e validar um modelo matemático para determinar a melhor configuração aerodinâmica, com base no ângulo de ataque da asa e na carga gerada. Utilizando simulações CFD e testes experimentais, busca-se otimizar o fluxo de ar, reduzir o arrasto e aumentar a força de sustentação negativa, assegurando bom desempenho em condições reais de corrida.

II. Metodologia

Nesta seção, são descritas as três etapas da metodologia: Metodologia Matemática, com o desenvolvimento do algoritmo; Metodologia Computacional, focada nas simulações CFD; e Metodologia Experimental, que detalha os ensaios utilizados para validar o modelo e as simulações. Embora dividida em etapas, a metodologia é integrada, como mostrado no fluxograma a seguir.

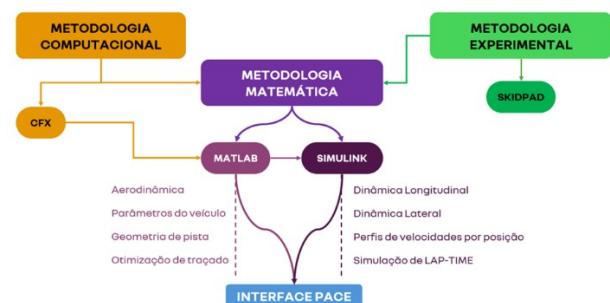


Figura 1. Fluxograma da metodologia.

Os modelos matemáticos deste trabalho caracterizam as dinâmicas longitudinal e lateral de um veículo para simular seu comportamento em circuitos de corrida. A modelagem avalia a influência aerodinâmica na performance e apoia decisões de projeto e ajustes.

A dinâmica longitudinal do veículo é descrita pela equação diferencial (1) conforme Gillespie^[3]:

$$m \cdot \ddot{x}_x = F_x - R_{total} - W \sin \theta \quad (1)$$

o arrasto R_{total} é caracterizado pela equação (2):

$$R_{total} = R_x + D_a \quad (2)$$

sendo R_x as forças de resistência ao rolamento e D_a as forças de resistência aerodinâmica que podem ser formuladas como nas eq. (3) e (4) respectivamente:

$$R_x = C_1 \cdot m \cdot g + C_2 \cdot v \quad (3)$$

$$D_a = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot C_d \cdot v^2 \quad (4)$$

Um modelo simplificado de Pacejka^[4] será utilizado para calcular a força longitudinal do pneu, considerando o coeficiente de atrito, a rigidez longitudinal e o deslizamento. A força máxima é limitada pelo atrito disponível na interface pneu-solo.

$$F_{xmax} = \mu_e \cdot F_z \quad (5)$$

$$B = C_\kappa / F_{xmax} \quad (6)$$

Fator de curvatura (C) ajusta a forma da curva de Pacejka extraída após os ensaios dos pneus sobre o dinamômetro de rolo. A equação de Pacejka simplificada para a força longitudinal é:

$$F_x = F_{xmax} \cdot \sin(C \cdot \tan^{-1}(B \cdot \text{slip ratio})) \quad (7)$$

Para determinar a velocidade máxima em curva, considera-se o limite de aderência lateral em cada eixo, levando em conta a transferência de carga e a força normal alterada pela aerodinâmica. A condição para manter o veículo na trajetória sem exceder esse limite é:

$$m \frac{v^2}{R} \leq \mu_{lat} (N_{fi} + N_{fe} + N_{ri} + N_{re}) \quad (8)$$

Isolando a velocidade máxima:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{R \mu_{lat} mg}{m + \frac{1}{2} R \mu_{lat} \rho C_L A}} \quad (9)$$

Para aprimorar a análise do comportamento do veículo na pista, foi desenvolvido um código em MATLAB capaz de segmentar o traçado em trechos de reta e curva. A segmentação baseia-se no cálculo do raio de curvatura, definido pela equação:

$$R = \frac{(d_{x_m}^2 + d_{y_m}^2)^{\frac{3}{2}}}{|d_{x_m} \cdot d_{y_m}^2 - d_{y_m} \cdot d_{x_m}^2|} \quad (10)$$

$$d_{x_m} = x_i + 1 - x_i - 1 \quad (11)$$

$$d_{y_m} = y_i + 1 - y_i - 1 \quad (12)$$

e para a otimização de traçado do veículo em pista foi utilizado com base no desenvolvimento feito por Heilmeier^[5]

As simulações foram realizadas utilizando o software Ansys, através do módulo *Fluid Flow* (CFX). O estudo foi dividido em três etapas, utilizando diferentes geometrias de veículos reais e condições operacionais.

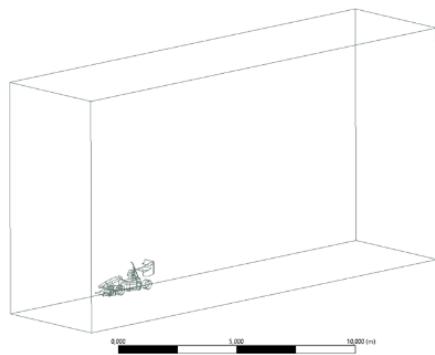


Figura 2. Representação do volume tridimensional utilizado nas simulações.

Os ensaios experimentais que têm como objetivo avaliar o gradiente de subesterçamento, o coeficiente de arrasto (C_D) e a resistência ao rolamento (C_{rr}) do veículo de competição, variando o ângulo de ataque da asa traseira.



Figura 3. Veículo RS16 com o kit aerodinâmico.



Figura 4. Veículo RS16 sem o kit aerodinâmico.

III. Resultados

A simulação apresenta uma curva suave, enquanto os dados reais exibem variações devido a fatores como irregularidades da pista e controle manual da aceleração. A menor aceleração inicial na simulação deve-se à ausência de um controle de largada otimizado, presente no teste real.

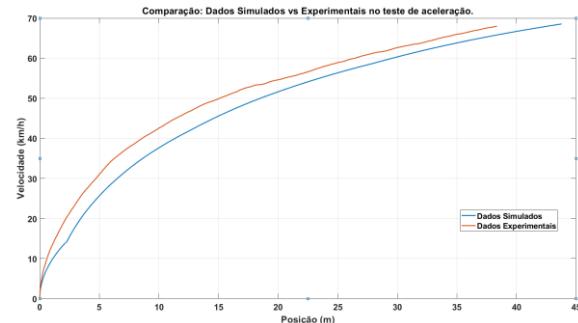


Figura 5. Validação do teste de aceleração do modelo.

A análise mostra que a velocidade máxima do veículo diminui com o aumento do coeficiente de arrasto (C_D), conforme figura 6, especialmente em valores baixos. Pequenas reduções no C_D geram grandes ganhos de desempenho, reforçando a importância da aerodinâmica no projeto de veículos, especialmente os de alta performance.

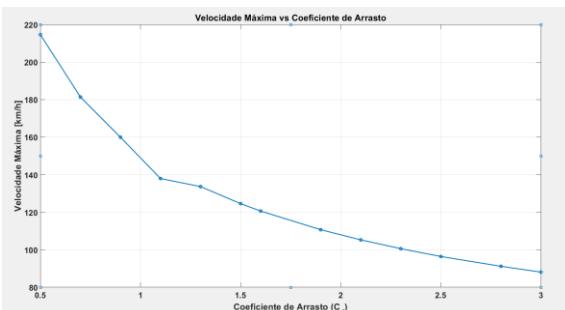


Figura 6. Teste de sensibilidade de C_d na performance do veículo.

O gráfico da figura 7 mostra que a velocidade máxima em curvas aumenta com o raio da curva e com maior downforce. O efeito do downforce é mais significativo em curvas abertas, enquanto em curvas fechadas seu impacto é limitado, indicando que a aerodinâmica é mais relevante em trechos de alta velocidade.



Figura 7. Teste de Velocidade máxima em curva. variando C_L e Raio de curva.

Para o veículo com kit aerodinâmico foi estimado o tempo de volta no circuito ilustrado na figura 8 tendo os resultados de velocidade por distância na figura 9.

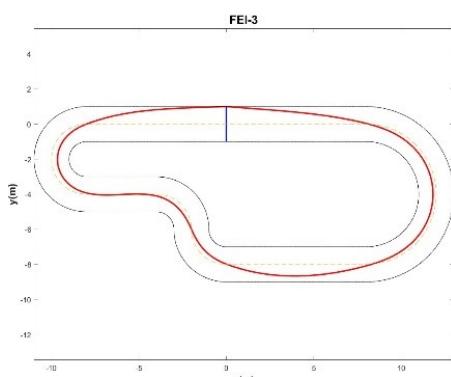


Figura 8. Circuito idealizado para simulação.



Figura 8. Gráfico de Velocidade x Distância.

IV. Conclusões

A comparação entre os dados simulados e experimentais mostraram boa concordância nas tendências gerais, com algumas diferenças quantitativas. A simulação apresenta uma curva suave, enquanto os dados reais exibem variações devido a fatores como irregularidades da pista e controle manual da aceleração. Apesar das discrepâncias, a semelhança geral valida o modelo para análises iniciais, indicando necessidade de refinamentos para maior precisão nas simulações futuras.

V. Referências

- [1] MCKAY, Noah J.; GOPALARATHNAM, Ashok. The effects of wing aerodynamics on race vehicle performance. SAE Transactions, v. 111, p. 2254-2263, 2002.
- [2] Milliken, W. F., & Milliken, D. L. (1995). Race Car Vehicle Dynamics. SAE International.
- [3] Gillespie, T. D. (1992). Fundamentals of Vehicle Dynamics. SAE International.
- [4] Pacejka, Hans B., and Igo Besselink. *Tire and Vehicle Dynamics*. 3rd. Engineering Automotive Engineering. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2012.
- [5] Heilmeier, Alexander et al. Minimum curvature trajectory planning and control for an autonomous race car. Vehicle System Dynamics, [S.l.], 2019. DOI: 10.1080/00423114.2019.1631455.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os professores do Centro Universitário FEI, que tenham de qualquer forma contribuído para nosso aprendizado e formação como engenheiros.

Aos nossos pais, familiares e amigos, que sempre estiveram juntos de nós, apoiando, incentivando e acreditando no nosso potencial, mesmo em meio a todas as dificuldades e obstáculos.

Ao Centro Universitário FEI, pelo apoio e fornecimento de todas as ferramentas necessárias ao longo de todo o curso.

A Equipe Fórmula FEI pelo empréstimo do equipamento e de todo o apoio dos membros para a elaboração dos ensaios.

BARS – Estudo de Viabilidade de um Sistema de Refrigeração por Absorção com Brometo de Lítio e Água para Cabines de Microônibus Diesel

Daniel Kenji Shigetomi Vieira, Kim Sobrinho D'Assumpção, Lucas Caselli, Marcelo Oliveira Rodrigues, Wellerson Sampaio de Oliveira Souza

Engenharia Mecânica

dkshigetomi@gmail.com, kim.0006@outlook.com, lucas.caselli25@gmail.com,
marcelo.oliveirarod@gmail.com, wellerson.sampaio97@gmail.com

Orientador: Fernando Fusco Rovai

Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
ffusco@fei.edu.br

Resumo: Este projeto tem como objetivo validar, por meio de simulações computacionais, um sistema de refrigeração por absorção para cabines de micro-ônibus com motor diesel, utilizando o par brometo de lítio e água como fluido refrigerante. Foram realizadas análises para dimensionamento matemático, modelagem dos componentes e simulações comparativas de desempenho térmico, potência e consumo, além da construção de uma bancada didática. A validação foi feita por equacionamentos termodinâmicos no EES e simulações CFD no gerador e absorvedor, englobando a avaliação da viabilidade de implementação e a aderência às normas técnicas para sistemas de refrigeração.

Palavras-chave: Absorção; Brometo de lítio; Eficiência; Refrigeração.

I. Introdução

O conjunto de motores a combustão interna enfrenta um período de transição impulsionada pela demanda global por veículos mais eficientes e com menor impacto ambiental, mas enfrenta desafios como a infraestrutura insuficiente para a eletrificação de veículos e investimentos em melhorias de eficiência e potência com resultados não tão satisfatórios.

Atualmente, os motores a combustão interna apresentam um rendimento relativamente baixo, variando entre 20% e 40%, dependendo da tecnologia do motor e das condições de operação. Um dos principais fatores que afetam a eficiência é o uso do ar-condicionado, especialmente em países de clima tropical, como o Brasil. O compressor do sistema de ar-condicionado, ao ser acionado, é alimentado pela energia do virabrequim, diminuindo a potência útil disponível para a locomoção do veículo. Estudos indicam que, ao ligar o ar-condicionado, pode-se perder entre 5% e 10% da potência total do motor, o que reduz proporcionalmente o rendimento.

Segundo Carvalho [1], sistemas de ônibus e microônibus correspondem a 60% das viagens motorizadas na malha urbana de grandes centros urbanos brasileiros e considerando as extensões de percurso total de veículos a diesel, transporte público em sua maioria, duas vezes maior que a de automóveis de passeio, chega-se a 27,2% das emissões totais na atmosfera, também em grandes centros urbanos brasileiros.

Visando atenuar os efeitos do desperdício de potência útil do motor e reduzir a emissão de CO₂ na atmosfera, propõe-se a construção de um protótipo de um ciclo de refrigeração por absorção didático, que simule a fonte de calor através de uma resistência. A proposta é aproveitar o calor residual gerado pelo motor, que de outra forma seria desperdiçado, para alimentar um ciclo de refrigeração real. Isso se alinha com o objetivo de aumentar a eficiência energética dos veículos movidos a combustão.

Espera-se que, com os estudos feitos neste trabalho, tenha um incentivo para o desenvolvimento dessa tecnologia de refrigeração, tornando-a algo acessível para todos em algum dia no futuro.

II. Materiais e Métodos

A metodologia envolveu dimensionamentos sistemáticos do ciclo de absorção, além de sua adaptação para implementação em veículos utilizando o software EES. Além disso, foram feitas simulações computacionais para validar e complementar os dados.

Esta seção apresenta os procedimentos adotados para o dimensionamento térmico, a modelagem teórica do ciclo de refrigeração por absorção e as definições construtivas necessárias para viabilizar a construção futura de um protótipo funcional. O estudo incluiu o cálculo da carga térmica da cabine de um micro-ônibus, levando em conta fatores como radiação solar, ocupação interna e perdas por janelas.

Com base nessa demanda térmica, foram modelados os principais componentes do ciclo - evaporador, condensador, regenerador, absorvedor, gerador e dispositivos de expansão - utilizando propriedades termodinâmicas da solução LiBr-H₂O, dados de referência e simulações teóricas.

Também foram realizadas simulações CFD nos componentes do gerador e absorvedor, para analisar a distribuição de velocidade, temperatura e densidade dos fluxos, contribuindo para a compreensão do sistema e possíveis otimizações.

Posteriormente, com o objetivo de entender o comportamento da mistura (Água + Brometo de Lítio), promoveu-se um experimento no laboratório de química do campus, assim, chegou-se em parâmetros como taxa de absorção, concentração e temperatura de cristalização.

Por fim, foram definidos os critérios para seleção de equipamentos, dispositivos e materiais visando a futura construção de uma bancada didática, que poderá validar o desempenho do sistema em condições reais.

III. Resultados

A. Simulações no AVL

Para quantificar os ganhos gerados pelo ciclo no cenário proposto, foi utilizado um software para simulações automobilísticas, o AVL.

Com os dados do micro-ônibus e dos ciclos, foi simulado dois trajetos, um de rodovia e outro de cidade, com o objetivo de obter a diferença de consumo de combustível. Como resultado, tem-se o valor economizado pela redução do consumo e a contribuição para o meio ambiente quantificada em crédito de carbono.

Para a condição de rodovia, os resultados não foram expressivos. Isso porque, em porcentagem, o acréscimo em potência causado pelo compressor é baixo quando comparado à exigência no motor para manter altas velocidades. Porém, para a condição de cidade, os resultados tiveram relevância. Isso devido a velocidades é baixa e algumas paradas durante o percurso. A tabela I representa esses valores.

Tabela I. Resultados de consumo e crédito de carbono na condição de cidade

ΔConsumo	1,85 L/100km
Economia em combustível	R\$: 1.200 a cada 10.000 km
Geração de Crédito de carbono	1 a cada 16.890 km

B. Modelagem do ciclo

Para a modelagem dos componentes a Primeira Lei da Termodinâmica, adaptada de acordo com as hipóteses simplificadoras, foi empregada, (1). Para os trocadores de calor presentes no ciclo, através do Nusselt, obteve-se o coeficiente de convectivo, em (2), parâmetro de extrema

relevância para aquisição do coeficiente global de troca de calor.

$$\Delta E = \sum m_e h_e - \sum m_s h_s \quad (1)$$

$$Nu = (h*D)/k \quad (2)$$

De acordo com o raciocínio empregado e comparando os resultados para um sistema de compressão padrão e o ciclo de absorção e tomando como base as mesmas hipóteses simplificadoras, obtiveram-se os resultados presentes nas tabelas II e III, respectivamente.

Vale destacar que todos o ciclo de absorção foi modelado a partir de uma fonte de calor de 8 kW no gerador, possibilitando uma carga térmica de 2 kW no evaporador, logo, foi adotado 2 kW no evaporador para cálculos efetuados para o ciclo de compressão de vapor.

Tabela II. Cargas térmicas nos componentes de um ciclo de compressão padrão.

Parâmetros	Resultados
COP	2,22
$Q_{condensador}$	2,6 kW
$Q_{evaporador}$	1,8 kW
W_{ideal}	0,6 kW
W_{real}	0,8 kW
$m_{vazão}$	60,4 kg/h

Tabela III. Cargas térmicas nos componentes de um ciclo de absorção.

Parâmetros	Resultados
COP	0,7436
$Q_{absorvedor}$	2,1 kW
$Q_{condensador}$	1,8 kW
$Q_{evaporador}$	1,7 kW
$Q_{gerador}$	2,3 kW
$Q_{regenerador}$	1,2 W
W_{bomba}	0,13 kW
$m_{vazão}$	2,64 kg/h

Os resultados mostram viabilidade, a partir de conceitos teóricos, de tal forma que para uma mesma carga de resfriamento da cabine, foram obtidos valores possíveis de se chegar a partir de gases de escape saindo, na região, a temperaturas de 120 °C em condições de rodovia [2].

C. Análises computacionais.

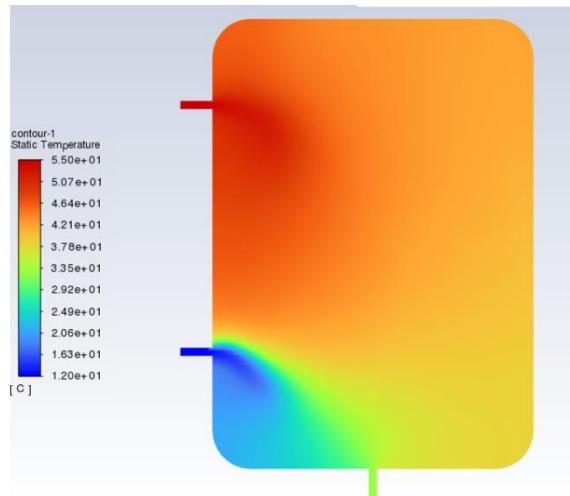
Para validar o funcionamento do fenômeno da absorção, foram realizadas duas simulações computacionais sendo uma do absorvedor e outra gerador com as condições de projeto. Para essas simulações, foram adotadas hipóteses simplificadoras para validar o cálculo analítico e comparar resultados.

Para estas hipóteses, foram adotados regime permanente e simulação não multifásica, pois além do gasto computacional de simular as mudanças de fases e diferentes fluidos interagindo entre si, há o gasto computacional que deve ser levado em consideração.

Para o absorvedor, foi considerado duas entradas sendo uma de água a 55°C e outra de vapor d'água a 12°C

proveniente do evaporador. A temperatura de saída calculada foi de 35,6°C e com a simulação foi atingida temperatura de 33°C (conforme figura 1) o que mesmo com as simplificações a simulação está coerente com os cálculos analíticos.

Figura 1. Mapa de Temperatura do Absorvedor

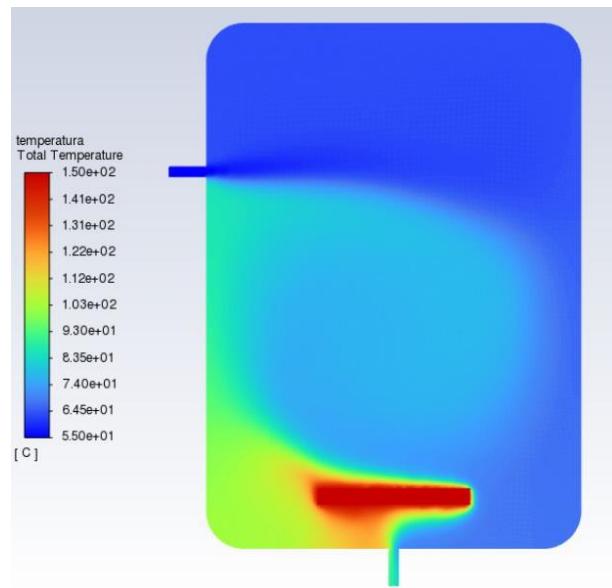


Para o gerador, além de adotar as mesmas hipóteses simplificadoras do absorvedor, foi considerada nesse componente uma entrada e uma saída com fonte interna de calor simulando os gases do escapamento, portanto, para essa adaptação, foi aplicada uma resistência térmica dentro do gerador.

De acordo com o dimensionamento analítico, a temperatura de entrada com solução rica em LiBr-H₂O obteve valor de 55°C, a temperatura de saída apresentou valor de 80°C, portanto, essa temperatura seria suficiente para evaporar o fluido dentro do gerador para que ele vá até condensador em forma de vapor.

A análise apresentou valor de 87°C conforme imagem 2, com isso é possível notar que com essa temperatura o fluido já estaria no estado de vapor, dessa forma é possível comparar os resultados dos cálculos analíticos e computacionais e validar o fenômeno da absorção.

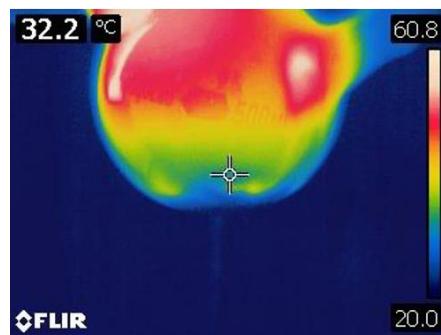
Figura 2. Mapa de Temperatura do Absorvedor



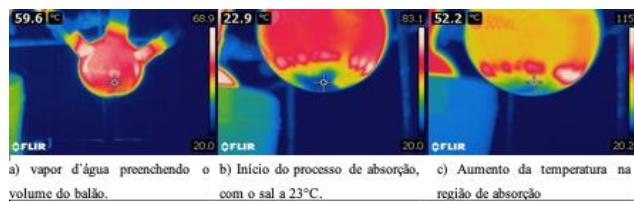
D. Experimento com Brometo de Lítio e Água.

O experimento teve início quando a água começou a ferver e evaporar, durando 18 minutos (das 20h49 às 21h07). A marcação dos parâmetros começou ao surgirem bolhas e condensação no segundo balão. Inicialmente, o sal estava a cerca de 30 °C e o vapor entrava a aproximadamente 60 °C, conforme mostrado na figura 3.

Figura 3. Foto térmica do vapor d'água preenchendo o vaso com o brometo de lítio.



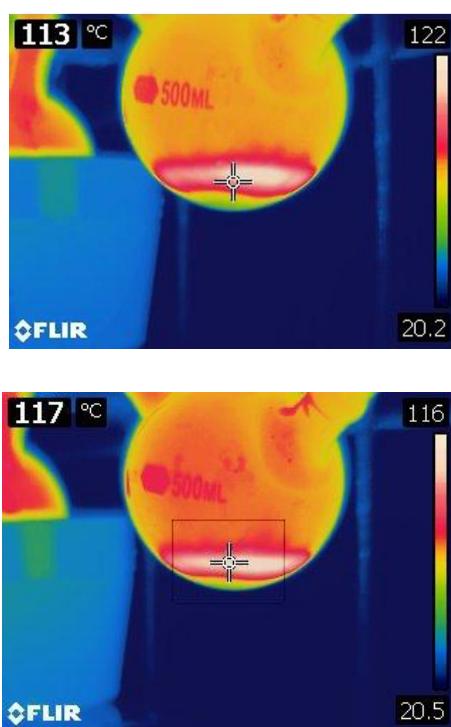
Com o tempo, a temperatura ao redor do recipiente aumentou, favorecendo a solubilidade do brometo e iniciando o processo de absorção, visível na figura 4, partes a, b e c.

Figura 4. Variação de temperatura durante o experimento.

Por se tratar de uma reação exotérmica, foi possível observar a liberação de calor com o aumento da temperatura na região, evidenciando de forma clara a distribuição do brometo de lítio, conforme ilustrado na Figura 5.

Um dos objetivos do experimento era identificar a concentração e a temperatura em que ocorreria a cristalização do sal, uma característica crítica para a operação do sistema. O processo de cristalização foi registrado a 117 °C, como mostrado na Figura 6. A imagem revela o aumento da temperatura na região acima do sal, indicando que, após a cristalização, o vapor d'água deixou de ser absorvido.

A cristalização ocorreu quando a solução se tornou supersaturada, pois no início do teste o sal estava completamente seco. Isso foi feito de forma intencional para que a solução atingisse a saturação e o sal cristalizasse, permitindo analisar esse comportamento.

Figura 5. Região de alocação do sal e sua variação.**Figura 6.** Momento em que o sal cristaliza a 117°C.

A tabela IV fornece os resultados obtidos após o término do teste.

Tabela IV. Resultados colhidos a partir do experimento.

Taxa de absorção ($m_{absorvida}$)	0,01372 $\left[\frac{g}{s}\right]$ ou 0,00001372 $\left[\frac{kg}{s}\right]$
Tempo de experimento (Δt)	17 minutos
Massa inicial de sal ($m_{initial}$)	100 [g] ou 0,1 [kg]
Massa final de sal (m_{final})	114,96 [g] ou 0,115 [kg]
Concentração de sal ao cristalizar	0,87
Temperatura da solução ao cristalizar	117°C
Temperatura inicial do sal	20°C
Taxa de absorção ($m_{absorvida}$)	0,01372 $\left[\frac{g}{s}\right]$ ou 0,00001372 $\left[\frac{kg}{s}\right]$

E. Interface entre escapamento e gerador

Para direcionar parte do calor dos gases de exaustão para o gerador do projeto BARS, a conexão realizada entre o escapamento e o gerador tem por finalidade utilizar uma configuração de montagem que favorece a troca térmica e redução na perda de carga, portanto, foi apresentada uma configuração de interface entre os dois componentes conforme figura 7.

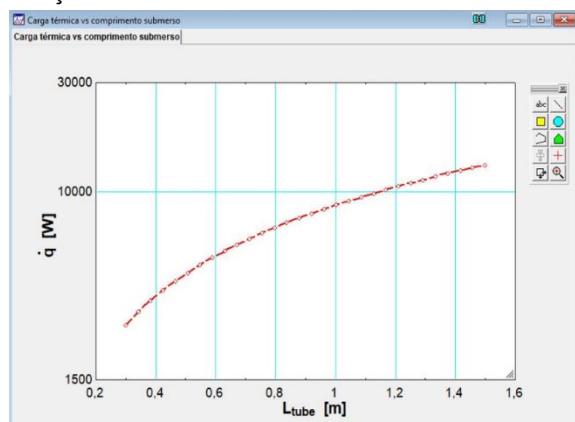
Figura 7. Esquemático da conexão escapamento/gerador

Essa interface de conexão entre os dois componentes permite o contato direto entre a carcaça do escapamento submerso na solução que está estática. Para os cálculos, utilizou-se de uma biblioteca externa do EES, cujo solver tem seu portfólio de cálculo para convecção natural em cilindros horizontais.

Para o escoamento interno, foi utilizado também a biblioteca do solver do EES que considera tubos cilíndricos para os cálculos. Os gases de escape foram tratados como gás ideal, com propriedades próximas às do ar. Com base em dados experimentais obtidos por sensores, considera-se uma vazão volumétrica de 0,2 m³/s e uma temperatura média de 200 °C durante as condições típicas de operação de acordo com Ranieri [2]

De acordo com os cálculos segundo o EES, a modelagem apresentada permitiu a apresentação de um gráfico que representa a variação da carga térmica em função do comprimento de duto, portanto, a carga térmica atinge aproximadamente 23 kW para um comprimento de 1,44 m, enquanto o valor mínimo, próximo de 1,6 kW, é registrado para 0,30 m de tubo submerso conforme figura 7.

Figura 7. Variação da carga térmica de acordo com o aumento do comprimento de tubo submerso na solução



Para a perda de carga, os resultados obtidos apresentaram valores inferiores a 1 kPa (0,01 bar), ao longo de toda faixa de comprimentos analisada. Esse valor é pequeno em relação as pressões médias de operação de sistemas turboalimentados, que normalmente ultrapassam valores de 50 kPa (0,5 bar) conforme figura 8.

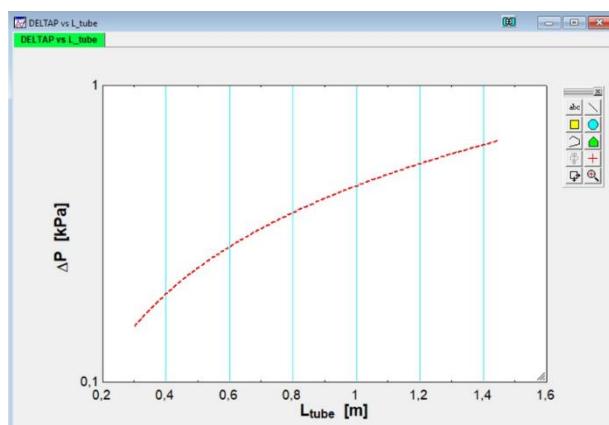


Figura 8. Perda de carga de acordo com o comprimento do tubo helicoidal dentro do gerador.

IV. Conclusões

Este trabalho apresentou um estudo sobre o desenvolvimento e a análise de um sistema de refrigeração por absorção utilizando brometo de lítio, com foco na viabilidade técnica. Por meio de simulações computacionais, ensaios em laboratório e da elaboração de uma maquete didática, foi possível evidenciar o potencial do ciclo de refrigeração por absorção proposto na redução do consumo de combustíveis fósseis e das emissões de gases poluentes geradas pelos escapamentos de um micro-ônibus equipado com motor diesel de 2,8 litros.

Os resultados obtidos indicaram economia de combustível em condições urbanas (1,85 litros a cada 100 km) e rodoviárias (0,5 litros a cada 100 km), além de impacto positivo na geração de créditos de carbono. As simulações CFD validaram o desempenho térmico e as trocas de calor nos principais componentes do ciclo, comprovando a viabilidade técnica do sistema e evidenciando oportunidades de aprimoramento, especialmente no dimensionamento do gerador e do absorvedor.

Entre os principais ganhos do projeto, destacaram-se a reutilização eficiente do calor residual dos gases de combustão e a redução dos impactos ambientais associados ao uso de combustíveis fósseis. Assim, este trabalho contribuiu para o avanço da tecnologia de refrigeração por absorção aplicada à climatização em veículos com motorização diesel, ao aliar eficiência energética e sustentabilidade. O sistema proposto apresentou-se como uma alternativa tecnicamente viável na busca por soluções que colaborem para a redução das emissões de poluentes, especialmente em aplicações veiculares, considerando o contexto atual de crescente demanda por soluções sustentáveis.

V. Referências

- [1] CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Emissões relativas de poluentes do transporte urbano. IPEA – boletim regional, urbano e ambiental, 2011, p. 123-139, Jun. 2011^a.
- [2] RANIERI, Mario A. et al. *Análise de um Sistema de refrigeração por absorção utilizando a energia rejeitada pela exaustão e arrefecimento em um motor de combustão interna*. Orientador: Cyro Albuquerque Neto, 2017. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2017.

Engenharia de Produção

A Importância da Gestão de Experiência do Cliente em Pequenas e Médias Empresas para Gerar Fidelização

André Alves de Oliveira, Vinicius Carvalho Costa

Engenharia de Produção

unieandreolive@fei.edu.br, vinicius.costa00@hotmail.com

Orientador: André Luiz Teixeira

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

andre.teixeira@fei.edu.br

Resumo: Pequenas e médias empresas (PMEs) enfrentam o desafio de fidelizar seus clientes. Nesse contexto, a Experiência do Cliente (CX) surge como uma possibilidade para gerar diferenciação e fortalecer o vínculo com o consumidor ao longo de sua jornada de interação com a marca. Este Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo analisar como o mapeamento da jornada do cliente pode ser utilizado para identificar pontos de melhoria e aplicar ações práticas que resultem no aumento da fidelidade, especialmente por meio da recomendação espontânea dos clientes. A metodologia adotada envolveu a observação dos pontos de contato entre clientes e a academia, a análise de comentários espontâneos coletados através da aplicação da pesquisa *Net Promoter Score* (NPS), que revelou um índice inicial de 39 pontos. Com base nesse diagnóstico, foram elaboradas e implementadas melhorias. Após 90 dias de implementação, uma nova medição do NPS foi realizada, atingindo 52,67 pontos. Conclui-se que, mesmo em PMEs, com recursos mais limitados, é possível promover mudanças significativas por meio de uma gestão centrada no cliente.

Palavras-chave: Experiência do cliente, Fidelização, Pequenas e Médias Empresas, *Net Promoter Score*, Ações de Melhoria.

I. Introdução

A CX refere-se à percepção formada com base em todas as interações entre consumidor e empresa ao longo da jornada [1]. A gestão dessa experiência permite compreender sentimentos, comportamentos e necessidades dos clientes, contribuindo para entregas mais alinhadas às suas expectativas [1], [2]. O mapeamento da jornada do cliente é uma ferramenta importante nesse processo, pois permite visualizar como a experiência é percebida em cada ponto de contato [2]. Para medir esse relacionamento de forma objetiva, uma das ferramentas mais utilizadas é o NPS, desenvolvido por Reichheld, que avalia o grau de lealdade com base na disposição do cliente em recomendar a empresa a outras pessoas [3]. Com esse apoio teórico e metodológico, este trabalho buscou investigar como a gestão da experiência do cliente pode influenciar na fidelização, por meio de um estudo de caso realizado na Academia Maverick, localizada em Mauá-SP, utilizando o NPS como instrumento de avaliação.

II. Objetivos

Este trabalho teve como objetivo principal investigar de que forma a gestão da experiência do cliente influencia na fidelização em PMEs. Para isso, foram definidos três objetivos específicos: mapear os pontos de contato da jornada do cliente, implementar ações de melhoria com base nas necessidades

identificadas e mensurar o impacto dessas mudanças por meio da comparação dos resultados obtidos no NPS antes e depois da aplicação das intervenções.

III. Metodologia

A pesquisa foi classificada como aplicada, com abordagem mista e caráter exploratório. O procedimento técnico adotado foi o estudo de caso único. A coleta de dados foi realizada em duas etapas. Na primeira, aplicou-se um questionário on-line com a pergunta do NPS, respondido pelos alunos da academia. Em paralelo, foram feitas observações diretas no ambiente da empresa e análise dos comentários abertos do NPS. Essas informações foram utilizadas para o mapeamento da jornada do cliente, seguindo o modelo proposto por Richardson [2]. Com base nesse diagnóstico, foram definidas e implementadas ações de melhoria com foco em baixo custo e rápida execução. Após 90 dias, uma nova pesquisa NPS foi aplicada para fins comparativos.

IV. Resultados

A primeira medição do NPS, realizada antes da implementação das melhorias, apresentou um resultado de 39 pontos, com 46% de promotores, 41% de neutros e 13% de detratores. Esse valor foi utilizado como linha de base para avaliar o nível de lealdade dos clientes. Em paralelo, foram analisados os comentários abertos da pesquisa, realizadas observações presenciais e

construída uma persona representativa do público. Com base nesses insumos, foi elaborado o mapeamento da jornada do cliente, identificando os principais pontos de contato e os momentos mais críticos da experiência. Entre os problemas mais citados estavam a falta de orientação no uso dos aparelhos, superlotação nos horários de pico, ausência de retorno sobre os professores, dificuldade para apoiar o celular durante os treinos e atrasos na manutenção dos equipamentos. Os comentários dos detratores reforçaram essas percepções, revelando frustrações ligadas à autonomia no treino, à desorganização e à sensação de descaso com o ambiente. Com base nesse diagnóstico, foram implementadas sete ações com foco em baixo custo e rápida execução: inclusão de *QR Codes* nos aparelhos de musculação com vídeos explicativos, reorganização dos horários das aulas coletivas, criação de um sistema de avaliação contínua dos professores, instalação de suportes para celular nos equipamentos, reforço da manutenção preventiva dos aparelhos, criação de turmas ao ar livre e estruturação de um sistema para gravação de treinos com o auxílio dos profissionais da academia. Noventa dias após a aplicação das melhorias, uma nova pesquisa foi realizada com o mesmo público. O resultado do NPS subiu para 53 pontos, com 59% de promotores, 35% de neutros e apenas 6% de detratores. Essa variação representou um aumento de 14 pontos no indicador de lealdade. Além dos dados quantitativos, os comentários da segunda pesquisa passaram a destacar positivamente a atenção dos professores, a facilidade no uso dos aparelhos por meio dos *QR Codes*, a organização dos horários e o conforto trazido pelos suportes de celular. Também foram mencionadas de forma espontânea a melhoria no ambiente geral e a valorização das novas iniciativas, como as turmas externas e os vídeos explicativos. Os resultados demonstraram que os ajustes realizados com base no diagnóstico da jornada foram percebidos e bem recebidos pelos alunos.

V. Conclusão

A pesquisa demonstrou que a gestão da experiência do cliente pode influenciar positivamente na fidelização em pequenas e médias empresas. As ações implementadas, mesmo sendo de baixo custo e fácil execução, geraram resultados expressivos na percepção dos alunos e no aumento do NPS. O uso do mapeamento da jornada foi essencial para identificar os principais pontos de atrito e direcionar as melhorias. A comparação entre os dois momentos de medição evidenciou que a escuta ativa do cliente, aliada a ações práticas, pode gerar valor percebido e fortalecer o vínculo com a marca. A partir dos resultados obtidos, fidelizar seus clientes. Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se a aplicação da mesma metodologia em outros setores e a análise dos resultados em prazos mais longos.

VI. Referência

- [1] Lemon, K.N.; Verhoef, P.C. *Understanding customer experience throughout the customer journey. Journal of Marketing*, v. 80, 2016, p. 69-96.
- [2] Richardson, A. *Understanding customer experience*. Harvard Business Review, 2010.
- [3] Reichheld, F.F. *The one number you need to grow*. Harvard Business Review, v. 81, 2003, p. 46-54.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente às nossas famílias, pelo apoio incondicional ao longo da nossa trajetória acadêmica, sempre presentes nos momentos mais desafiadores com palavras de incentivo e confiança. Aos nossos amigos, que contribuíram com apoio emocional, companheirismo e incentivo durante toda a graduação. Agradecemos também à Academia Maverick, por permitir a realização do estudo de caso e colaborar com informações e abertura necessárias para o desenvolvimento deste trabalho. Estendemos nosso agradecimento aos professores do curso de Engenharia de Produção, que contribuíram significativamente com conhecimento técnico e reflexões importantes ao longo da formação..

Implementação de Técnicas de *Machine Learning* na Previsão de Demanda para Suporte à Gestão de Estoques de um e-Commerce

Augusto Bosco Gomes, Giovanna F B do Nascimento, Guilherme Gomes da Silva

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo

unieagomes@fei.edu.br , uniegionascimento@fei.edu.br , unieguilhersilva@fei.edu.br

Orientador: Prof. Me. Marcelo Kioti Fugihara

Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

mfugihara@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho analisa os ganhos obtidos com a aplicação de técnicas de análise de dados e machine learning na gestão de estoques de um *e-commerce* que atua no Mercado Livre. Foram testados modelos de previsão de demanda no *Forecast Pro*, sendo o machine learning o mais preciso. A partir das previsões, calcularam-se parâmetros como EOQ, ponto de reposição e estoque de segurança. Os resultados mostraram redução de custos e maior eficiência logística.

Palavras-chave: Gestão de estoques; Previsão de Demanda; *Machine Learning*.

I. Introdução

No cenário competitivo do comércio eletrônico, a gestão de estoques se destaca como um dos principais desafios para empresas que buscam eficiência e controle operacional. Com o crescimento acelerado do setor e o aumento da complexidade logística, torna-se essencial adotar ferramentas que permitam decisões mais estratégicas. Nesse contexto, técnicas de análise de dados e *machine learning* ganham destaque por melhorarem a acurácia das projeções, reduzirem custos e otimizarem o capital em estoque.

Transformar dados históricos em informações estratégicas permite prever padrões de consumo e ajustar o inventário conforme as demandas do mercado. Segundo Silva *et al.* (2021), o uso de modelos analíticos favorece o equilíbrio entre atendimento e custo. Já o *machine learning* se diferencia por aprender continuamente com os dados, como afirma Mitchell *et al.* (1997), sendo especialmente útil em contextos de alta variabilidade, como o *e-commerce*.

Este trabalho aplica técnicas de previsão de demanda baseadas em *machine learning*, comparando-as a métodos tradicionais como média móvel e suavização exponencial no software *Forecast Pro*. A análise foi realizada com dados de uma loja de utensílios domésticos atuante no Mercado Livre, maior *marketplace* da América Latina. Considerando a diversidade de SKUs e a oscilação da demanda, foram avaliados parâmetros como ponto de reposição, estoque

de segurança e EOQ, demonstrando como análise de dados pode tornar a gestão de estoques mais eficiente e alinhada às exigências do ambiente digital.

II. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo geral investigar o potencial de aprimoramento na gestão de estoques de um *e-commerce* que opera por meio da plataforma Mercado Livre, a partir da aplicação de técnicas de modelagem de dados e algoritmos de *machine learning* para previsão de demanda, aliados a conceitos teóricos consolidados sobre controle de inventário.

A. Objetivos Específicos

- Analisar as características do *e-commerce*, incluindo o histórico de vendas, e mapear os fluxos atuais de previsão de demanda e gestão de estoques adotados pela empresa;
- Aplicar técnicas de modelagem de dados para realizar a previsão da demanda de produtos;
- Avaliar os impactos da aplicação de técnicas de previsão de demanda na gestão de estoques.

III. Metodologia

Para o presente trabalho, a finalidade e o contexto o caracterizam como uma pesquisa aplicada e de campo, uma vez que o objetivo é simular a implementação de ferramentas de *machine learning* para aprimorar a

previsão de demanda e a gestão de estoques da loja, avaliando de que modo a utilização dessas tecnologias pode contribuir para a melhoria desses processos.

Foi necessário coletar dados de uma empresa que opera no ramo de comércio *online* na plataforma do Mercado Livre. Entre os dados mandatórios para a realização da análise encontram-se o portfólio de produtos comercializados e histórico de demanda.

Tabela I. Portfólio de Produtos comercializados

Category	Costumer	SKU
Toalhas	2014	2014 - 4
Toalhas	2014	2014 - Alpes
Toalhas	2014	2014 - Bco
Toalhas	2014	2014 - Gris
Toalhas	2014	2014 - Purpura
Toalhas	2014	2014 - Terracota
Toalhas	2017	2017 - Bco/Tca
Toalhas	2017	2017 - Fdi/Vde
Toalhas	2017	2017 - Fdi/Bco
Toalhas	2017	2017 - Vde/Bco
Toalhas	2017	2017 - Fdi/Tca
Toalhas	2017	2017 - Tca/Vde
Toalhas	2022	2022 - Ptr/Rbi
Toalhas	2022	2022 - Fdi/Rbi
Toalhas	2022	2022 - Fdi/Ptr
Toalhas	2022	2022 - Fdi/Bco
Toalhas	2022	2022 - Bco/Ptr
Toalhas	2022	2022 - Bco/Rbi
<i>Mops</i>	Refil	2004-RMOP6088-KIT2
<i>Mops</i>	Refil	2005-RMOP5010-KIT2
<i>Mops</i>	<i>Mop</i>	MOP6088
<i>Mops</i>	<i>Mop</i>	MOP7671
<i>Mops</i>	<i>Mop</i>	MOP0556

A metodologia adotada para a previsão de demanda utilizou o software *Forecast Pro*, aplicando três modelos distintos: média móvel, suavização exponencial de Holt e *machine learning*. O objetivo foi comparar abordagens tradicionais com técnicas mais avançadas, avaliando a acurácia de cada uma. A partir dos resultados, o modelo de *machine learning* foi selecionado como base para os cálculos logísticos, por apresentar maior precisão e menor variabilidade nas previsões.

Com as séries previstas, foram calculados os principais parâmetros de gestão de estoque, como Estoque de Segurança (ES), Ponto de Reposição (PR), Lote Econômico de Pedido (EOQ), Cobertura e Custos. Os cálculos foram realizados em *Excel* com base em fórmulas clássicas da literatura, considerando fatores como demanda média, desvio padrão e *lead time*. Os resultados permitiram uma análise comparativa entre o

cenário histórico e o previsto, evidenciando ganhos em eficiência e redução de custos operacionais.

IV. Resultados

A aplicação do modelo de machine learning se destacou em relação às abordagens tradicionais, apresentando maior acurácia e menor variabilidade nas previsões. A demanda média mensal aumentou em 8,2% e o desvio padrão foi significativamente reduzido, especialmente na família *Mops*, que passou a operar com demanda constante, permitindo um planejamento mais estável.

Tabela I. Dimensionamento do Estoque (Previsão)

SKU	Estoque de Segurança	Ponto de Reposição	EOQ
MOP0556	-223,42	-255,52	-11
MOP6088	-187,78	-180,99	2
2005-RMOP5010-KIT2	-176,08	-153,38	10
MOP7671	-21,58	-20,97	1
2004-RMOP6088-KIT2	-75,87	-69,02	5,3684
			25025

Como resultado, o estoque de segurança médio caiu 86% e o ponto de reposição foi reduzido em 57%, otimizando o uso do capital. O EOQ teve leve aumento, refletindo maior previsibilidade e menor frequência de pedidos. A economia média anual por SKU foi de 77,7%, com destaque para os SKUs dos *Mops*, que geraram uma economia total superior a R\$ 250 mil por ano.

V. Conclusão

A aplicação de técnicas de *machine learning* na previsão de demanda gerou avanços relevantes na gestão de estoques do *e-commerce*. O modelo apresentou alta acurácia, com MAPE de 0,97% para *Mops* e 20,16% para Toalhas, superando os métodos tradicionais e permitindo projeções mais confiáveis.

Com base nas previsões, foi possível recalcular parâmetros como EOQ, ponto de reposição e estoque de segurança, resultando em significativa redução de custos. Um único SKU gerou economia anual superior a R\$ 117 mil. De forma consolidada, o estudo reforça o potencial da ciência de dados para alavancar o estoque e elevar a competitividade no *e-commerce*.

VI. Referências

- [1] ALPAYDIN, Ethem. *Introduction to Machine Learning*. MIT Press, 2020.
- [2] BALLOU, R. H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- [3] BREIMAN, Leo. *Random Forests*. *Machine Learning*, v. 45, n. 1, p. 5–32, 2001.

Otimização de Políticas de Atendimento com Priorização de Clientes via Aprendizado de Máquina

Bruno Mattei Rigoni, Cesar Junji Hashinaga, Pedro Augusto Moraes de Oliveira

Engenharia de Produção - Campus São Bernardo do Campo

brunomatteirigoni@gmail.com, cee.hashina@gmail.com, pedroaugustomoraes.oliveira@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Luciano Rossi

Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI

lrossi@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho propõe uma abordagem baseada em machine learning para substituir estratégias tradicionais de curadoria manual na recomendação de produtos e acionamento de clientes. Utilizando dados reais da Porto Seguro, foram aplicadas técnicas de ciência de dados para construir um modelo preditivo e gerar uma lista priorizada de clientes. A simulação demonstrou um aumento de 730% na taxa de conversão em comparação à seleção aleatória. Além disso, foi proposta uma régua de relacionamento segmentada por NPS e propensão, promovendo um atendimento mais eficiente e personalizado. Os resultados evidenciam o potencial dos algoritmos preditivos em otimizar estratégias comerciais e impulsionar a performance organizacional.

Palavras-chave: Aprendizado de máquina. Recomendação de produtos. Personalização

I. Introdução

A crescente digitalização do mercado aumentou a exigência por personalização nas interações com clientes. Empresas que continuam utilizando curadorias manuais e abordagens genéricas enfrentam perdas significativas de conversão e receita. Este trabalho busca propor uma solução baseada em machine learning para priorizar o atendimento de clientes com maior probabilidade de conversão, usando como estudo de caso a base de dados da Porto Seguro.

II. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da substituição de estratégias de curadoria manual por algoritmos de aprendizado de máquina no processo de recomendação de produtos e acionamento de clientes. Para isso, foram definidos como objetivos específicos: compreender o problema de negócio e o contexto comercial da Porto Seguro; explorar, tratar e preparar os dados disponibilizados; desenvolver um modelo preditivo eficaz com base em técnicas de machine learning; avaliar o desempenho do modelo por meio de métricas estatísticas; simular diferentes cenários de aplicação prática; e, por fim, propor o redesenho das políticas de atendimento com base nos resultados.

obtidos, priorizando clientes conforme sua propensão estimada de conversão.

III. Metodologia

A pesquisa foi conduzida a partir de dados reais e anonimizados da Porto Seguro, disponibilizados por meio de um desafio público na plataforma Kaggle. A base de dados continha 70 colunas, sendo 68 variáveis explicativas, uma de identificação e uma variável resposta binária, que indica se o cliente aceitou ou não uma oferta de produto. Inicialmente, realizou-se o tratamento dos dados, com a substituição de valores ausentes e a exclusão de atributos com baixa qualidade informacional. Em seguida, foram conduzidas análises exploratórias e seleção de atributos com maior poder discriminativo.

Para o desenvolvimento do modelo preditivo, foi utilizado o algoritmo LightGBM, conhecido por sua alta eficiência em problemas de classificação. O modelo passou por uma etapa de otimização de hiperparâmetros com uso da técnica de random search, visando melhorar seu desempenho. As métricas utilizadas para avaliação foram a AUC (Área sob a Curva ROC) e o índice GINI. Após o treinamento, foi gerada uma lista priorizada com a probabilidade de conversão de cada cliente. Por fim, foram simulados dois cenários — um com base no modelo preditivo e outro com seleção aleatória — a fim

de comparar a efetividade da estratégia e embasar a reestruturação da política de atendimento.

IV. Resultados

Após a construção e otimização do modelo preditivo, os resultados obtidos foram expressivos. O modelo final, baseado no algoritmo LightGBM, alcançou uma AUC de 0,8153 e um índice GINI de 0,6303, indicando elevado poder de discriminação entre clientes com alta e baixa propensão de conversão. A análise de importância das variáveis apontou atributos como Var56, Var58, Var35 e Var61 como os mais relevantes para a tomada de decisão do modelo.

A partir das probabilidades estimadas, foi gerada uma lista priorizada de clientes, permitindo identificar aqueles com maior chance de aceitar uma recomendação de produto. Essa lista foi usada na simulação de dois cenários: no primeiro, foram selecionados os 100 clientes com maior pontuação predita pelo modelo, enquanto no segundo, a escolha foi feita de forma aleatória. Os resultados mostraram que a taxa média de conversão no grupo priorizado pelo modelo foi de 99,6%, contra apenas 12,01% no grupo aleatório — um ganho relativo de aproximadamente 730%. Esses dados evidenciam o impacto direto e positivo da aplicação de algoritmos preditivos na definição de estratégias comerciais mais eficientes e direcionadas.

V. Conclusões

Os resultados obtidos demonstram que o uso de algoritmos de aprendizado de máquina representa uma alternativa significativamente superior à curadoria manual na recomendação de produtos e no acionamento de clientes. A abordagem baseada em dados permitiu não apenas identificar com precisão os clientes com maior propensão à conversão, mas também viabilizou a personalização em escala, algo inviável com métodos tradicionais.

A expressiva diferença de desempenho entre os cenários simulados, com um aumento de mais de 700% na taxa de conversão, reforça o potencial dos modelos preditivos para transformar a eficiência das estratégias comerciais. Além disso, a proposta de uma régua de relacionamento segmentada por NPS e propensão individual contribui para tornar o atendimento mais direcionado, ágil e centrado no cliente.

Conclui-se, portanto, que a adoção de machine learning em processos de decisão estratégicos pode ampliar significativamente a capacidade analítica das organizações, promovendo decisões mais inteligentes e resultados mais consistentes em mercados cada vez mais competitivos.

VI. Referências

- [1] DOMINGOS, P. *A Few Useful Things to Know About Machine Learning*. Communications of the ACM, v. 55, n. 10, p. 78-87, 2012.
- [2] SHARDLOW, M. The role of human curation in early recommender systems. Information Systems Research, v. 27, n. 1, p. 62-74, 2016.

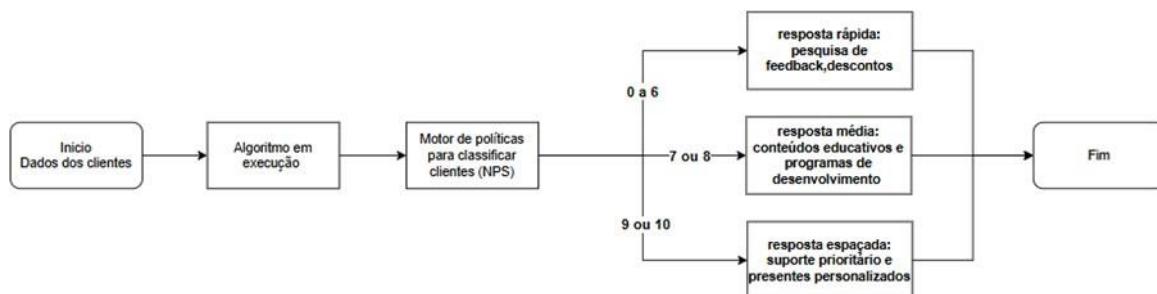


Figura I. Fluxograma decisão de acordo com severidade.

Melhoria Contínua em Pequenas Empresas: Utilização de Ferramentas da Qualidade em Uma Empresa de Confecção de Vestuários da Área da Saúde

Arthur Alves Barbosa, Bryan Ferreira, Vinicius Sotto Stankevicius

Engenharia de Produção

arthuralvb@gmail.com, vinisotto@gmail.com, bryanferreira397@gmail.com

Orientadora: Denise Luciana Rieg

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

derieg@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho propõe a aplicação integrada de ferramentas do Lean Manufacturing e da Qualidade para identificar e reduzir desperdícios no processo produtivo da empresa FunWork, especializada em vestuário da área de saúde. A partir da modelagem do processo atual utilizando a notação BPMN, foram mapeados os principais desperdícios: esperas prolongadas, retrabalho, grande intervalo para confecção de jalecos e estoque excessivo. A análise foi aprofundada com o uso do Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e previsão de demanda. Com base nos diagnósticos, foi elaborado um plano de ação estruturado em 5W1H, com propostas voltadas à redução do lead time, melhoria da qualidade e maior alinhamento entre produção e demanda. O trabalho demonstra como ferramentas simples podem gerar resultados relevantes em empresas de pequeno porte.

Palavras-chave: Lean Manufacturing, Melhoria Contínua, Ferramentas da Qualidade, Vestuário da área da saúde, Pequenas Empresas.

I. Introdução

A crescente competitividade no mercado tem exigido das empresas maior eficiência e flexibilidade em seus processos. No setor de confecção, a eliminação de desperdícios e o aprimoramento da qualidade são diferenciais essenciais. A empresa estudada, especializada na produção de jalecos hospitalares, apresentava problemas relacionados à gestão de estoque, qualidade e prazos. Diante disso, investigou-se como ferramentas do Lean Manufacturing e da Gestão da Qualidade poderiam contribuir para a melhoria de seus processos produtivos.

II. Objetivos

O objetivo geral foi identificar os principais desperdícios no processo produtivo da empresa FunWork e propor ações de melhoria. Os objetivos específicos incluíram: mapear o processo atual e futuro com BPMN, identificar desperdícios, propor um plano de ação com 5W1H, elaborar uma previsão de demanda e aplicar ferramentas da qualidade para mitigar falhas.

III. Metodologia

A pesquisa adotou abordagem qualitativa, com natureza exploratória e descritiva. O estudo de caso foi realizado em uma empresa real, por meio de análise documental, entrevistas semiestruturadas com colaboradores e observações diretas. Utilizou-se a

modelagem de processos com BPMN, análise de causas com Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês, além da previsão de demanda via método ETS.

IV. Resultados

A análise do processo produtivo da empresa FunWork, especializada na confecção de jalecos hospitalares, permitiu identificar quatro principais fontes de desperdício: atrasos no recebimento de matéria-prima, elevado tempo de produção terceirizada, retrabalho causado por falhas na qualidade e excesso de estoque de produtos com baixa rotatividade. Para cada um desses pontos, foram aplicadas ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa e os 5 Porquês, que auxiliaram na identificação das causas-raiz como ausência de padronização nos processos, falhas de comunicação com fornecedores e falta de critérios claros para planejamento de produção.

Com base nesse diagnóstico, foi elaborado um plano de ação utilizando o método 5W1H, com medidas corretivas e preventivas, como a implementação de checklists de inspeção, reorganização do layout de produção, definição de indicadores de desempenho e melhoria nos fluxos de informação com fornecedores. Além disso, desenvolveu-se uma previsão de demanda com base na suavização exponencial tripla (ETS), que permitiu segmentar os produtos pela regularidade de

vendas e aplicar a Curva ABC, otimizando a gestão de estoques.

A proposta de um novo fluxo produtivo, representado por meio de BPMN futuro, refletiu melhorias na alocação de recursos e maior agilidade nas etapas críticas do processo. Espera-se que, com a implementação das ações recomendadas, a empresa alcance ganhos como redução do lead time, diminuição de retrabalho, maior assertividade no planejamento da produção e aumento na capacidade de resposta às oscilações do mercado.

V. Conclusões

A aplicação integrada de ferramentas do Lean Manufacturing e da Gestão da Qualidade demonstrou-se eficaz na identificação, análise e mitigação dos principais desperdícios no processo produtivo da empresa FunWork. Através de uma abordagem estruturada, foi possível mapear o estado atual do processo, diagnosticar gargalos operacionais e propor intervenções práticas, com base em ferramentas consagradas como BPMN, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e 5W1H. A utilização da previsão de demanda por meio do método ETS, combinada com a análise da curva ABC e a segmentação por regularidade de vendas, contribuiu significativamente para o alinhamento entre produção e consumo, possibilitando uma gestão mais eficiente dos estoques e dos recursos produtivos.

As propostas elaboradas não apenas visam à eliminação dos desperdícios identificados, mas também à criação de uma base sólida para a melhoria contínua e para o aumento da competitividade da empresa. A reformulação dos fluxos de trabalho, a implementação de ações corretivas e a adoção de práticas preditivas permitem à organização evoluir de um modelo reativo para um modelo proativo de gestão operacional.

Portanto, conclui-se que, mesmo em empresas de pequeno porte, é possível obter avanços significativos em produtividade, qualidade e agilidade operacional por meio da adoção de metodologias bem fundamentadas e adaptadas à realidade do negócio. O presente estudo reforça a importância de uma cultura de melhoria contínua e oferece um modelo replicável para outras organizações que enfrentam desafios similares no setor de confecção.

VI. Referências

- [1] Ohno, T. Toyota Production System. Productivity Press, 1988.
- [2] Rother, M.; Shook, J. Aprendendo a Enxergar. Lean Enterprise Institute, 1999.
- [3] Womack, J. P.; Jones, D. T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas. Campus, 1996.
- [4] Dumas, M. et al. Fundamentals of Business Process Management. Springer, 2013.
- [5] Montgomery, D. C. Introduction to Statistical Quality Control. Wiley, 2012.
- [6] Slack, N.; Chambers, S.; Johnston, R. Administração da Produção. Atlas, 2009.

[7] Silver, E. A.; Pyke, D. F.; Thomas, D. J. Inventory and Production Management in Supply Chains. CRC Press, 2017.

Agradecimentos

Agradecemos às nossas famílias pelo apoio incondicional ao longo da jornada acadêmica, à Prof. Dra. Denise Luciana Rieg Scramin pela orientação dedicada e à equipe da empresa FunWork pela colaboração essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Estendemos nossa gratidão ao Centro Universitário FEI pela formação oferecida e aos colegas e amigos que nos acompanharam com incentivo e parceria ao longo da graduação.

A Aplicação do Lean Six Sigma no Desenvolvimento dos Materiais Didáticos de Treinamentos

Caio Rosa de Oliveira

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo
uniecaoolivei@fei.edu.br

Orientador: Henrricco Nieves Pujol Tucci

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI
henrricco@fei.edu.br

Resumo: Diante da necessidade de melhorar a nota dos materiais didáticos utilizados em treinamento, uma empresa de consultoria decidiu aplicar a metodologia *Lean Six Sigma* para melhorar a qualidade do processo de desenvolvimento dos materiais e elevar suas médias de avaliações. Para isso, ao longo do projeto foram utilizadas a aplicação de ferramentas oriundas de um projeto DMAIC, como o SIPOC e o Dentro e fora que ajudaram a definir o escopo do projeto, o fluxograma e gráfico de *boxplot* que ajudaram a entender o processo e analisar as variáveis de entrada, o Diagrama de Ishikawa e o 5W2H, que permitiu identificar pontos críticos e implementar melhorias, como automações e ajustes operacionais, e os testes estatísticos que ajudaram a validar as causas raízes do problema.

Palavras-chave: Melhoria de Processos, Materiais Didáticos, Lean Six Sigma, Avaliação de Treinamentos, Satisfação do Cliente.

I. Introdução

O *Lean Six Sigma* é umas das metodologias de resolução de problemas mais eficazes dentro do mercado, ela se destaca pois uni o melhor do *Lean*, que busca a eliminação dos desperdícios, e do *Six Sigma*, focada na redução de defeitos. Essa combinação oferece uma abordagem mais robusta para promover melhorias consistentes nos processos organizacionais.

A sua aplicação segue a estrutura do DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar), e por ser uma metodologia de maior complexidade, a eficácia em sua aplicação depende muitas vezes de treinamentos para os colaboradores que forem fazer o uso desse sistema.

Sabendo disso, identificou-se uma oportunidade através da metodologia de melhorar um dos aspectos com a maior insatisfação nos treinamentos de uma empresa de consultoria, os materiais didáticos. Foi aplicado então um projeto para melhorar o desempenho desse critério, para elevar a qualidade do processo de desenvolvimento dos materiais e consequentemente melhorar satisfação dos clientes.

II. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é aplicar a metodologia *Lean Six Sigma* visando melhorar o processo de desenvolvimento dos materiais didáticos utilizados nos treinamentos da empresa pesquisada e

avaliar maneiras de elevar as médias de avaliações para atender os limites de especificação estabelecidos.

Além desse objetivo, o trabalho tem como objetivos específicos de identificar as principais variáveis que contribuem para esse desempenho, mapear e eliminar deficiências no processo, levantar e analisar as principais causas raízes do problema, propor soluções de melhorias, e desenvolver um plano de controle para garantir a sustentabilidade das melhorias implementadas.

III. Metodologia

O trabalho foi realizado como um estudo de caso, classificado como uma pesquisa aplicada, exploratória e quantitativa, que explorou o desempenho dos diversos treinamentos de uma empresa de Consultoria, que teve historicamente um desempenho médio inferior das avaliações dos materiais, se comparado com os outros critérios.

IV. Resultados

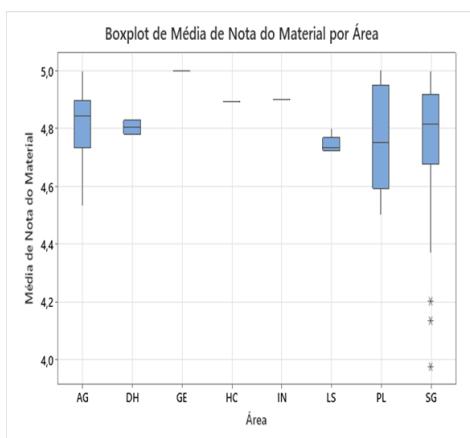
A. Etapa Definir

Na etapa definir, foi possível ter uma definição inicial do problema, onde através da voz do cliente foi criado os indicadores de sucesso do projeto com suas respectivas metas e delimitou-se o escopo através das ferramentas do SIPOC e do Dentro e Fora.

B. Etapa Medir

Iniciou-se essa etapa com o mapeamento do processo, para ter um melhor entendimento de como eram desenvolvidos os materiais dos treinamentos, e posteriormente com base nesse processo e no escopo definido, foram levantadas as possíveis variáveis de entrada que impactavam os resultados. Então foi realizado algumas análises dessas variáveis para entender o impacto delas no problema, onde foi possível obter algumas respostas importantes, como por exemplo as áreas de treinamento mais ofensoras conforme ilustrado no gráfico de *boxplot* da Figura I.

Figura I. Boxplot das Médias das Notas dos Materiais por Área de Treinamento



Observou-se que as três áreas com as notas de maior variabilidade e volume de treinamentos são oriundas dos treinamentos de Produtividade e Lean e dos treinamentos do Sistema de Gestão da Qualidade.

C. Etapa Analisar

O próximo passo do projeto foi levantar as possíveis causas do problema definido através do diagrama de Ishikawa, e aplicar a ferramenta dos 5 por quês para encontrar suas causas raízes, e posteriormente foi necessário aplicar uma ferramenta de priorização para definir o que seria realizado com cada uma das causas.

A partir dessa ferramenta, foi possível descartar aquelas que não eram tão ofensoras, colocar no plano de ação as causas de ganhos rápidos e validar aquelas foram priorizadas. Para o processo de validação, utilizou-se estudos de validação distintos de acordo com a complexidade de cada causa.

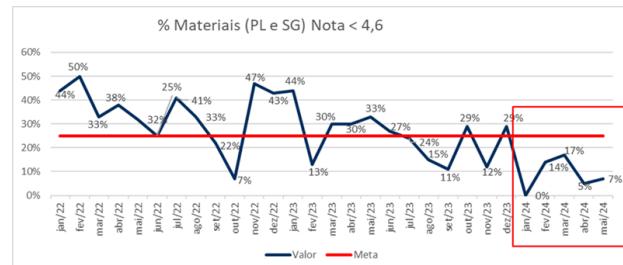
D. Etapa Melhorar

Além da revisão de alguns pontos do processo de desenvolvimento, o principal entregável dessa etapa foi a construção do plano de ação através da ferramenta do 5W2H, sendo aplicadas dezenove ações.

Posteriormente, foi verificado a eficácia dos resultados com os desempenhos antes e depois da implementação das ações. Pode-se notar que a meta do

indicador principal foi atingida conforme ilustrado na Figura II.

Figura II. Validação Indicador Y1



Pode-se observar que seu desempenho esteve abaixo da meta em todos os meses analisados.

E. Etapa Controlar

Para a etapa controlar, aproveitou-se muito a gestão a vista já utilizada dentro dos processos da empresa para o acompanhamento dos resultados. Por isso nessa etapa foi elaborado um plano de controle com o intuito de não deixar esses resultados se perder e poder assim monitorar o rendimento dos materiais.

Outra ação realizada dentro da fase controlar foi a análise de capacidade do projeto, que pode confirmar que o nível Sigma desse processo evoluiu para um Zbench de 2,2 e o processo apresenta uma estimativa de apenas 9,09% das notas fora da especificação de 4,6.

V. Conclusões

Foi possível atingir o objetivo geral desse trabalho, pois a aplicação da metodologia pode melhorar o desempenho do processo de desenvolvimento dos materiais, que consequentemente teve um impacto na elevação das médias de avaliações dos clientes, e este objetivo foi alcançado por meio das ferramentas utilizadas no DMAIC, como o Diagrama de Ishikawa e os 5W2H, que puderam contribuir com a análise das causas e soluções para o problema, bem como o acompanhamento dos indicadores do projetos e as análises de dados, que puderam ajudar a encontrar respostas e direcionar o projeto.

VI. Referências

- [1] FERNANDES, Edite Manuela da G. P. Estatística Aplicada. Universidade do Minho, Braga, 1999.
- [2] LAUREANO, Raul M. S. Testes de hipóteses e regressão – O meu manual de consulta rápida. Lisboa: Edições Sílabo, 1ª ed., outubro de 2020.
- [3] WERKEMA, C. Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012.2024.

Automatização do Transporte de Moldes de Aço de uma Planta Nova

Enrico Breda Roque

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo
enricoroque50@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Janes

Departamento de Produção, Centro Universitário FEI
janes@fei.edu.br

Resumo: O estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da automatização do transporte de moldes de aço em uma nova planta industrial da Roque Fundição. Utilizando simulações no software Plant Simulation, o estudo comparou cenários manuais e automatizados, medindo ganhos de produtividade, eficiência e retorno financeiro. A automação buscou reduzir a dependência de mão de obra, aumentar a precisão dos processos e alinhar a produção à Indústria 4.0. A análise demonstrou que a automatização é financeiramente viável e estrategicamente benéfica. O projeto reforça a importância da inovação para a competitividade e sustentabilidade no setor industrial brasileiro.

Palavras-chave: Automatização, Simulação, Processo.

I. Introdução

A automação industrial tem se consolidado como uma das principais estratégias para a modernização dos processos produtivos, sendo impulsionada pela busca contínua por maior eficiência, redução de custos e aumento da competitividade. Nesse contexto, a Indústria 4.0 surge como um novo paradigma, integrando tecnologias como inteligência artificial, internet das coisas (IoT) e sistemas *cyber* físicos, permitindo que empresas transformem suas operações com base em dados e conectividade. No setor metalúrgico, a aplicação dessas tecnologias representa uma oportunidade significativa de avanço, especialmente no que diz respeito ao transporte interno de materiais e à redução da dependência de mão de obra em atividades repetitivas.

Este trabalho tem como foco o estudo de viabilidade da automatização do transporte de moldes dentro da nova planta da empresa Roque Fundição e Metalúrgica LTDA. A empresa decidiu expandir sua capacidade produtiva por meio da construção de uma nova fábrica. A proposta deste estudo é avaliar, por meio de simulações computacionais, os impactos operacionais e econômicos da substituição do transporte manual por sistemas automatizados, como robôs e esteiras inteligentes. Para isso, foram utilizados dados reais da operação, entrevistas com operadores e simulações no software Plant Simulation, permitindo a comparação de diferentes cenários.

Ao longo deste trabalho, serão explorados conceitos fundamentais sobre automação, simulação industrial e viabilidade econômica, com o objetivo de apresentar uma solução técnica e financeiramente viável para a empresa. A partir dos resultados obtidos, pretende-se demonstrar como a automação pode contribuir para a

melhoria do desempenho produtivo, a redução de custos e a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente. Assim, o estudo busca não apenas propor melhorias operacionais, mas também reforçar a importância da inovação tecnológica no contexto da indústria nacional.

II. Métodos e Desenvolvimento

Este estudo utilizou a metodologia de estudo de caso aplicada na nova planta com o objetivo de analisar a viabilidade da automatização do transporte de moldes de aço. A pesquisa teve início com a coleta de dados através de documentação técnica, entrevistas com operadores e cronoanálises, permitindo o mapeamento completo do processo produtivo. Com base nessas informações, foram desenvolvidos dois cenários no software Plant Simulation: um com transporte manual, realizado por operadores, e outro com transporte automatizado por meio de robôs e esteiras.

Sendo assim, as simulações foram configuradas com dados reais de produção, tempos de ciclo e capacidade dos equipamentos, garantindo maior fidelidade aos processos da empresa. A partir dos resultados, foram analisadas métricas como tempo total de produção, utilização de recursos e impacto financeiro. Também foi realizada uma análise de viabilidade econômica, incluindo payback, ROI e fluxo de caixa.

Portanto, os dados obtidos permitiram comparar os cenários e identificar ganhos significativos com a automação, tanto em produtividade quanto em redução de custos operacionais. Dessa forma, o método adotado forneceu uma base sólida para decisões estratégicas, demonstrando que a automação é uma alternativa tecnicamente viável e financeiramente atrativa para a nova planta industrial.

III. Resultados

Os resultados obtidos a partir das simulações no software Plant Simulation revelaram diferenças significativas entre os cenários manual e automatizado, demonstrando os impactos positivos da automatização no transporte de moldes de aço. O cenário manual apresentou limitações operacionais relacionadas ao tempo de transporte, dependência da mão de obra e risco de gargalos, o que compromete a fluidez do processo produtivo. Já o cenário automatizado demonstrou maior eficiência, com redução nos tempos de ciclo e aumento na capacidade de produção, além da eliminação de falhas humanas e maior previsibilidade operacional.

A análise dos indicadores de desempenho mostrou que a linha automatizada teve uma redução expressiva no tempo total de produção, além de maior utilização dos equipamentos e menor necessidade de operadores para tarefas repetitivas. No aspecto financeiro, o cenário automatizado apresentou um payback de 2,8 anos, indicando que o investimento se paga em um curto prazo e passa a gerar retorno. Também foram observadas melhorias na ergonomia e segurança dos trabalhadores, além de maior estabilidade nos processos.

Tabela I. Comparativo entre Cenários.

Indicador	Cenário Manual	Cenário Automatizado
Produção semanal	378	400
Número de Operadores	4	0
Payback	-	5,26 anos
Custo Operação Mensal	R\$32.800,00	R\$3.166,00
Tempo em Processamento	3,78%	4,19%

IV. Conclusões

A conclusão do estudo evidencia que a automatização do transporte de moldes de aço na nova planta da Roque Fundição é uma alternativa altamente viável, tanto sob o ponto de vista técnico quanto econômico. A partir da modelagem e simulação de dois cenários distintos, um manual e o outro automatizado, foi possível identificar ganhos significativos em produtividade, eficiência operacional, redução de custos e melhora na alocação de recursos humanos.

O cenário automatizado demonstrou maior agilidade no transporte interno, diminuição do tempo de produção por peça e aumento da capacidade produtiva diária. Além disso, a automatização reduziu a necessidade de operadores, liberando mão de obra para funções mais estratégicas e menos repetitivas. Outro ponto importante foi a melhora nas condições de trabalho, com a eliminação de tarefas ergonomicamente desfavoráveis e de alto esforço físico.

Do ponto de vista financeiro, a análise de viabilidade apontou um *payback* atrativo e uma redução significativa nos custos operacionais mensais, confirmado que o investimento em automação se justifica e traz retorno em médio prazo. A integração com os conceitos da Indústria 4.0 também posiciona a empresa de forma mais competitiva no mercado, alinhando-a com as exigências atuais de inovação e eficiência.

Portanto, o estudo conclui que a automação não apenas é viável, mas recomendada, representando uma oportunidade de transformação produtiva que amplia a competitividade, melhora a qualidade dos processos e contribui para a sustentabilidade do negócio no longo prazo.

V. Referências

- [1] GROOVER, M. P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 5. ed. Pearson, 2019.
- [2] BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. W.W. Norton & Company, 2014.
- [3] DEB, S. R. Robotics Technology and Flexible Automation. 2. ed. McGraw Hill Education, 2017.
- [4] LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. 16. ed. Pearson, 2020.
- [5] LIKER, J. K. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill, 2004.

Como os Funcionários de Base Percebem o seu Engajamento nos Processos de Melhoria Contínua de uma Empresa

Euler Graciute Ramos da Silva

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo
eulergrs@gmail.com

Orientador: Luciana Iwashita da Silva

Departamento de Administração, Centro Universitário FEI
luciana.iwashita@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho tem como objetivo investigar como os funcionários operacionais percebem seu engajamento nos processos de melhoria contínua dentro das organizações. Por meio de uma abordagem qualitativa, foram aplicadas entrevistas e questionários com trabalhadores da base produtiva de duas empresas do setor industrial: AJL e Scania. A análise dos dados foi realizada com base na literatura sobre engajamento organizacional, considerando autores como Kular et al. (2008), Saks (2006) e Imai (1994). Os resultados indicam que o engajamento é influenciado por fatores como reconhecimento, comunicação, apoio da liderança e oportunidades de participação. Enquanto os colaboradores da AJL relataram falta de reconhecimento e incentivo, os da Scania apontaram desafios na escuta ativa e na valorização de suas ideias. Conclui-se que compreender a percepção dos funcionários é essencial para aprimorar os processos de melhoria contínua e consolidar uma cultura de engajamento.

Palavras-chave: Engajamento. Funcionários. Melhoria Contínua. Lean Manufacturing. Eficácia.

I. Introdução

A busca por eficiência e inovação nas organizações exige a adoção de práticas de melhoria contínua que envolvam todos os níveis hierárquicos, especialmente os funcionários da base operacional. O engajamento desses colaboradores é um fator determinante para o sucesso de tais iniciativas, pois são eles que vivenciam diretamente os processos produtivos e detêm conhecimentos práticos valiosos. Este estudo visa compreender como esses profissionais percebem seu papel e seu grau de envolvimento nas iniciativas de melhoria contínua. O engajamento pode ser entendido como um conceito multifacetado que envolve fatores emocionais, cognitivos e comportamentais que afetam diretamente o desempenho dos colaboradores [1].

II. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso comparativo entre duas empresas do setor industrial: AJL e Scania. Utilizou-se um questionário estruturado com assertivas relacionadas ao engajamento, aplicado a 118 colaboradores, sendo 15 da AJL e 103 da Scania. Também foram coletados comentários abertos que permitiram uma análise qualitativa complementar. Os dados foram interpretados à luz de referências teóricas consagradas na literatura de engajamento organizacional. De acordo com Saks, o engajamento

ocorre quando há reciprocidade entre o colaborador e a organização, em um ciclo onde a dedicação é motivada pela percepção de suporte e valorização [2].

III. Figuras e tabelas

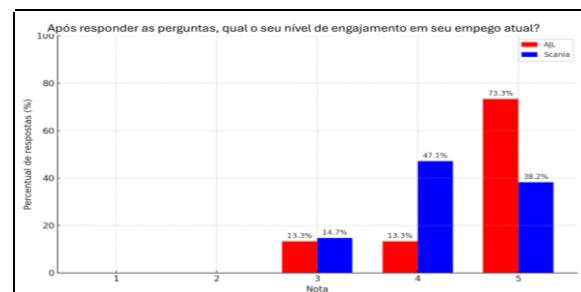


Figura 1. Nível de engajamento.

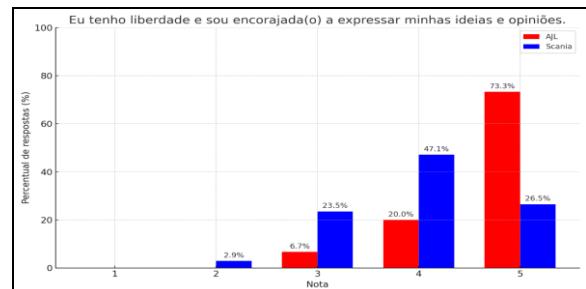


Figura 2. Liberdade de ideias e opiniões.

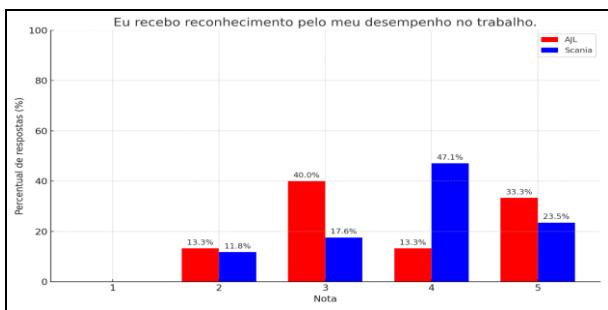


Figura 3. Reconhecimento pelo desempenho no trabalho.

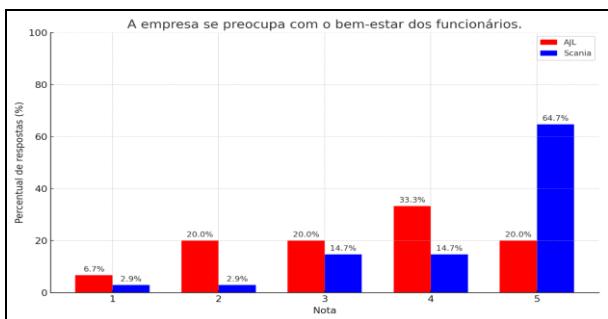


Figura 4. Bem-estar dos funcionários.

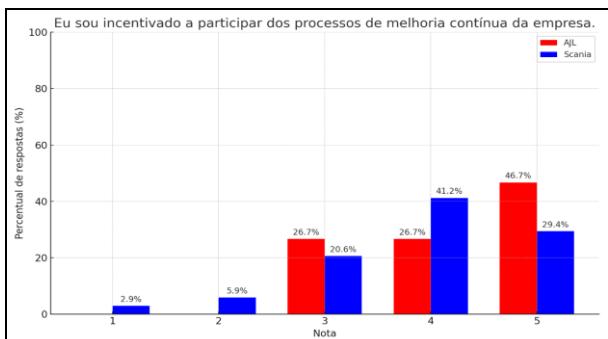


Figura 5. Incentivo nos processos de melhoria continua.

V. Referências

- [1] KULAR, S. et al. Employee engagement: a literature review. Kingston Business School, 2008.
- [2] SAKS, A. M. Antecedents and consequences of employee engagement. Journal of Managerial Psychology, v. 21, n. 7, p. 600–619, 2006.
- [3] IMAI, M. Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo. São Paulo: IMAM, 1994.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, à minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. A presença e o suporte de vocês foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos colegas de curso, pelas trocas de experiências, pela parceria e pelas amizades construídas ao longo dessa caminhada.

Aos professores e colaboradores, pelo compartilhamento de conhecimento, pela dedicação e pelas contribuições valiosas ao longo da minha formação.

E, por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Meu sincero agradecimento.

IV. Conclusões

Conclui-se que a percepção dos funcionários sobre seu engajamento é um indicador valioso para o fortalecimento das práticas de melhoria contínua. O estudo revela que, para alavancar o engajamento, as organizações precisam ouvir genuinamente seus colaboradores, reconhecer suas contribuições e criar espaços reais de participação. A aplicação de modelos como o ciclo PDCA, associado a uma cultura de envolvimento ativo, pode potencializar os resultados da melhoria contínua no ambiente produtivo.

Estudo de Capacidade e Dimensionamento de Recursos de um Centro de Distribuição Logístico de Peças Automotivas por Meio da Simulação

Felipe Rick de Oliveira, Vinícius Augusto de Lima Fernandes, Matheus Messina

Engenharia de Produção - campus São Bernardo do Campo

Felipe.rick07@gmail.com, viniciusaugustolff@gmail.com, matheus_messina@hotmail.com

Orientador: Prof. Me. Marcelo Koiti Fugihara

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

mfugihara@fei.edu.br

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo avaliar o uso da simulação computacional como ferramenta de apoio ao planejamento operacional de um centro de distribuição logístico do setor automotivo. Através da coleta de dados in loco, por meio de entrevistas e observações, foi possível compreender o funcionamento atual da operação e, com isso, desenvolver um modelo virtual utilizando o software *ProModel*. Com o modelo validado, foram testados diferentes cenários, variando a quantidade de recursos humanos, equipamentos e áreas disponíveis, a fim de identificar gargalos e propor o dimensionamento ideal para garantir a eficiência operacional com o menor custo possível. Os resultados demonstram que a simulação é uma ferramenta eficaz para o planejamento de operações logísticas, permitindo decisões mais seguras, com redução de custos e eliminação de desperdícios. Sem empirismos ou achismos: fazer certo da primeira vez.

Palavras-chave: Warehouse Design, Simulação de sistemas, Dimensionamento de recursos, ProModel, Centro de distribuição logístico.

I. Introdução

Segundo Chopra e Meindl (2003), a eficiência logística é essencial para a competitividade entre empresas e está relacionada à gestão eficaz dos recursos e à minimização de desperdícios nas atividades logísticas. Nesse contexto, o avanço das tecnologias, especialmente as associadas à Indústria 4.0, conforme Carmona (2018), tem possibilitado transformações significativas nas operações organizacionais.

A utilização de softwares de simulação, ao permitir a modelagem virtual de sistemas reais, viabiliza a análise de diferentes cenários operacionais, contribuindo para a identificação de gargalos e otimização da capacidade produtiva.

De acordo com Pritsker (1995), essa ferramenta auxilia não apenas no apoio à tomada de decisão, mas também na proposição de soluções para problemas complexos da cadeia de suprimentos.

Assim, o presente estudo propõe-se a analisar, por meio da simulação computacional, o dimensionamento de recursos internos de um centro de distribuição de peças automotivas, evidenciando como essa tecnologia pode melhorar o desempenho logístico, reduzir custos e alinhar as operações às exigências crescentes do mercado.

II. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é estudar de que forma a simulação computacional pode contribuir para o dimensionamento adequado dos recursos utilizados em um centro de distribuição (CD), como empilhadeiras, paleteiras e operadores.

Para isso, busca-se, especificamente: descrever as operações atuais do centro logístico, mapeando fluxos internos, tempos operacionais e disponibilidade dos recursos empregados; coletar dados e métricas essenciais para a construção do modelo de simulação; desenvolver um modelo virtual representando o funcionamento interno do centro de distribuição por meio do software Promodel; analisar comparativamente diferentes cenários simulados, variando-se a quantidade de recursos; e, por fim, determinar o dimensionamento ideal de recursos para otimizar o desempenho operacional da unidade estudada.

III. Metodologia

Este trabalho teve como embasamento o funcionamento de um centro de distribuição da indústria de peças automotivas, para isto, os dados foram coletados diretamente com a equipe responsável, através de observação in loco e entrevistas.

Com a coleta de dados efetuada, foi utilizado o software Promodel para a criação de um modelo virtual do funcionamento deste centro de distribuição. Com

isso foi realizada a criação de diversos cenários variando a quantidade de recursos internos deste centro logístico, que possibilitou a realização de um dimensionamento correto destes recursos para atender a demanda atual, este cenário ideal do ponto de vista da utilização de recursos, foi nomeado como cenário 2, enquanto o cenário atual, foi nomeado como cenário 1.

IV. Resultados

Abaixo, serão apresentadas as figuras que representam a utilização de recursos dos cenários 1 e 2.

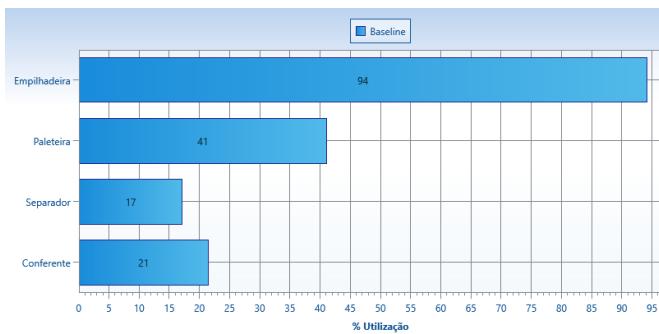


Figura 1. Utilização dos recursos - cenário 1

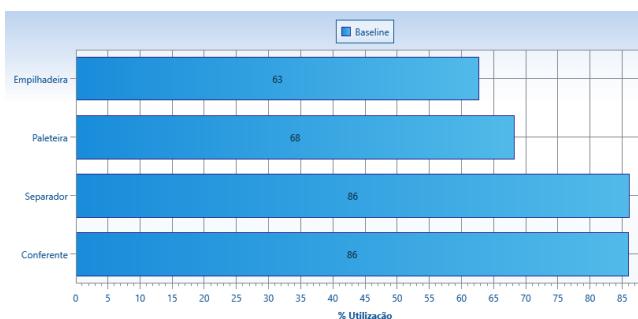


Figura 2. Utilização dos recursos - cenário 2

Além disso também foi feita uma análise de capacidade de atendimento de demanda com os recursos atuais do CD, onde foi aumentada a demanda a ser atendida para que fosse possível entender a máxima capacidade, este cenário foi nomeado como cenário 3. Vale ressaltar que para este cenário 3, foram utilizados os mesmos recursos do cenário 1 (atual), porém com a adição de uma empilhadeira pois no modelo virtual do funcionamento atual do CD, foi possível entender que são os recursos críticos do sistema, já que se encontravam com utilização próxima a 100% enquanto os outros recursos se encontravam ociosos.

No cenário 3, foi possível observar que com o aumento de apenas 1 empilhadeira, o mesmo centro de distribuição consegue atender um aumento de 35% da demanda atual, o que demonstra um ganho significativo para a empresa.

Na figura em sequência será demonstrado a diferença entre recursos, locais e demandas atendidas em cada um dos cenários.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Recursos	Empilhadeira	2	3
	Paleteiras	5	3
	Separadores	10	2
	Conferentes	8	2
	Operador de empilhadeira	2	3
	Docas Chegada	8	2
Locais	Docas Saída	12	2
	Stages Chegada	8	2
	Stages Saída	8	2
	Conferência Chegada	8	2
	Conferência Saída	8	2
	SKU A	878.870	878.870
Demandas	SKU B	93.000	93.000
	SKU C	59.850	59.850
			1.186.474
			125.550
			80.797

Figura 3. Comparação entre os cenários

V. Conclusões

O estudo concluiu que o uso da simulação, por meio do software ProModel, é uma ferramenta eficaz para o dimensionamento adequado dos recursos internos em centros de distribuição de peças automotivas. A análise de diferentes cenários simulados permitiu observar que ajustes na quantidade de empilhadeiras, paleteiras e operadores impactam diretamente na eficiência operacional, reduzindo tempos de movimentação e espera, e otimizando a alocação de recursos. Os resultados demonstraram que o cenário 2 apresentou uma economia financeira de 58,75% e o cenário 3 aumentou a capacidade de atendimento em 35%, ambos representando melhorias significativas em relação ao cenário atual.

Além dos ganhos operacionais e financeiros, a simulação mostrou-se vantajosa por permitir testes em ambiente virtual com base em dados reais, sem interromper as operações do centro de distribuição. Isso evita prejuízos decorrentes de paradas e possibilita a análise segura de múltiplas alternativas antes da implementação. Apesar das limitações inerentes aos modelos simulados, como a simplificação de processos e a variação dos dados, o estudo reforça que a simulação é uma ferramenta estratégica na tomada de decisões logísticas e no planejamento eficiente de recursos.

VI. Referências

- [1] CHOPRA, S., & Meindl, P. (2016). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson.
- [2] CARMONA, Carlos U. Indústria 4.0: conceitos, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora XYZ, 2018.
- [3] PRITSKER, A. Alan B. *Introduction to Simulation and SLAM II*. 4. ed. New York: Wiley, 1995.

O Impacto da Transformação Digital na Satisfação do Cliente no Processo de Abertura de Contas em uma Instituição Financeira Tradicional

Caio Capuzzo, Gabriel Rodrigues Fonseca, Igor Bento Soares

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo

caiocapuzzo@uol.com.br, fonseca_gabriel@hotmail.com, igor.bento.soares@gmail.com

Orientador: Prof.^a Dra. Claudia Aparecida de Mattos

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

cmattos@fei.edu.br

Resumo: O presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo avaliar o impacto da digitalização na satisfação dos clientes no processo de abertura de conta em uma instituição financeira tradicional, utilizando o Net Promoter Score (NPS) como principal indicador. O estudo analisa a jornada do cliente entre 2018 e 2024, período marcado por entregas digitais que transformaram a experiência de presencial para completamente digital.

Foram aplicados modelos de regressão linear e polinomial para mensurar a relação entre digitalização e NPS, com destaque para a regressão polinomial de segundo grau ($R^2 = 0,9335$). Os resultados indicaram correlação positiva significativa, especialmente com avanços como biometria facial, inteligência artificial e integração com open finance.

A principal limitação foi o número reduzido de observações ($n = 7$), devido a restrições de acesso por sigilo institucional e conformidade com a LGPD. Recomenda-se a inclusão de métodos qualitativos, como análise de sentimentos. A pesquisa contribui ao destacar a relevância de estratégias digitais estruturadas para aumentar a satisfação e fidelização dos clientes no setor bancário.

Palavras-chave: Digitalização, Satisfação do Cliente, NPS, Instituição Financeira, Abertura de Conta.

I. Introdução

A história do sistema bancário brasileiro remonta ao período colonial, com a criação do Banco do Brasil em 1808 por Dom João VI. Durante o século XIX e início do século XX, surgiram instituições como a Caixa Econômica Federal (1861) e o Banco do Estado de São Paulo (1899). Em 1964, foram criados o Banco Central do Brasil e o Conselho Monetário Nacional, estabelecendo a base regulatória do sistema financeiro nacional.

As instituições financeiras tradicionais incluem Banco do Brasil, Bradesco, Itaú Unibanco, Caixa Econômica Federal e Santander, que desempenham papel central na intermediação financeira. A modernização do setor ganhou força com o Plano Real e o PROER, incentivando a digitalização dos serviços bancários e a consolidação dos grandes bancos.

A partir dos anos 2000, a adoção do internet banking e dos caixas eletrônicos transformou a relação dos clientes com os bancos. Nos últimos anos, a digitalização acelerou com o surgimento das fintechs e bancos digitais, como Nubank e Banco Inter. A pandemia da COVID-19 impulsionou essa transformação, levando os bancos tradicionais a investirem em infraestrutura tecnológica, usabilidade de aplicativos e atendimento remoto com chatbots e assistentes virtuais.

Apesar dos avanços, os bancos tradicionais enfrentam desafios com a digitalização, como investimentos elevados, segurança cibernética, mudanças culturais e conformidade com regulamentações como a LGPD. A transformação digital deve estar alinhada às expectativas dos clientes, com foco em conveniência, agilidade e personalização.

O onboarding digital representa um dos principais desafios. Enquanto fintechs oferecem abertura de contas totalmente online, muitas instituições tradicionais ainda enfrentam dificuldades devido a sistemas legados e exigências regulatórias. Tecnologias como biometria, reconhecimento facial, IA e machine learning contribuem para modernizar esse processo, melhorar a experiência do cliente, reduzir fraudes e aumentar a fidelização.

A crescente digitalização trouxe inclusão bancária, personalização de serviços e eficiência operacional, mas também impõe desafios em segurança, conformidade e cultura organizacional.

II. Objetivos

- 1) Avaliar o impacto da digitalização nos índices de satisfação do cliente, medidos por meio do NPS (Net Promoter Score), ao longo da jornada de abertura de conta em uma instituição financeira tradicional.

- 2) Mapear o processo atual de abertura de conta em uma instituição financeira tradicional antes e depois da digitalização;
- 3) Levantar e analisar dados históricos do NPS da jornada de abertura de conta, considerando fases antes, durante e depois da implementação das iniciativas digitais;
- 4) Identificar quais etapas da jornada digital têm maior impacto positivo ou negativo no índice de satisfação do cliente (NPS);
- 5) Avaliar numericamente a evolução dos resultados obtidos pelo NPS ao longo das fases de implementação digital.

III. Metodologia

O estudo adotou uma abordagem exclusivamente quantitativa, centrada na análise dos indicadores do Net Promoter Score (NPS), sem considerar respostas abertas ou comentários qualitativos. A metodologia baseou-se em dados coletados do banco de dados interno da instituição financeira, referentes ao período de 2018 a 2024, segmentados em pré-digitalização, durante a implementação e pós-digitalização. Os dados passaram por tratamento rigoroso para garantir integridade e conformidade com a LGPD.

A análise quantitativa incluiu cálculo do NPS médio anual, comparações temporais e segmentação por Promotores, Neutros e Detratores, permitindo identificar tendências relacionadas às iniciativas digitais.

IV. Conclusões

Os resultados indicam que a digitalização tem um impacto positivo e significativo sobre a satisfação dos clientes, medida pelo *Net Promoter Score* (NPS). A análise demonstrou que, à medida que a jornada de abertura de conta se tornou mais digital e automatizada, o NPS evoluiu progressivamente, saindo de 40,8 em 2018 para 71,4 em 2024. O modelo de regressão polinomial de segundo grau apresentou o melhor ajuste ($R^2 = 0,9335$), indicando que mais de 93% da variação na satisfação pode ser explicada pela evolução do nível de digitalização. Observou-se, ainda, a redução no número de clientes detratores, o crescimento dos promotores e o aumento da taxa de resposta às pesquisas de NPS. Nota-se que, embora a instituição analisada ainda apresente um NPS médio inferior ao de líderes digitais como o Nubank — que registrou NPS de 75,0 pontos em 2024 — a distância entre esses níveis vem diminuindo. A instituição analisada partiu de uma base tradicional, com processos manuais e presenciais, e, mesmo assim, conseguiu resultados expressivos a partir da reestruturação digital do onboarding de novos clientes.

Este estudo evidencia a importância estratégica de mensurar e monitorar, de forma contínua e sistemática, a relação entre a digitalização dos processos e a satisfação do cliente. A transformação digital não deve ser encarada apenas como um imperativo tecnológico,

mas como uma ferramenta essencial para otimizar a experiência do cliente e gerar vantagem competitiva. Para os gestores bancários, isso implica em priorizar investimentos direcionados ao aprimoramento da jornada digital, com foco na eliminação de fricções, no fortalecimento da segurança cibernética e na personalização dos serviços com base em dados analíticos. Torna-se fundamental a criação de uma cultura organizacional orientada para o cliente, onde as decisões estratégicas sejam fundamentadas em métricas de experiência, como o Net Promoter Score (NPS), e complementadas por análises qualitativas que captem as emoções, expectativas e necessidades emergentes dos usuários. A sistematização desse monitoramento permite ajustes rápidos e direcionados, potencializando os retornos sobre os investimentos em tecnologia. A experiência digital não substitui totalmente a dimensão relacional do serviço bancário, mas exige a integração fluida entre canais físicos e digitais (omnichannel), garantindo que o cliente transite entre eles com facilidade e satisfação. A adoção dessa abordagem holística e centrada no cliente será decisiva para que as instituições financeiras tradicionais se mantenham competitivas frente ao avanço das fintechs e bancos digitais, consolidando um posicionamento robusto no mercado financeiro contemporâneo.

V. Referências

- [1] ALMEIDA, J.; SOUZA, R. Usabilidade e Experiência do Cliente em Aplicativos Bancários. Revista Brasileira de Gestão Digital, v. 5, n. 2, p. 45-67, 2023.
- [2] ARNER, D. W., BARBERIS, J. & BUCKLEY, B. P., 2016. The Evolution of Fintech: A New PostCrisis Paradigm? Georgetown Journal of International Law, 47, 1271-1319. Disponível em <https://doi.org/10.2139/ssrn.2676553>.
- [3] ATENTO. Cinco fatores sobre Experiência do Cliente no setor financeiro. 2022. Disponível em: <https://atento.com/wp-content/uploads/2022/08/Whitepaper-Financial-Services-PB-18082022.pdf>.
- [4] BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018. Resolução nº 4.658, de 26 de abril de 2018. Dispõe sobre a política de segurança cibernética e os requisitos para a contratação de serviços de processamento e armazenamento de dados. Brasília: BCB. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br>.
- [5] BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2019. Programa de Estímulo à Reestruturação e ao Fortalecimento do Sistema Financeiro Nacional (PROER), Brasília. Disponível em <https://www.bcb.gov.br>. Acesso em: XX de xxx. de 2025.

Manufatura Digital Aplicada ao Estudo de Integração de Processos e Abastecimento de Linha de Produção

Giovanna Tomaz Silva

Engenharia de Produção

uniegisilva@fei.edu.br

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lima

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

flima@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho teve como objetivo analisar o *layout* de produção e abastecimento de tetos em uma empresa do setor automotivo, considerando as restrições da instalação atual e propondo soluções com o suporte da simulação virtual. A metodologia adotada foi de abordagem mista, combinando análise documental, modelagem e simulação. A reorganização dos recursos em células produtivas, modeladas no software *Microstation*, evidenciou a importância da manufatura celular para a eficiência e flexibilidade do processo. A validação do novo *layout*, realizada com os softwares *Plant Simulation* e *Process Simulate*, demonstrou que a proposta atende aos requisitos de tempo de ciclo, além de proporcionar maior robustez e confiabilidade ao planejamento. Conclui-se que a simulação computacional é fundamental para antecipar ajustes, reduzir riscos e contribuir para arranjos físicos mais eficientes e resilientes, reforçando a importância das ferramentas virtuais no apoio à tomada de decisão no ambiente industrial.

Palavras-chave: Arranjo físico, simulação virtual, planejamento de instalações.

I. Introdução

O *layout* produtivo deve estar alinhado à cadeia de suprimentos, uma vez que pode gerar impactos nos parâmetros e especificações de produto [1]. Além disso, a indústria deve evoluir conforme as necessidades dos clientes, sendo a flexibilidade dos processos essencial para atender à customização em massa e à busca por qualidade de vida [2], [3].

Nesse contexto, estudos de arranjos físicos, ao definirem a disposição dos equipamentos e áreas produtivas, devem considerar os princípios se segurança, economia de movimentos, flexibilidade, progressividade e espaço [4].

Além disso, com a chegada da Indústria 4.0, a manufatura digital tem se destacado como resultado do processo de fusão da tecnologia digital, redes de informação e tecnologia de fabricação que traz o melhor do processo de digitalização como resultado para os sistemas de manufatura [5] e, diante disso, a simulação a eventos discretos possibilita a testagem de diferentes cenários operacionais e antecipação de problemas antes de sua ocorrência, oferecendo suporte valioso para a tomada de decisão [6].

II. Objetivos

Este trabalho possui como objetivo geral analisar o *layout* de produção e abastecimento de tetos em uma montadora de automóveis, considerando as restrições impostas pela atual instalação, propondo soluções com o uso de simulação virtual.

Derivam-se especificamente do objetivo geral, a avaliação do *layout* inicial da linha de produção de tetos para identificar pontos críticos e oportunidades de melhoria o desenvolvimento de diferentes arranjos de células de fabricação utilizando o software *MicroStation*, a avaliação do conceito do arranjo físico proposto, simulação dos pontos críticos do processo e aprimoração o *layout* com base em simulação de processo no software *Process Simulate*, além da simulação do fluxo do processo para análise operacional com uso do software *Plant Simulation*, propondo melhorias no arranjo de fabricação e no processo de abastecimento com base nos resultados das simulações e rearranjo de *layout*.

III. Metodologia

Este trabalho adotou uma abordagem metodológica combinada para analisar, propor e validar melhorias no *layout* de produção e abastecimento de tetos da empresa de estudo. Com isso, o processo metodológico iniciou com o conhecimento de campo, seguido pela análise documental da área estudada. Em seguida, procedeu-se à determinação dos pesos relativos dos critérios para avaliação de cenários, possibilitando a realização de um estudo preliminar para o novo cenário.

A partir dessas informações, foram elaboradas alternativas de arranjo físico utilizando o software *Microstation*. As alternativas foram então avaliadas por especialistas, e, a partir da alternativa mais bem avaliada, avançou-se para a validação do arranjo por

meio de simulação computacional com o apoio dos softwares *Process Simulate* e *Plant Simulation*.

IV. Resultados e Discussões

A partir da aplicação da metodologia proposta, os resultados indicaram importantes avanços na reconfiguração do *layout* da célula de montagem de tetos. A análise inicial, fundamentada nos cinco princípios de arranjos físicos: segurança, economia de movimentos, flexibilidade, progressividade e espaço, evidenciou problemas significativos no *layout* pré-planejado pela empresa, como cruzamento de fluxos, rotas de fuga obstruídas e ausência de dispositivos de segurança adequados.

O processo de avaliação por meio do PAH destacou maior prioridade para o critério de segurança, com peso de 49,4% seguido pela economia de movimentos (22,7%), progressividade (16,7%), flexibilidade (5,9%) e espaço (5,4%).

Com isso, as limitações observadas, tanto na configuração pré-planejada quanto na versão já instalada na fábrica, justificaram a necessidade de propor alternativas de *layout*. Foram então elaboradas três alternativas, utilizando o software CAD *Microstation*, as quais foram avaliadas por especialistas multidisciplinares. A alternativa 3 destacou-se como a mais eficaz, alcançando maior aderência aos critérios estabelecidos e ponderados pelo PAH, conforme exposto na Tabela 1 com o maior índice de contribuição com os critérios (0,28). Essa proposta adotou o conceito de manufatura celular, promovendo ganhos em segurança, redução de movimentações e maior flexibilidade no fluxo entre as células.

Tabela 1. Resultado do PAH

Alternativa de <i>layout</i>	Resultado
Pré-planejado	0,21
Alternativa 1	0,25
Alternativa 2	0,26
Alternativa 3	0,28

A avaliação do tempo de ciclo teve como base a coordenação simultânea das operações com tempos padrões da empresa e com o tempo resultante da simulação de processo com o software *Process Simulate*, demonstrou a capacidade do *layout* ao atender o tempo de ciclo de 57,12 segundos, uma das principais premissas do estudo.

Após a avaliação do tempo de ciclo do *layout* selecionado, a simulação de fluxo com uso do software *Plant Simulation* revelou uma taxa de produção de 65 tetos por hora em condições ideais, com redução de apenas 4% quando consideradas as falhas e o tempo médio de reparo (MTTR – *Mean Time To Repair*), mantendo a taxa em 63 tetos por hora. Com isso, a eficiência do sistema planejado com um único fluxo de processo é de 96,92% (63 TPH/65 TPH) o que indica um desempenho global bastante próximo do ideal,

mesmo diante das limitações e problemas identificados ao longo da simulação.

Por fim, a análise estatística de utilização dos recursos, apresentada na Figura 1, os robôs R01_G e R02_G destacam-se pelo maior tempo de utilização, enquanto R03_M apresenta bloqueios devido à dependência dos mesmos. Já os postos de embalagem funcionaram como *buffers*, justificando assim os bloqueios, e os pedestais de cola (EC1 e EC2) mostraram bloqueios sem impacto relevante na análise.

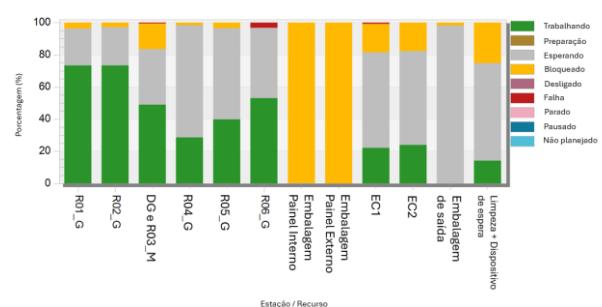


Figura 1. Estatísticas de funcionamento dos recursos.

V. Considerações Finais

Este estudo demonstra que a simulação computacional aplicada contribui de forma decisiva para garantir que o arranjo físico planejado atenda às exigências de flexibilidade e eficiência de um processo, prevendo o comportamento de um sistema ao avaliar os tempos e funcionamento de cada recurso, complementando o planejamento ao proporcionar uma base sólida para o atingimento dos objetivos da instalação.

VI. Referências

- [1] TOMPKINS, J. A. *et al.* Planejamento de instalações. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- [2] WANG, S. *et al.* Implementing smart factory of industrie 4.0: An outlook. International Journal of Distributed Sensor Networks, [S.I.], v. 2016, p. 1-10, 2016.
- [3] MACHADO, A. G. C.; MORAES, W. F. A. Da produção em massa à customização em massa: Sustentando a liderança na fabricação de motores elétricos. Cadernos EBAPE, Rio de Janeiro, v. 7, n. 4, p. 575-590, dez. 2009.
- [4] PEINADO, J.; GRAEML, A. R.; Administração da produção: Operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicenp, 2007.
- [5] ZHOU, Z.; XIE, S. S.; CHEN, D. Fundamentals of digital manufacturing science. Londres: Springer, 2012.
- [6] CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Modelagem e simulação de eventos discretos. 5. ed. São Paulo: Leanpub, 2022.

Análise do Impacto da Roteirização de Entregas no Custo Logístico em Grandes Centros Urbanos: Estudo de Caso em um E-commerce

Guilherme Ambrizzi Ramin, Gustavo Lopes de Assis, Matheus Lima da Silva

Engenharia de Produção

raminguilherme6@gmail.com, glassisfei@gmail.com, matheusldasilva97@gmail.com

Orientador: Marcelo Koiti Fugihara

Departamento de Produção, Centro Universitário FEI

mfugihara@fei.edu.br

Resumo: Este estudo analisa os impactos da roteirização de entregas nos custos logísticos de uma empresa de *e-commerce* em grandes centros urbanos, considerando restrições operacionais como janelas de tempo e rodízio veicular. Utilizando o *software Supply Chain Guru*, foram simulados cinco cenários, incluindo um modelo *baseline* (atual) e versões otimizadas com diferentes configurações de frota e restrições. Os resultados demonstraram reduções significativas nos custos totais de transporte (até 19,7%), distâncias percorridas (43,1%) e tempos de entrega (36,4%) nos cenários otimizados, destacando a eficácia da roteirização computacional mesmo em ambientes urbanos complexos. O cenário com uso exclusivo de veículos HR 1 Mile apresentou o melhor desempenho operacional, enquanto a restrição de rodízio mostrou impacto mínimo na eficiência logística. Conclui-se que a simulação contribui para decisões estratégicas, equilibrando custos e nível de serviço.

Palavras-chave: roteirização, otimização logística, last mile, e-commerce, simulação computacional, custos de transporte.

I. Introdução

A logística de última milha em centros urbanos representa um dos maiores desafios para empresas de e-commerce, com custos que podem chegar a 53% do total da cadeia logística (MANGIARACINA et al., 2020).[1] Este trabalho analisou os impactos da roteirização computacional nos custos operacionais de uma grande varejista online, considerando restrições típicas como rodízio veicular e janelas de entrega. Utilizando o *software Supply Chain Guru*, foram simulados cinco cenários operacionais para identificar oportunidades de otimização. A pesquisa responde à questão: "Quais são os ganhos logísticos da roteirização em empresas de e-commerce com restrições operacionais?"

II. Referencial teórico

O estudo fundamenta-se em três pilares teóricos: (1) a gestão da cadeia de suprimentos conforme Ballou (2006) [2], que destaca o transporte como atividade-chave na absorção de custos logísticos; (2) os conceitos de last mile logistics de Olsson et al. (2019) [3], que identificam os principais entraves nas entregas urbanas; e (3) os métodos de roteirização com restrições descritos por Novaes (2007) [4], particularmente o algoritmo de Clarke e Wright para problemas de otimização de rotas. A pesquisa também considerou as particularidades do

modal rodoviário no Brasil, responsável por 65% do transporte de cargas (Agência Nacional de Transportes Terrestres, 2019) [5].

III. Metodologia

O estudo adotou uma abordagem metodológica baseada em simulação computacional, utilizando dados operacionais reais de uma grande empresa de e-commerce referentes ao mês de agosto de 2021. O processo de pesquisa foi estruturado em três etapas principais: coleta e tratamento de dados, modelagem no *software Supply Chain Guru*, e análise comparativa dos resultados. Para viabilizar a modelagem computacional, foram estabelecidos cinco cenários distintos de operação:

- (1) Cenário *baseline* representando a operação atual;
- (2) Cenário otimizado com e sem restrição de rodízio veicular;
- (3) Cenário com frota exclusiva de veículos urbanos de carga (VUC);
- (4) Cenário com frota exclusiva de veículos HR 1 Mile;

(5) Cenário ideal sem nenhum tipo de restrição operacional. Cada cenário foi configurado considerando variáveis como custos fixos e variáveis por tipo de veículo, capacidades de carga, janelas de atendimento e restrições de circulação.

A análise dos resultados focou em três indicadores-chave de desempenho logístico: custos totais de transporte (separados em fixos e variáveis), distâncias médias percorridas por rota, e tempos médios de serviço (entrega). A validação dos modelos foi realizada através de comparação cruzada entre os cenários e verificação da aderência às restrições operacionais configuradas no sistema.

IV. Análise de cenários e resultados

As principais análises demonstraram:

- Redução de 19,7% nos custos totais (R\$ 11.897,68) no cenário otimizado;
- Economia de 25,6% nos custos variáveis (R\$ 10.622,29);
- Diminuição de 33,9% na distância média (25,63 km);
- O cenário com HR 1 Mile apresentou melhor desempenho operacional (43,1% menos distância), enquanto as restrições de rodízio mostraram impacto mínimo (<1%) na eficiência geral. A Tabela 6 do estudo original detalha as variações percentuais entre cenários.

O cenário com HR 1 Mile apresentou melhor desempenho operacional (43,1% menos distância), enquanto as restrições de rodízio mostraram impacto mínimo (<1%) na eficiência geral. A Tabela 6 do estudo original detalha as variações percentuais entre cenários.

V. Conclusões

Este estudo demonstrou o impacto transformador da roteirização computacional na logística de e-commerce em ambientes urbanos. Através da modelagem de cinco cenários distintos no *Supply Chain Guru*, verificou-se que a otimização de rotas pode gerar reduções significativas nos custos logísticos (até 19,7%) e melhorias expressivas nos indicadores operacionais (33,9% menos distância percorrida e 27,7% de ganho em tempo de entrega).

Os resultados revelaram que as restrições urbanas, como o rodízio veicular, apresentam impacto limitado na eficácia das soluções de roteirização (variação inferior a 1%), comprovando a robustez dos modelos otimizados mesmo em condições operacionais adversas. Particularmente relevante foi o desempenho do cenário

com veículos HR 1 Mile, que alcançou reduções de 43,1% na distância média, sugerindo ser uma configuração ideal para operações que priorizam agilidade.

Embora o estudo tenha enfrentado limitações relacionadas à disponibilidade de dados geográficos detalhados e capacidade computacional, os resultados oferecem evidências concretas do valor estratégico dessas soluções. A metodologia desenvolvida se mostra particularmente relevante para empresas que buscam conciliar eficiência operacional com qualidade no atendimento ao cliente.

Como contribuição prática, o trabalho demonstra que investimentos em tecnologias de roteirização inteligente podem representar um diferencial competitivo significativo no setor de e-commerce, com potencial para gerar economias substanciais quando implementadas em escala operacional.

VI. Referências

- [1] MANGIARACINA, R. et al. Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: A literature review. *Transportation Research Procedia*, v. 46, p. 9–18, 2020.
- [2] BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. Bookman, 2006.
- [3] OLSSON, J. et al. Framework of last mile logistics research. *Sustainability*, v. 11, n. 24, 2019.
- [4] NOVAES, A. G. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. Elsevier, 2007.
- [5] AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. Plano de Atuação Internacional. 2019.

Agradecimentos

A todos os colegas de classe e professores, por compartilharem opiniões e conhecimentos que trouxeram discussões enriquecedoras. Também a todos os familiares de cada integrante, pela compreensão e apoio durante todo o curso de Engenharia de Produção.

Ao Centro Universitário FEI, por toda disponibilidade de infraestrutura e de recursos essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Análise Econômica de um Centro de Reparos de Baterias de Alta Tensão para Veículos Elétricos Premium

Guilherme Felipe Frutuoso Santana, Leonardo Fioramonte Tonet, Thiago Sanseverino Almeida

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo
guisantana2506@gmail.com, leotonet109@gmail.com, thiagosanseverino05@gmail.com

Henrricco Nieves Pujol Tucci

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI
henrricco@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho investiga a viabilidade econômica da criação de um centro especializado em reparos de baterias de alta tensão voltado para veículos elétricos premium no Brasil. A proposta surge diante do crescente número de consumidores que, embora interessados em veículos eletrificados, demonstram insegurança em relação à durabilidade e ao alto custo de substituição das baterias após o fim da garantia. Com base em uma abordagem metodológica exploratória, de natureza aplicada e com ênfase quantitativa, o trabalho descreve o cenário atual do mercado de veículos elétricos no país, analisa os fatores que influenciam a vida útil das baterias e apresenta uma solução concreta para redução da depreciação dos veículos: a construção de um centro de reparos dentro da estrutura logística de uma montadora. Foram realizadas projeções de investimento, análises de indicadores financeiros (ROI, Payback, VPL e TIR) e estimativas de volume de serviços, demonstrando que, apesar do investimento inicial elevado, o projeto se mostra viável a médio e longo prazo, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

Palavras-chave: Veículos elétricos; Bateria de alta tensão; Reparo; Viabilidade econômica; Depreciação.

I. Introdução

Atualmente os veículos elétricos vem crescendo no mercado brasileiro e estão ganhando cada vez mais espaço com a chegada de várias marcas no Brasil. Porém, apesar deste fato, a infraestrutura para carregamento de veículos elétricos no Brasil ainda enfrenta uma série de dificuldades [1]. As marcas de luxo no Brasil vêm investindo cada vez mais nos modelos eletrificados e algumas empresas pretendem ter cerca de 90% de suas frotas com veículos 100% elétricos até 2030. Tanto que, estudos mostram que o mercado premium no Brasil terá aproximadamente metade da frota de veículos elétricos até 2030 [2].

Pode-se perceber que é necessário que os clientes dessas empresas buscam uma experiência especial e precisam se sentir confortáveis com esses produtos inovadores, evidenciando uma necessidade do mercado de eletrificados, tendo em vista que pelo alto custo das baterias de alta tensão, o valor de revenda desses carros tem sido depreciado pela falta de conhecimento deste componente [1]. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica da construção de um centro de reparos de baterias de alta tensão para veículos elétricos premium considerando a depreciação dos veículos seminovos e necessidades do mercado

oferecem alta capacidade de armazenamento e eficiência energética. No entanto, esses benefícios vêm acompanhados de um custo mais elevado e de uma concentração produtiva majoritariamente asiática, com forte protagonismo da China. Além da produção e do desempenho, aspectos como a durabilidade, o funcionamento e a manutenção das baterias de alta tensão são questões centrais que impactam tanto consumidores quanto fabricantes. Fatores como a degradação natural com o uso, o número de ciclos de carregamento e as condições de operação influenciam diretamente a autonomia e a segurança dos veículos elétricos [3].

O mercado de veículos elétricos vem crescendo exponencialmente e isso gera diversas dúvidas nos consumidores, promovendo barreiras na comercialização de veículos elétricos. Essas dúvidas geradas justamente existem pelo fato de o produto estar se tornando mais comum atualmente e o conhecimento do mercado ainda é baixo em relação ao produto e como funciona um carro elétrico.

Por esta razão, o mercado de oficinas que possuem conhecimento técnico para fazer manutenções em um veículo elétrico ainda é baixo, restringindo o consumidor a fazer reparos em seus veículos apenas nas concessionárias. Além disso, as raras oficinas que realizam esse tipo de trabalho não possuem conhecimento técnico necessário e podem acabar prejudicando o funcionamento do carro, prejudicando

II. Materiais e Métodos

Atualmente, destacam-se as baterias de íons de lítio com química NMC (níquel, manganês e cobalto), que

ainda mais a experiência do cliente e impedindo um crescimento mais rápido do mercado de elétricos [3].

A viabilidade econômica não pode ser tratada exclusivamente como uma técnica quantitativa, mas como parte da estratégia da empresa, contribuindo para o alinhamento do objetivo e interesses dos stakeholders [4]. No caso das baterias automotivas, é importante considerar a durabilidade, custo por quilowatt-hora armazenado, produção e impactos regulatório. Assim, a viabilidade econômica se torna uma ferramenta fundamental para qualquer setor, para orientar subsídios, incentivos fiscais e parcerias.

III. Resultados

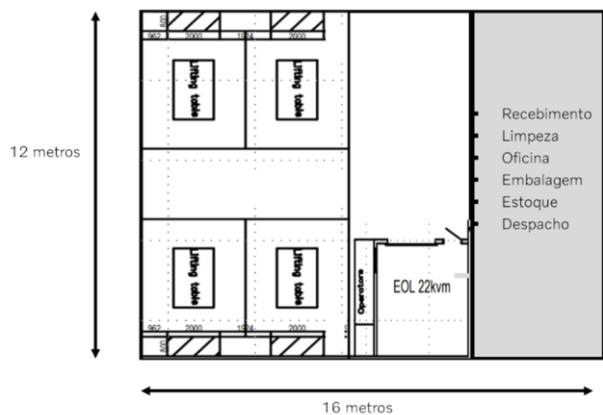
A empresa GTL oferece aos seus clientes diferentes prazos de garantia para seus modelos de veículos eletrificados. Para os veículos híbridos plug-in (PHEV) a garantia é de 24 meses, sem limite de quilometragem. Já para os veículos 100% elétricos (BEV) a companhia oferece uma garantia de 36 meses ou 100.000 quilômetros, o que ocorrer primeiro.

O descarte inadequado de baterias de alta tensão, especialmente em veículos elétricos e híbridos, tem um impacto ambiental significativo. Essas baterias contêm materiais como lítio, cobalto e níquel, que são essenciais para seu funcionamento, mas se não forem corretamente descartados, podem causar sérios danos ao meio ambiente.

Para os próximos três anos, de acordo com os estudos feitos pela empresa GTL, o volume de trocas de baterias de alta tensão para seus clientes tem uma projeção de crescimento médio de 42%. Com isso, apesar de a quantidade de veículos eletrificados ainda ser menor que a quantidade de veículos a combustão no Brasil, nota-se uma necessidade de as montadoras se preparem para elevar o nível de serviço e as capacidades de reparos e trocas desses componentes para conseguir atender seus clientes.

A ideia da empresa GTL é construir esse centro de reparos em seu próprio armazém de peças para facilitar o envio e o recebimento das baterias com a sua empresa de transporte e armazenagem desse estoque de baterias remanufaturadas. Com essa solução a empresa diminui os custos logísticos por concentrar tudo na mesma operação, tendo em vista que todas as peças de reposição para os seus veículos já ficam alocadas nesse armazém para serem distribuídas por todas as suas concessionárias (Figura 1).

A ideia da GTL é iniciar os trabalhos com apenas um colaborador devido ao baixo volume no início e aumentar a quantidade de funcionários de acordo com o aumento da demanda, tendo em vista que já possui uma projeção de aumento médio desse volume de 42% nos próximos três anos. O resultado do Retorno sobre o Investimento (ROI) e Payback apresentado demonstra que o projeto possui resultados positivos e mostra que o planejamento desenhado pela empresa tende a ser lucrativo a partir de 5 anos após os investimentos iniciais.



IV. Conclusões

As contribuições deste trabalho são a apresentação de uma solução sólida para a comercialização de baterias remanufaturadas a custos reduzidos aos consumidores, além de qualidade e segurança do serviço. Esse projeto permite não apenas promover o aspecto técnico da operação, mas também fortalece a visão dos clientes em relação a marca como um protagonista nas questões de mobilidade elétrica no Brasil.

Além disso, o projeto colabora para a redução da depreciação dos veículos elétricos premium seminovos. Ao oferecer uma alternativa de menor custo aos consumidores para a reposição das baterias de alta tensão, o projeto contribui para preservar o valor de revenda desses carros, pois quebra uma das principais barreiras psicológicas dos clientes relacionada ao custo elevado dessa manutenção.

V. Referências

- [1] OSHIMA, Eduardo Issamu. Barreiras e facilitadores para a adoção de carros elétricos no Brasil. 2023. Tese de Doutorado.
- [2] CESAR, Júlio. Carros elétricos no Brasil: segmento premium. Inside EVs Brasil, 2023.
- [3] GRAHAM, J. D.; KRAUSE, R. M.; CARLEY, S. R.; LANE, B. W.; Perception and reality: Public knowledge of plug-in electric vehicles in 21 U.S. cities. Energy Policy. [s. l.], v. 63, n. C, p. 433-440, 2013.
- [4] PADOVESE, J. A. Controladoria estratégica e operacional: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Atlas, 2005.

Análise do Processo de Mineração de Bitcoin sob a Perspectiva do Barômetro da Sustentabilidade

Emil Gualter Stade, Guilherme Gomes Vanzo, Paloma Miwa Koshimizu

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo

unieestade@fei.edu.br, unieguipereira@fei.edu.br, uniepkoshimizu@fei.edu.br

Orientador: Profa. Dra. Fernanda Cristina Vianna

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

fernanda.vianna@fei.edu.br

Resumo: Este artigo apresenta uma análise do processo de mineração de Bitcoin sob a perspectiva do Barômetro da Sustentabilidade, avaliando os impactos ambientais e sociais dessa atividade e propondo medidas mitigadoras para melhoria de seu equilíbrio socioambiental. Os resultados evidenciam uma classificação ambiental média e uma classificação social insustentável, resultando em um resultado global também insustentável.

Palavras-chave: Bitcoin, Barômetro da Sustentabilidade, Indicadores Ambientais, Impacto Social, Sustentabilidade, Mineração Digital.

I. Introdução

O presente trabalho analisa a sustentabilidade do processo de mineração de Bitcoin, considerando seus impactos ambientais e sociais. A pesquisa foi realizada a partir de uma revisão bibliográfica aprofundada, complementada pela aplicação do Barômetro da Sustentabilidade, que permite integrar indicadores sociais e ambientais.

Foram considerados dados de consumo energético, pegada de carbono, pegada hídrica, matriz energética e geração de empregos. Os resultados demonstram que, apesar do desempenho ambiental classificado como médio, o pilar social é avaliado como insustentável, resultando em um nível global de sustentabilidade também insatisfatório.

II. Materiais e métodos

Desde sua criação em 2008 por Satoshi Nakamoto, o Bitcoin se consolidou como a principal criptomoeda do mercado, destacando-se tanto como ativo digital quanto como reserva de valor. Entretanto, à medida que seu uso e valor de mercado crescem, surgem debates importantes sobre os impactos ambientais e sociais associados ao seu processo de mineração, que depende do mecanismo Proof of Work (PoW).

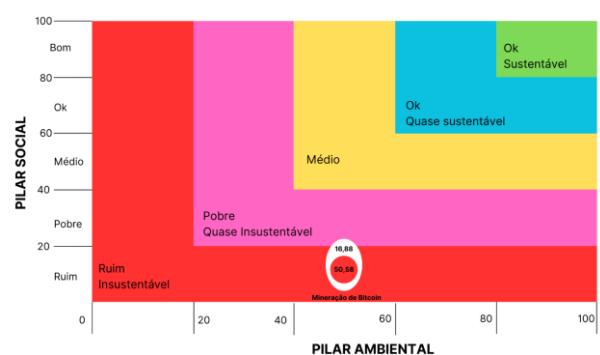
Esse processo exige alto consumo energético e gera preocupações quanto à sustentabilidade, especialmente devido à predominância de fontes fósseis na matriz energética global. Esse estudo tem como foco avaliar esses impactos a partir de uma perspectiva integrada, utilizando o Barômetro da Sustentabilidade como ferramenta de análise.

III. Resultados e Discussões

Os resultados mostram que, em 2023, a mineração de Bitcoin consumiu aproximadamente 121 TWh, superando o consumo elétrico anual de países como Polônia e Egito. Aproximadamente 74% dessa energia foi proveniente de fontes fósseis, o que gera uma pegada de carbono média de 0,558 tCO₂e/MWh e um consumo hídrico estimado em mais de 1,65 km³ por ano.

Do ponto de vista social, a atividade gera poucos empregos diretos e contribui para a desigualdade no acesso à energia em regiões mineradoras, impactando negativamente o pilar social.

O gráfico do Barômetro da Sustentabilidade (Figura 1) mostra o posicionamento do processo de mineração, classificando o desempenho ambiental como médio e o social como insustentável, resultando em um quadro geral de sustentabilidade comprometida.



IV. Conclusões

Os resultados evidenciam que o processo global de mineração de Bitcoin, apesar de seu papel econômico e tecnológico inovador, apresenta um desempenho desequilibrado em termos de sustentabilidade.

O impacto ambiental, classificado como médio, ainda pode ser mitigado pela adoção de matrizes energéticas mais limpas, enquanto o impacto social demanda uma reestruturação mais profunda, com maior geração de empregos e benefícios locais.

O estudo reforça a necessidade de políticas públicas e incentivos regulatórios para tornar a mineração de criptomoedas mais alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e às demandas globais por responsabilidade socioambiental.

V. Referências

- [1] ANTONOPOULOS, A. M. *Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies*. O'Reilly Media, 2015.
- [2] BORÇA JUNIOR, G. R.; TORRES FILHO, E. T. Analisando a crise do subprime. *Revista do BNDES*, 2008.
- [3] D'AVILA, S. Relação entre tipos de tokens e modelos de negócios em blockchain. 2018.
- [4] CAMBRIDGE CENTRE FOR ALTERNATIVE FINANCE. Bitcoin Electricity Consumption Index – CBECI. Disponível em: <https://ccaf.io/cbsi/cbeci>.
- [5] HAYES, A. The relationship between bitcoin price and hash rate. *Journal of Economic Perspectives*, 2015.
- [6] DE VRIES, A. Bitcoin's growing energy problem. *Joule*, 2022.

Manufatura Digital: Aplicação de Simulação a Eventos Discretos no Processo de Ensaios Laboratoriais de Vinhos

Henrique Breda Fatalha, Leandro Teixeira Macedo, Matheus Gonçalves Calefi

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo

henriquefatalha@gmail.com, unieleamacedo@fei.edu.br, matheusgcalefi@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lima

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

flima@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho insere-se no contexto de laboratórios de análises físico-químicas de bebidas, fundamentais para assegurar a conformidade dos vinhos comercializados no Brasil. Diante das limitações regulatórias que restringem a quantidade mensal de análises autorizadas, o estudo teve como objetivo identificar, por meio da simulação a eventos discretos e da aplicação de conceitos de manufatura digital, a capacidade operacional máxima real de rótulos de vinhos que o laboratório consegue analisar com os recursos atualmente disponíveis. Após validação com dados reais, foram simulados diferentes cenários operacionais, revelando que, com ajustes pontuais — sem alterações estruturais significativas —, a capacidade mensal poderia ser ampliada de 440 para até 745 relatórios, um incremento superior a 69%. Além disso, o estudo possibilitou a identificação de gargalos e a proposição de melhorias, evidenciando o potencial da simulação como ferramenta estratégica para tomadas de decisão e aumento da eficiência operacional.

Palavras-chave: Manufatura digital, simulação a eventos discretos, capacidade operacional, laboratório de bebidas, vinhos.

I. Introdução

O processo de verificação de conformidade dos vinhos importados envolve etapas detalhadas, começando com o registro da solicitação pelo importador no Sistema Integrado de Produtos e Estabelecimentos Agropecuários (Sipeagro). Posteriormente, agentes da Vigilância Agropecuária Internacional (Vigilagro) realizam a coleta e lacração das amostras, que são então enviadas a laboratórios credenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Diante da alta demanda, da necessidade de rastreabilidade e do cumprimento de prazos legais, torna-se cada vez mais estratégico adotar ferramentas digitais como a manufatura digital e a simulação a eventos discretos, que permitem mapear, simular e aprimorar o processo laboratorial. A manufatura digital possibilita a modelagem e a análise detalhada de processos produtivos, enquanto a simulação de eventos discretos permite testar cenários e validar mudanças operacionais antes de sua implementação prática, reduzindo riscos e custos (CHWIF, 2002; SHINOHARA et al., 2015).

II. Objetivos

O objetivo do estudo é identificar a capacidade operacional máxima mensal de um laboratório de análise de vinhos, por meio da aplicação da simulação a

eventos discretos e da manufatura digital. Além disso, busca-se validar o modelo de simulação com base em dados reais coletados em campo, bem como explorar cenários alternativos com vistas à ampliação da capacidade produtiva. A pesquisa também pretende identificar gargalos operacionais críticos que comprometem o desempenho atual, avaliar os impactos de mudanças propostas e demonstrar os benefícios do uso de tecnologias da Indústria 4.0 para suporte a tomada de decisão estratégica e melhoria de processos.

III. Metodologia

A pesquisa caracterizou-se como aplicada e de natureza mista, integrando abordagens quantitativas e qualitativas para compreender de forma ampla a operação do laboratório. A coleta de dados foi realizada diretamente no ambiente real de trabalho, utilizando entrevistas estruturadas com os colaboradores, análise documental das normas regulatórias e procedimentos internos, além de levantamento dos tempos de ciclo dos ensaios realizados.

Com base nessas informações, foram elaborados fluxogramas detalhados e planilhas estruturadas, organizando de forma sequencial as atividades e os recursos envolvidos em cada etapa dos ensaios físico-químicos. Essa estruturação de dados viabilizou a criação do modelo computacional que serviu como base para as simulações desenvolvidas, possibilitando a

identificação posterior de gargalos e oportunidades de melhoria.

A análise contemplou ainda as características de um estudo transversal e *ex-post facto*, pois partiu de dados históricos e reais para descrever e explicar o comportamento atual dos processos, sem qualquer intervenção prática direta. Essa abordagem permitiu identificar a capacidade operacional e embasar cenários de aprimoramento, fornecendo suporte técnico para decisões futuras.

IV. Modelagem e Resultados

A simulação computacional foi desenvolvida no software Siemens Tecnomatix *Plant Simulation*, utilizando um modelo rigorosamente validado com dados reais de operação do laboratório. Essa modelagem confirmou a aderência total do sistema simulado à prática atual, reproduzindo com precisão o fluxo real de trabalho e os resultados médios efetivos obtidos pelo laboratório.

Com a validação do cenário base, no qual se registrou uma produção mensal de 440 relatórios — valor idêntico ao efetivamente processado pelo laboratório —, foram executados ajustes graduais e controlados para quantificar a capacidade operacional máxima com a infraestrutura e os recursos existentes. Esses ajustes contemplaram a reavaliação do tamanho das bateladas, o balanceamento da carga de trabalho entre os colaboradores e a verificação de todos os limites práticos impostos pelos equipamentos atuais. A cada simulação, foram analisadas as restrições reais e as possibilidades de ampliação de rendimento. A Figura 1 ilustra o modelo da operação no ambiente de simulação.



Figura 1. Representação do modelo de simulação.

A resposta direta à pergunta problema foi alcançada ao identificar a capacidade máxima mensal de 582 relatórios, obtida sem alterações físicas no laboratório ou investimentos adicionais, demonstrando um aumento de aproximadamente 32% em relação à capacidade atualmente praticada.

Na sequência, foram simulados cenários com melhorias pontuais, como a substituição da mufla de menor porte por um equipamento maior e a contratação de um novo auxiliar de laboratório para absorver etapas auxiliares e liberar a equipe técnica para as atividades mais qualificadas. A aplicação dessas melhorias resultou na expansão da capacidade para 700 relatórios mensais. Por fim, ao consolidar todos os ajustes e adotar

bateladas de 30 amostras, o modelo final projetou uma capacidade máxima de 745 relatórios mensais — um acréscimo de 305 relatórios, ou 69,3% em relação à prática atual do laboratório.

Esses resultados não só validaram a capacidade real do laboratório como também forneceram subsídios confiáveis para fundamentar decisões estratégicas futuras. A análise demonstrou que mesmo com as limitações estruturais vigentes, existe um potencial expressivo de aumento de rendimento, abrindo caminho para melhorias adicionais e consolidando a importância de ferramentas digitais na gestão técnica e operacional do laboratório.

V. Conclusão

Este trabalho demonstrou, por meio de simulação computacional baseada em eventos discretos, que o laboratório estudado opera atualmente com margem técnica suficiente para absorver um volume maior de ensaios mensais, sem necessidade de reformas estruturais complexas. A simulação validou a aderência do modelo aos processos reais observados, permitindo avaliar cenários de ampliação fundamentados em dados concretos e identificar pontos críticos e oportunidades de melhoria.

Os resultados mostraram que pequenos ajustes operacionais — como a reorganização de atividades secundárias, o replanejamento das tarefas dos colaboradores e a utilização de uma mufla de maior capacidade — permitem ampliar significativamente a capacidade mensal de análises. Essas soluções podem ser implementadas com decisões práticas, como a contratação de um novo auxiliar, sem comprometer a confiabilidade dos ensaios ou demandar investimentos elevados.

Além de confirmar a hipótese inicial sobre a existência de capacidade operacional não aproveitada, o estudo ofereceu *insights* práticos para elevar a eficiência, a produtividade e a rentabilidade do laboratório. Diante das perspectivas de crescimento do setor e das exigências regulatórias cada vez mais rigorosas, a adoção de ferramentas digitais avançadas consolida-se como estratégia essencial para garantir a sustentabilidade e a competitividade do laboratório no mercado nacional.

VI. Referências

- CHWIF, Leonardo. Utilizando simulação de eventos discretos em projetos de sistemas automatizados de manufatura. **ResearchGate**, São Paulo, jan. 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/229042407>. Acesso em: 28 maio 2025.
- SHINOHARA, M. et al. Análise de estudos na área de manufatura digital: uma revisão da literatura. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2015, Bauru. **Anais** [...]. Bauru: Política Nacional de Inovação e Engenharia de Produção, 2015. p. 2-15.

Integração de Sistemas de Gestão Energética com Tecnologias de Compressores

Henrique de Souza Paulo, Rodrigo Malerba Campana

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo
henriquedesp1@gmail.com , rodrigomcampana28@gmail.com

Orientador: Henrricco Nieves Pujol Tucci

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI
henrricco@fei.edu.br

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo investigar a integração de sistemas de gestão energética com tecnologias de compressão em ambientes industriais, destacando a importância da eficiência energética, redução de custos operacionais e alinhamento às diretrizes globais de sustentabilidade. A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica abrangente, complementada por um estudo de caso realizado em um sistema de compressão industrial. A análise incluiu a coleta de dados operacionais, medições in loco e a aplicação de indicadores financeiros como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback, a fim de avaliar a viabilidade econômica da adoção de tecnologias de compressão integradas a sistemas de gestão energética.

Palavras-chave: Eficiência energética; Integração tecnológica; Viabilidade econômica.

I. Introdução

Hoje, em vez de adaptar o sistema de trabalho para um controle e gestão eficientes de recursos energéticos, as empresas, especialmente no setor industrial, estão mudando para novas aplicações, pois acreditam que esse é um dos principais problemas das organizações.

Diante da crescente demanda por operações sustentáveis, redução de custos operacionais e vantagem competitiva, as indústrias estão buscando soluções que utilizem energia de maneira mais eficiente, além de possibilitar o uso de equipamentos e tecnologias inovadoras que podem levar à redução de emissões de gases de efeito estufa. A indústria está desenvolvendo muitos sistemas para ajudar a cumprir rigorosos padrões ambientais. Atualmente, enfrentamos uma crise energética, também relacionada à escassez de água, pois cerca de 55% da matriz energética brasileira é baseada em hidroeletricidade [1].

A gestão eficaz da energia dos processos industriais é uma questão importante para seu desenvolvimento sustentável, em especial considerando que hoje as organizações se preparam com uma competição de mercado em custos e desempenho [2].

Deste modo, o objetivo principal deste trabalho é mostrar como a integração de sistemas de gestão de energia com tecnologias de compressão para melhorar a eficiência operacional e econômica durante o processo de reestruturação de uma planta industrial.

II. Materiais e métodos

O uso sensato das energias é uma das dimensões mais importantes no campo da produção para aplicações industriais com uma visão de sustentabilidade e economia de custos. Uma análise econômica completa deve ser realizada usando diferentes figuras de mérito que ajudarão em uma tomada de decisão metódica e hierárquica [2].

Os mais importantes entre eles são os custos fixos e variáveis, bem como os indicadores de investimento, a saber, VPL (Valor Presente Líquido) e Payback, uma vez que os últimos implicam se a realização de um Projeto de Eficiência Energética é útil [3; 4].

Além disso, essas indústrias são afetadas por uma legislação mais rigorosa, bem como por exigências energéticas e ambientais, devem se adaptar a esse novo ambiente dinâmico. Tais mudanças, com a demanda por maior eficiência energética e controle de emissões, por exemplo, geram a necessidade de retomar processos e tecnologias com novas respostas, o que pode exigir ainda mais recursos [5].

O VPL é um indicador de quanto valor um investimento ou projeto acrescenta à empresa. No cálculo, os fluxos de caixa futuros são descontados para que os fluxos sejam expressos em termos de valor presente. Se o VPL for positivo então o projeto é considerado factível. Caso contrário, deve ser rejeitado. Essa neutralidade faz do VPL (Figura 1) uma das

medidas mais básicas de escolha de projeto, especialmente se considerarmos contextos nos quais as ações devem ser categorizadas como eficientes e economicamente viáveis [6].

$$\begin{aligned} VPL &= \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - FC_0 \\ &= \sum_{t=1}^n (FC_t \times FVFT_{k,t}) - FC_0 \end{aligned}$$

Figura 1. Equações de Valor Presente Líquido.

III. Resultados e Discussão

A automação do início e parada dos compressores tem o efeito de evitar o desperdício de energia e aumentar a vida útil dos equipamentos. A automação desempenha um grande papel na sustentabilidade operacional e econômica nas indústrias [7].

Estes tipos de controles inteligentes estão de acordo com a norma ISO 50001 para gestão de energia nas organizações. Tavares, Costa e Oliveira (2021) afirmam que adotar a burocracia energética padronizada pela implementação de normas internacionais é o meio de conseguir aumentar a eficiência e a competitividade. Assim, as organizações podem reduzir custos operacionais e manter a continuidade do processo, mesmo em tempos de ocorrências inesperadas.

Além do controle da operação em tempo real, esses sistemas oferecem meios para a substituição automática de máquinas em caso de falha, garantindo assim a estabilidade do sistema de ar comprimido.

A recuperação industrial de energia térmica permite seu uso em estágios subsequentes do processo de produção, com consequente redução da quantidade de energia primária de aquecimento necessária. No entanto, a implementação de sistemas de recuperação de energia é uma opção atraente para reduzir tanto emissões quanto custos operacionais na indústria. Desta maneira, o desempenho técnico pode certamente estar alinhado com a responsabilidade ambiental [8].

A empresa estava operando um compressor de parafuso lubrificado a óleo, com controle de velocidade fixa e de carga/descarga. Este era o fluxo máximo em potência constante do equipamento, registrando uma média de 230 m³/h, correspondente à metade da capacidade nominal (500 m³/h), onde havia contribuição para o aquecimento (excessivo), perdas operacionais e instabilidades do sistema.

Ao utilizar o monitoramento eletrônico, tornou-se aparente como o perfil de carga da sala de compressores era em termos reais. A informação obtida foi considerada por 7 dias e levou à sugestão de uma solução de engenharia, que era simplesmente substituir o equipamento existente por um mais avançado com drive de velocidade variável (VSD). A nova unidade selecionada é capaz de operar num intervalo entre 92,71 m³/h – 677,79 m³/h, assim a velocidade do motor é capaz de modular de acordo com a demanda real,

evitando consumos energéticos desnecessários e perdas de operação a vazio.

A economia anual com as novas tecnologias é de R\$ 67.417,38, o que representa 39,58 por cento. Além disso, com a chegada de uma nova máquina, suas tecnologias asseguraram uma redução de 13,97 toneladas de CO₂ por ano. Portanto, a análise de investimento confirma que o projeto se pagará em cerca de 2,9 anos com um VPL calculado de aproximadamente R\$ 180.923,23.

IV. Conclusões

Os resultados evidenciaram que a implementação dessas tecnologias proporcionou uma redução significativa no consumo de energia elétrica e nos custos operacionais, além de melhorar a confiabilidade dos equipamentos e contribuir para a mitigação de impactos ambientais. A análise financeira revelou um *payback* estimado em menos de três anos, um VPL positivo de aproximadamente R\$ 180 mil e uma TIR de 31,53%, confirmando a viabilidade do projeto. Conclui-se que a integração de sistemas de gestão energética com tecnologias de compressão configura-se como uma estratégia eficaz para indústrias que buscam aliar inovação tecnológica e sustentabilidade, sendo fundamental a superação de barreiras iniciais, como o custo de implementação e a capacitação das equipes envolvidas.

V. Referências

- [1] EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2024. Brasília: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 30 out. 2024.
- [2] CAVALCANTI, C. A. B.; FERREIRA, P. J. S. Gestão Energética Industrial: Fundamentos e Aplicações. Rio de Janeiro: Interciênciac, 2017.
- [3] FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. Curso de estatística. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2020.
- [4] DRURY, C. Contabilidade de custos. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- [5] CARMO, F.; SCHMIDT, Juliana; BORSATO, Milton. Uma análise bibliométrica sobre reuso do conhecimento no desenvolvimento de produto. 11º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto, Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/cbgdp/2017/001.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2025.
- [6] ASSAF NETO, A. Finanças corporativas e valor. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- [7] VILANOVA, J. T.; GOULART, J. P. Automação e controle em sistemas de ar comprimido industriais. Revista Engenharia e Indústria, v. 8, n. 3, p. 58-70, 2017.
- [8] RÜTHER, R. Eficiência energética e energias renováveis: fundamentos e aplicações. Revista Brasileira de Energia Sustentável, v. 9, n. 1, p. 15-30, 2014.

Mapeamento de Processos: Aplicação de Ferramentas para Identificar e Priorizar Tomada de Ações no Processo de Implementação de CRM

Gabriel de Andrade, João Paulo Soares da Silva, Renata Schneider de Lucca

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo

gabriel.andrade7@hotmail.com, jaopss.com@gmail.com, renataschneider1@gmail.com

Orientador: Prof.Dra. Gabriela Scur Almudi

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

gabriela@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho tem como objetivo mapear o processo de implementação do sistema de *Customer Relationship Management* (CRM) em uma empresa de tecnologia e propor ações corretivas para seus principais gargalos. Por meio de um estudo de caso, foram utilizadas as ferramentas *service blueprint*, *Business Process Model and Notation* (BPMN), Matriz GUT (Gravidade x Urgência x Tendência) e Matriz de Eisenhower para identificar, analisar e priorizar os problemas que comprometem a eficiência do processo. Os resultados apontaram como principal gargalo a definição inadequada do escopo, gerando retrabalho e atrasos. A proposta de melhoria envolve a criação de uma etapa pré-imersão e o fortalecimento da comunicação entre as equipes Comercial e de Implementação. O estudo contribui com um modelo de análise e melhoria aplicável à implementação de sistemas CRM.

Palavras-chave: CRM, mapeamento de processos, *service blueprint*, BPMN, priorização, melhoria contínua.

I. Introdução

O avanço dos sistemas de gestão do relacionamento com o cliente (Customer Relationship Management – CRM) tem transformado a forma como as empresas interagem com seus clientes, exigindo não apenas ferramentas tecnológicas, mas também mudanças estruturais nos processos organizacionais (Kotler; Keller, 2012). A prestação de serviços e o relacionamento com o cliente passaram a demandar maior personalização e eficiência, o que torna essencial a aplicação de abordagens sistemáticas para a análise e melhoria de processos (Fitzsimmons; Fitzsimmons, 2014). Nesse contexto, a gestão da qualidade e a busca pela melhoria contínua desempenham papel central na adoção bem-sucedida de sistemas como o CRM (Deming, 1990).

II. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é mapear o processo de implementação de um CRM e propor melhorias que reduzam gargalos operacionais. Como objetivos específicos, destacam-se: (i) identificar os principais problemas do processo atual; (ii) aplicar ferramentas de análise e priorização; (iii) propor ações corretivas estruturadas.

III. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, descritiva e aplicada, desenvolvida por meio de um estudo de caso em uma empresa de tecnologia. Foram utilizadas entrevistas não estruturadas, observações diretas e análise documental. As ferramentas adotadas incluem o *service blueprint*, BPMN, matriz GUT e matriz de Eisenhower.

IV. Resultados

Os resultados evidenciaram quatro principais gargalos: escopo mal definido, dificuldade de integração com *Enterprise Resource Planning* (ERPs), demora na virada de chave e excesso de ajustes na fase de adoção. A priorização com as matrizes GUT e Eisenhower destacou a definição de escopo como o problema mais crítico.

Problema	Gravidade (G)	Urgência (U)	Tendência (T)	Prioridade (G x U x T)
Escopo mal definido	5	4	4	80
Integração com ERPs sem API	4	4	3	48
Excesso de ajustes solicitados na fase de Adoção	3	3	3	27
Demora na transição para o ambiente de produção	3	3	3	27

Fonte: Autores (2025).

Figura 1. Matriz GUT

Tópico	Urgência	Importância	Quadrante
Escopo mal definido	Alta	Alta	Fazer agora (Importante e Urgente)
Integração com ERPs sem API	Alta	Média	Planejar (Importante, não urgente)
Excesso de ajustes solicitados na fase de adoção	Média	Média	Delegar (Não importante, urgente)
Demora na transição para o ambiente de produção	Média	Alta	Agendar (Importante, não urgente)

Fonte: Autores (2025).

Figura 2. Matriz Eisenhower

V. Conclusões

A principal contribuição do estudo está na proposição de melhorias operacionais no processo de implementação de CRM, destacando-se a criação de uma etapa pré-imersão e o alinhamento entre áreas internas. A metodologia adotada mostrou-se eficaz na identificação e priorização de problemas, podendo ser replicada em outras organizações.

VI. Referências

- [1] KOTLER, P.; KELLER, K. L. *Administração de Marketing*. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2012.
- [2] FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. *Administração de Serviços*. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- [3] DEMING, W. E. *Qualidade: a revolução da administração*. 3. ed. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

Agradecimentos

Agradecemos ao Centro Universitário FEI, à empresa parceira pela colaboração no estudo de caso, e a todos os profissionais que contribuíram com informações e apoio técnico. Estendemos nossa gratidão às nossas famílias e colegas, que nos apoiaram durante toda a trajetória acadêmica.

Análise Multicritério da Sustentabilidade de Alternativas de Combustíveis para Aviação: Um Estudo com o Método TOPSIS

Daniel Vitor Oddone Corrêa, Jorge Dias da Silva, Júlia Toledo Valles

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo

danieloddone99@gmail.com, jorgedds966@gmail.com, juliaoledovalles@gmail.com

Orientador: Profa. Dra. Gabriela Scur Almudi

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

gabriela@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho compara a sustentabilidade do SAF e do hidrogênio em relação ao *Jet-A*, usando o método multicritério TOPSIS. A análise considera os pilares ambiental, econômico e social, com indicadores de pegada de carbono, custo do ciclo de vida e avaliação social. A comparação baseou-se em um voo da rota São Paulo – Brasília com a aeronave Embraer 195-E2. Dados técnicos e respostas de moradores próximos ao aeroporto subsidiaram a análise. O hidrogênio teve o melhor desempenho geral, mas a vantagem sobre o SAF foi pequena. O SAF é mais viável no curto prazo por sua compatibilidade com aeronaves atuais. O hidrogênio, apesar de mais caro, é a opção mais sustentável no longo prazo. A pesquisa destaca a importância de soluções sustentáveis e progressivas para a aviação. O estudo contribui com dados relevantes para decisões sobre combustíveis alternativos no setor aéreo.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Aviação. Combustíveis alternativos. SAF. Hidrogênio. TOPSIS.

I. Introdução

O transporte aéreo é vital para a economia global por seu alcance e agilidade, impactando positivamente o comércio, turismo e segurança. No entanto, é uma fonte significativa de emissões de gases de efeito estufa (GEEs), principalmente pelo uso de querosene de aviação. Em 2024, o Brasil consumiu 4,94 bilhões de kg desse combustível, gerando altas emissões de CO₂ e outros poluentes como NOx e material particulado.

Dante desse cenário, organizações internacionais, como a ONU, incentivam o uso de combustíveis sustentáveis. O SAF, derivado de resíduos, pode reduzir até 90% das emissões e é compatível com a infraestrutura atual da aviação. Já o hidrogênio, apesar de promissor para zerar emissões de carbono, ainda enfrenta desafios, como a liberação de óxidos nitrosos. Este estudo compara essas alternativas ao *Jet-A*, com base no modelo *Triple Bottom Line* (TBL), avaliando impactos ambientais, sociais e econômicos em diferentes tipos de aviação.

II. Referencial Teórico

O conceito de sustentabilidade remonta ao Relatório Brundtland (1987) e se fundamenta na ideia de satisfazer necessidades presentes sem comprometer as futuras gerações. Nesse contexto, a abordagem do Triple Bottom Line (TBL) proposta por Elkington integra três dimensões fundamentais: ambiental, social e econômica [1]. O pilar ambiental enfatiza a adoção de práticas que reduzam emissões e poluentes, conforme discutido por Sachs, que ressalta a importância de políticas globais para mitigar impactos climáticos e sociais [2]. Já a dimensão social, alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, destaca a necessidade de inclusão, equidade e melhoria das condições de vida, reforçando a tese de Savitz e Korngold sobre empresas que obtêm sucesso ao equilibrar resultados econômicos, sociais e ambientais [3]; além disso, a Agenda 2030 reforça diretrizes para consumo responsável e redução de desigualdades [4]. No

âmbito econômico, o TBL exige que iniciativas sejam viáveis a longo prazo, compondo custos, benefícios e mecanismos de financiamento, especialmente em setores de infraestrutura intensiva, como a aviação.

Especificamente para o transporte aéreo brasileiro, levantamentos estatísticos da ANAC evidenciam o crescimento constante da malha aérea e suas implicações ambientais, desafiando a adoção de soluções mais limpas [5]. Nesse cenário, a Embraer, ao desenvolver a família E-Jets E2, busca otimizar eficiência de combustível e reduzir pegada de carbono por passageiro-quilômetro, demonstrando como inovações tecnológicas podem contribuir à sustentabilidade operacional [6]. Assim, o referencial teórico converge para a integração dessas dimensões: a aviação moderna precisa alinhar métricas ambientais (redução de CO₂, uso de energias menos poluentes), critérios sociais (segurança, inclusão e bem-estar das comunidades próximas aos aeroportos) e viabilidade econômica (custo-benefício de novas tecnologias), de modo a atender tanto às exigências regulatórias quanto às metas estabelecidas pelos ODS.

III. Figuras, tabelas e equações



Fonte: Adaptado de ONU (2025).

Tabela 12 – Matriz de Distâncias e Índice de Similaridade

Alternativa	D+	D-	Ci
SAF	0,1502	0,2374	0,61
Hidrogênio	0,1719	0,3137	0,65
Querosene	0,3213	0,1302	0,29

Fonte: Autores (2025).

C. Equações

As equações a seguir foram fundamentais para a formulação e execução da etapa prática deste TCC. Elas serviram de base para os cálculos e comparações entre os cenários analisados, garantindo embasamento técnico ao estudo.

(1)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - r_j^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - r_j^-)^2}$$

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

$$\text{Pegada de Carbono Total} = E_i \times Fe_i$$

$$(6)$$

$$\text{Energia Total Consumida JetA} = \text{Poder calorífico} \times \text{Densidade} \times \text{Consumo}$$

$$(7)$$

$$LCC = CA + CR + CT + CC$$

$$\text{Consumo JetA} = \text{Capacidade JetA} \times \text{Km percorridos}$$

$$(8)$$

$$\text{Consumo estimado} = \frac{\text{Energia consumida pelo JetA}}{\text{Poder calorífico do combustível alternativo}} \quad (9)$$

$$\text{Consumo estimado} = \frac{\text{Energia consumida pelo JetA}}{\text{Densidade do combustível alternativo}} \quad (10)$$

$$\text{Preço estimado} = \text{Consumo estimado} \times \text{Preço do combustível}$$

$$\text{Custo de retrofit diluído} = \frac{\text{Custo total de retrofit}}{\text{Vida útil do componente}} \quad (11)$$

$$\text{Custo de retrofit diluído} = \frac{\text{Custo total de retrofit}}{\text{Vida útil do componente}} \quad (12)$$

$$\text{Custo Total por Categoria} = N^{\circ} \text{ Profissionais} \times \text{Custo por Profissional}$$

$$\text{Custo Total por Categoria} = N^{\circ} \text{ Profissionais} \times \text{Custo por Profissional} \quad (13)$$

$$\text{Custo Total do Treinamento} = \Sigma \text{Custo Total por Categoria}$$

$$(14)$$

$$\text{Custo por horas de voo} = \frac{\text{Custo total do treinamento}}{\text{Total de horas de voo}} \quad (15)$$

$$CCT = 372 \times t$$

IV. Conclusões

O estudo teve como objetivo comparar o uso do Sustainable Aviation Fuel (SAF) e do hidrogênio na aviação,

considerando os impactos ambientais, econômicos e sociais, com base no método *TOPSIS*. Foram utilizados três critérios: *pegada de carbono (CO₂eq)*, *Life Cycle Cost (LCC)* e *Social Life Cycle Assessment (S-LCA)*. No pilar ambiental, o *Jet-A* teve a maior emissão de carbono, seguido pelo *SAF*, que emite 65% menos. O hidrogênio, com fator de emissão nulo, apresentou o melhor desempenho ambiental.

No pilar econômico, o *Jet-A* foi o mais barato por não exigir adaptações. O *SAF* tem custo mais alto, mas gera créditos de carbono. O hidrogênio, por demandar extração, *retrofit* e treinamento, foi o mais caro. Socialmente, o *Jet-A* é o mais prejudicial à saúde pública; o *SAF* reduz parcialmente os impactos, enquanto o hidrogênio teve os melhores resultados, por ser mais limpo e silencioso.

Pelo método *TOPSIS*, o hidrogênio foi o mais sustentável no geral, seguido pelo *SAF* e, por último, o *Jet-A*. Conclui-se que o *SAF* é mais viável no curto prazo, e o hidrogênio, mais promissor no longo prazo. Contudo, o estudo reconhece limitações, como a escassez de dados reais sobre o uso desses combustíveis em larga escala e a falta de informações sobre suas etapas de produção.

Sugere-se, para pesquisas futuras, incluir a análise completa do ciclo de vida, investigar misturas de combustíveis e explorar o potencial social do *SAF* por meio de iniciativas de reaproveitamento de resíduos, além de políticas públicas que incentivem sua adoção.

V. Referências

- [1] ELKINGTON, John. **Cannibals with Forks: the triple bottom line of 21st century business**. Oxford: Capstone Publishing, 1997.
- [2] SACHS, Jeffrey D. **The age of sustainable development**. New York: Columbia University Press, 2015. Disponível em: <https://archive.org/details/ageofsustainable0000sach>. Acesso em: 12 maio 2025.
- [3] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 5 dez. 2024.
- [4] SAVITZ, Andrew W.; KORNGOLD, Karl. **The Triple Bottom Line: how today's best-run companies are achieving economic, social, and environmental success—and how you can too**. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2014. Disponível em: https://books.google.com/books/about/The_Triple_Bottom_Line.html?id=qXIBAQAAQBAJ. Acesso em: 03 abr. 2025.
- [5] AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). **Dados estatísticos sobre o transporte aéreo no Brasil**. Brasília: ANAC, 2016. Atualizado em: 15 maio 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/dados-e-estatisticas/dados-estatisticos>. Acesso em: 25 nov. 2024.
- [6] EMBRAER. **E-Jets E2 – The Profit Hunter Family**. Disponível em: <https://www.embraercommercialaviation.com/fleet/e-jets-e2/>. Acesso em: 12 maio 2025.

Agradecimentos

Este trabalho marca o fim de uma etapa importante, concluída com dedicação e esforço. Agradecemos a Deus pela força, aos nossos familiares pelo apoio, à orientadora Prof. Dra. Gabriela Scur pela orientação, aos colegas pela parceria e a todos que contribuíram direta ou indiretamente, especialmente os respondentes do formulário e os funcionários da FEI pelo suporte.

Aprimoramento da Tratativa e Retenção de Clientes em um Aplicativo SaaS de Business Intelligence

Guilherme Faria, Marcus Vinicius Pinto, Pedro Henrique Fonseca

Engenharia de Produção – campus São Bernardo do Campo

guilhermegtfaria@gmail.com, marcusviniciuspto@gmail.com, pehfons@gmail.com

Henrricco Nieves Pujol Tucci

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

henrricco@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho visa aprimorar os processos de retenção e tratativa com os clientes de um aplicativo *SaaS* de *Business Intelligence*, visando a implementação de um modelo de ação preventiva ao churn e a consequente redução da taxa de cancelamento. Classificado nas áreas de Engenharia da Qualidade e Confiabilidade de Processos e Produtos, o estudo caracteriza-se como uma pesquisa de campo, com abordagem mista (qualitativa e quantitativa), de natureza exploratório e com recorte longitudinal. Os resultados demonstraram uma queda expressiva dos cancelamentos por fatores internos – de 78,97% em janeiro de 2024 para 35,47% em janeiro de 2025 – e uma redução da taxa média de perda de clientes recém-conquistados de 3,3% para 1% ao mês, ao comparar o 1º trimestre de 2025 com o mesmo período no ano anterior.

Palavras-chave: Churn Rate; Sucesso do Cliente; Retenção; *SaaS*; *Business Intelligence*.

I. Introdução

O modelo *Software as a Service (SaaS)* é uma solução que disponibiliza, por meio da internet, sistemas projetados para atender a necessidades específicas dos usuários que buscam facilidades cotidianas. Nesse formato, o cliente não precisa se preocupar com a instalação, gerenciamento de infraestrutura ou manutenção complexa, de forma que tudo é gerenciado pelo provedor do serviço, ou seja, o usuário lida apenas com a configuração e personalização da aplicação, adequando-a ao seu contexto [1].

Embora o modelo *SaaS* ofereça diversas vantagens, sua adoção também tem apresentado desafios significativos que impactam tanto a experiência dos clientes quanto a sustentabilidade do negócio. Um dos principais desafios enfrentados pelas empresas *SaaS* é a retenção de clientes. O modelo de receitas recorrentes exige que os consumidores permaneçam por um período suficiente para garantir o retorno do investimento realizado na aquisição do usuário. Desse modo, uma alta taxa de cancelamento de assinaturas (*churn rate*) pode comprometer seriamente as finanças da empresa [2].

Portanto, o objetivo deste trabalho é aprimorar os processos de retenção e de tratativa com os clientes do aplicativo *SaaS* de *Business Intelligence*, a fim de viabilizar a implementação de um método de ação preventiva ao *Churn*, com o intuito de reduzir a taxa de cancelamento.

II. Materiais e Métodos

Entender o que leva ao cancelamento é essencial para que as empresas melhorem sua oferta e criem estratégias para reconquistar os clientes. Manter os clientes é mais lucrativo do que conquistar novos, por isso acompanhar o *churn* se torna uma métrica fundamental para a sustentabilidade do negócio. Algumas empresas, como *Spotify* e *Amazon Prime*, utilizam a análise preditiva para compreender os padrões de cancelamento e oferecer promoções personalizadas, ajudando a reduzir a evasão com benefícios exclusivos e recomendações feitas sob medida para cada cliente [3].

Uma alta taxa de *churn* é considerado como um sinal de insatisfação dos clientes, de ofertas melhores por parte da concorrência, ou então, estratégias de marketing que podem ser mais eficazes por parte dos concorrentes. Dessa forma, a *churn rate* passa a não considerar somente a satisfação e a lealdade do cliente, mas também procura orientar decisões estratégicas que impactam a competitividade e o crescimento sustentável de empresas baseadas em assinaturas e no modelo *SaaS* [3].

O avanço do tempo e da era digital, o uso de plataformas virtuais tornou-se cada vez mais presente no processo de vendas, desde a prospecção até o pós-venda. Ferramentas como o funil de vendas transformaram tanto o modo de abordagem ao consumidor quanto a capacidade do vendedor de atender a um determinado número de potenciais clientes, que se ampliou consideravelmente.

Deste modo, esta pesquisa é um estudo de caso e pode ser classificada como exploratória, pois é o primeiro estudo sobre o indicador *churn* e a tratativa com o cliente na empresa em questão [4].

III. Resultados

O App Alfa teve seu lançamento em janeiro de 2022, inicialmente conectado ao *ERP* Omie e provido apenas do relatório financeiro como solução de *business intelligence*. Ademais, tal produto era oferecido via marketplace do sistema de planejamento de recursos empresariais. Além disso, como atrativo de divulgação, o relatório dispunha de um período gratuito de teste de 10 dias, no qual o cliente poderia analisar o dashboard com os seus dados e optar por ativar ou desativar a conexão com o sistema. Após ativo o contrato, o cliente seria cobrado mensalmente para utilizar a licença e, em caso da não ativação, o acesso ao aplicativo seria desativado e nada seria cobrado do usuário. Apesar da boa qualidade dos produtos, a equipe de colaboradores da organização deparou-se com a perda de clientes ainda no primeiro ano de vendas de licenças.

Foi compreendido pelos líderes da empresa a necessidade de implementar um sistema *CRM* mais robusto, a fim de aprimorar os processos da área comercial e atender as novas demandas desse departamento, que surgiram devido ao crescimento do empreendimento. Ademais, com essas mudanças, a confiabilidade nos registros das ações comerciais aumentou substancialmente a partir de julho de 2023. Todavia, apenas a partir de janeiro de 2024 foi possível obter a total confiança nos valores referentes ao indicador de *churn*, na data da perda.

Após a efetivação de ações, o *churn* foi estabilizado, mas em um padrão relativamente alto, apontando que a reunião de dúvidas deveria ser disponibilizada para um grupo maior de clientes ou para todas as ativações de licenças. Com o intuito de resolver o caso das desativações, foi idealizada uma nova página de análise aos usuários, a qual poderia diagnosticar a existência dos desvios que mais geravam casos de suporte em razão de erros no preenchimento dos dados. Como proposta à retenção de clientes conquistados em curto e médio prazo, foi criado o processo de *onboarding*, idealizado a partir de um estudo de benchmarking e estruturado por meio do mapeamento dos casos mais recorrentes de suporte. Estes resultados podem ser observados no gráfico 1 a seguir.



Gráfico 1. Taxa de perda de clientes.

Por fim, após 1 ano desde a implementação definitiva dos procedimentos de *onboarding* e *ongoing* no aplicativo Alfa, foi possível verificar uma redução drástica dos fatores internos causadores do *churn* (gráfico 2).

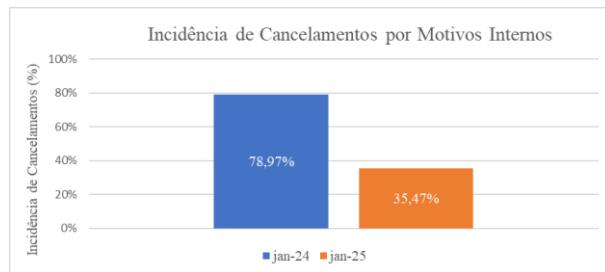


Gráfico 2. Cancelamentos por motivos internos.

Dentre os aprimoramentos, os mais ressaltados são: a criação do departamento de sucesso do cliente, a medição das perdas a partir de indicadores e a implementação dos processos de *onboarding* e *ongoing*.

IV. Conclusões

Este trabalho contribuiu para a identificação e categorização dos principais motivos de cancelamento, criação da área de Sucesso do Cliente, implementação dos processos de *onboarding* e *ongoing*, reconhecimento da necessidade de acompanhamento por indicadores.

É possível observar uma média de cancelamento de 1% ao mês para o período de março de 2025 a outubro de 2024, enquanto no semestre anterior esse indicador aponta para o valor aproximado de 3,3%. Bem como, a partir da identificação dos fatores internos e externos para as desativações, somadas às ações tomadas para a redução do *churn*, foi possível reconhecer a diminuição de 25,7% na incidência de cancelamentos por fatores internos no primeiro trimestre de 2024, se comparado com os últimos 3 meses do ano de 2023.

V. Referências

- [1] WATERS, Bret. Software as a service: A look at the customer benefits. *Journal of digital asset management*, [S. l.], v. 1, p. 32-39, 2005.
- [2] GE, W.; HUANG, K.; LIU, Z.; YIN, L. Customer retention in SaaS: key challenges and strategies. *Journal of Cloud Computing*, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 1–10, 2017.
- [3] KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. *Administração de marketing*. 15. ed. São Paulo: Pearson Education, 2016.
- [4] MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. *Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa/pesquisa bibliográfica/teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso*. São Paulo: Atlas, 2017.

Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos em Pequenas Empresas

Fernanda Rampazzi Loiola, Maria Carolina de Oliveira Dias Pereira, Túlio Alexandre Santos de Oliveira

Engenharia de Produção

fernandarloiola@gmail.com, mcarolinaodp@gmail.com, tuliooliveiraspaulo@gmail.com

Orientador: Claudia Aparecida de Mattos

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

cmmattos@fei.edu.br

Resumo: A implementação de sistema solares fotovoltaicos é uma realidade em muitos lares brasileiros, todavia, ainda é algo em processo de implementação, popularização e ampliação para pequenas empresas. Este trabalho tem como objetivo, analisar a viabilidade econômica na implementação de um sistema fotovoltaico em pequena empresa, baseando-se em um case com projeto de vida de 25 anos. Dentro desta análise, são abordados o investimento inicial, os gastos com manutenção e os montantes economizados em relação a tarifa de energia. Além disso, também são debatidos os riscos relacionados à operação e implementação, bem como à sua conservação durante a vida útil e as premissas para realização dos cálculos. Os resultados obtidos revelaram benefícios econômicos, detalhando indicadores financeiros e os ganhos esperados em relação ao investimento no sistema. A metodologia adotada envolveu a coleta de dados em uma pequena empresa que já utiliza do sistema, a construção do modelo financeiro e a simulação dos diferentes cenários para a avaliação do investimento por meio do software *Oracle Crystal Ball*.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, Sistema fotovoltaico, Pequenas empresas, Análise financeira, Simulação de cenários, Investimento

I. Introdução

Nos últimos anos, a busca por fontes de energia sustentáveis tem se intensificado em todo o mundo, especialmente à luz das preocupações ambientais e da necessidade de diversificação das matrizes energéticas. No Brasil, a matriz energética é marcada por uma significativa participação de fontes renováveis, com destaque para a hidroeletricidade, que de acordo com o Jornal da USP (2023), responde por cerca de 60% da geração de energia elétrica do país. No entanto, com os desafios impostos pelas mudanças climáticas e a crescente demanda por energia, torna-se essencial explorar alternativas, como os sistemas fotovoltaicos. Este trabalho tem como foco a viabilidade econômica da implementação de sistemas fotovoltaicos em pequenas empresas, um tema que se torna cada vez mais relevante no cenário atual.

A energia solar fotovoltaica, uma das fontes renováveis em franca expansão, ocupa um espaço crescente na matriz energética brasileira. Com um potencial solar vasto, segundo o governo federal (2023), “entre janeiro e setembro de 2023, houve o maior incremento da capacidade de geração solar centralizada da história no Brasil”, este apresenta uma penetração relativamente baixa de sistemas fotovoltaicos em comparação com outros países. Esse contexto torna propícia a análise da viabilidade econômica de adoção desses sistemas, especialmente em pequenas empresas,

que frequentemente enfrentam desafios relacionados a custos operacionais e competitividade.

Além disso, “o preço dos mesmos é agora cerca da metade do preço que eles estavam em 2008, e cerca de 100 vezes menor do que eram em 1977. Ademais, esse sistema possui uma vida útil de aproximadamente 25 anos, não necessitando de manutenções periódicas frequentes...” (Silva; Pereira; Oliveira, 2019, p. 24). O uso de painéis fotovoltaicos permite a geração de energia elétrica limpa e renovável para a empresa e esses benefícios se traduzem na redução de custo com as faturas dos concessionários e uma previsibilidade no que as substitui, sendo essas o valor do investimento, somado as manutenções (Spertino; Di Leo; Cocina, 2013).

empresas a buscarem soluções inovadoras e eficientes para reduzir seus custos operacionais. A geração de energia solar por meio de painéis fotovoltaicos surge como uma alternativa promissora nesse contexto, oferecendo a possibilidade de redução de custos com energia elétrica e maior previsibilidade nos gastos.

No entanto, de acordo com Almeida *et al.*, (2023, p. 22071–22073) existe uma lacuna entre os estudos de viabilidade econômica e os resultados práticos da implementação de sistemas fotovoltaicos em pequenas empresas. Essa discrepância pode ser explicada por diversos fatores, como condições

climáticas, características do consumo de energia, políticas de incentivo e custos de instalação.

Analisar a viabilidade econômica e ambiental é imprescindível, pois esses fatores não são diretamente proporcionais, porém ainda muito importantes. Com o desenvolvimento de cenários, focando nos ganhos, medindo de fato a viabilidade econômica, previsão envolvendo diferentes modelos produtivos, considerando aspectos como economia, manutenção e, principalmente, os custos. Tudo isso será relacionado ao investimento em sistemas fotovoltaicos

II. Análise do projeto

Este capítulo apresenta uma análise da viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico em uma empresa de pequeno porte, com base em dados reais da organização analisada e em premissas fundamentadas na literatura especializada. A metodologia adotada consistiu na combinação de cálculos financeiros com simulações computacionais, com o objetivo de avaliar a rentabilidade do projeto ao longo de sua vida útil estimada em 25 anos.

Entre as premissas utilizadas, destaca-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), fixada em 24,56%, composta pela taxa Selic de 15% acrescida de um prêmio de risco de mercado (*Equity Risk Premium*) de 9,56%, ambos vigentes em fevereiro de 2025. O consumo energético foi projetado com base em dados históricos da empresa e considerando uma tendência de crescimento. Também foram considerados os custos de manutenção preventiva e corretiva, incluindo a substituição periódica de componentes como inversores e controladores de carga a cada 10 anos. As tarifas de energia foram tratadas com uma tendência de crescimento ao longo do tempo.

Para a realização das simulações, foi utilizado o software *Oracle Crystal Ball*. As projeções de consumo e tarifas de energia foram modeladas com variáveis determinísticas até o ano de 2032 e, a partir de 2033, com variáveis aleatórias, com distribuições do tipo Beta e BetaPERT, a fim de representar as incertezas envolvidas. A partir dessas informações, elaborou-se o fluxo de caixa do projeto, possibilitando o cálculo de indicadores como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback. Os resultados obtidos indicaram um retorno do investimento entre 7 e 8 anos.

Adicionalmente, foi realizada uma análise de sensibilidade e uma simulação de Monte Carlo com 1 milhão de iterações, o que possibilitou uma avaliação robusta dos riscos e incertezas envolvidos. Constatou-se que as tarifas de energia (valores inseridos nas células T7 a Z7, correspondentes ao período de 2025 a 2031) exercem significativa influência sobre a viabilidade econômica do projeto. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a implantação do sistema fotovoltaico é economicamente viável, apresentando potencial para reduzir os custos operacionais da empresa e gerar créditos de energia, desde que sejam mantidas as

premissas estabelecidas, como a adequada manutenção do sistema e a tendência de elevação das tarifas de energia elétrica.

III. Conclusão

Com base na análise realizada, conclui-se que a instalação de um sistema fotovoltaico em uma empresa de pequeno porte é economicamente viável e estrategicamente vantajosa. Os indicadores financeiros, como o Valor Presente Líquido (VPL) positivo, a Taxa Interna de Retorno (TIR) de 31%, superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 24,56% e o *Payback* entre 7 e 8 anos, demonstram a atratividade do investimento. Além dos benefícios financeiros, o projeto contribui para a sustentabilidade ambiental e para o aumento da competitividade da empresa no mercado. Embora existam riscos, como variações nas tarifas de energia e custos de manutenção, o uso de ferramentas de análise, como a Simulação de Monte Carlo, proporcionou maior segurança e confiabilidade nos resultados. Considerando o cenário energético brasileiro e o potencial de geração solar, a adoção dessa tecnologia representa uma excelente alternativa para pequenas empresas que buscam reduzir custos e operar de maneira mais sustentável.

IV. Referências

- [1] UENO, Alessandra. Hidrelétricas são responsáveis por mais de 60% da geração de energia elétrica brasileira. Jornal da USP, 06 fev. 2024
- [2] GOVERNO FEDERAL. Ministério de Minas e Energia. Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023. 2024
- [3] *Economic analysis of investment in the rooftop photovoltaic systems: A long-term research in the two main markets. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 28, p. 531-540, 2013
- [4] Fontes renováveis de energia elétrica: evolução da oferta de energia fotovoltaica no Brasil até 2050. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v., n.1, p.257-272.

Revisão da Malha Logística de uma Distribuidora de Medicamentos no Estado de São Paulo

Nicole Miki Hayashi

Engenharia de Produção

nicole.m.hayashi@gmail.com

Orientador: Dr. Mauro Sampaio

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Universitário FEI

msampaio@fei.edu.br

Resumo: O principal objetivo desta pesquisa consiste na comparação entre os aspectos operacionais da configuração logística existente e um modelo otimizado para o estado de São Paulo. O cenário operacional da distribuidora em São Paulo caracteriza-se por um fluxo que se inicia com o abastecimento de 150 fornecedores, direcionando os produtos para dois centros de distribuição que passam para mais 20 *transit points*. A complexidade da demanda, resultante da variedade de produtos comercializados pelas farmácias, impõe desafios logísticos significativos à empresa. A metodologia utilizou o software Supply Chain Guru X, considerado pela empresa como uma tecnologia abrangente para atender as necessidades de otimização de sua cadeia de suprimentos. A aplicação de estudos de *greenfield*, *network optimization* e *transportation optimization* em uma malha logística real de abrangência nacional demanda o processamento de um grande volume de dados, o que torna imprescindível o uso de software especializado. Espera-se que os resultados desta investigação forneçam visões valiosas para a que a empresa otimize seus resultados.

Palavras-chave: *Greenfield*, *network* e *transportation optimization*, Supply Chain Guru X.

I. Introdução

O setor de distribuição de medicamentos e fármacos desempenha um papel crucial na garantia do acesso da população a tratamentos de saúde essenciais. A complexidade logística inerente a essa atividade é alta, envolvendo o cumprimento de rigorosas regulamentações sanitárias, e a necessidade de agilidade e segurança nas entregas, representando um desafio constante para as empresas do ramo.

De acordo com Abbasi et al. (2024), as decisões de localização são cruciais para garantir um transporte eficaz e eficiente dentro da cadeia de suprimentos. Além disso, têm se tornado cada vez mais necessárias diante das crescentes demandas por desempenho logístico e sustentabilidade.

Portanto, o presente estudo, passa por toda a cadeia logística de transporte realizando análises de *greenfield*, *network optimization* (NO) e *transportation optimization* (TO) de uma distribuidora de medicamentos no estado de São Paulo em 2024. Tal distribuidora preferiu permanecer anônima, e será referenciada ao decorrer da dissertação como “empresa”.

O estudo de *greenfield* analisou posições atuais e potenciais de acordo com a demanda, e nesse estudo analisou posições estratégicas de *transit points*, ou TPs. Já o estudo de *network optimization* irá avaliar as posições atuais e potenciais em termos de custos e raio

de atuação. Por fim, o estudo de *transportation optimization* avalia a estrutura de entrega com foco na última milha ou *last mile*.

A motivação central deste estudo reside na identificação e análise de gargalos e oportunidades de melhoria nos processos logísticos da empresa parceira, com o objetivo de propor soluções práticas e embasadas teoricamente que possam impactar positivamente sua performance operacional.

Dante desse panorama, a presente pesquisa se propõe a investigar os processos logísticos da empresa, com foco na identificação de oportunidades de otimização que possam resultar em ganhos de eficiência, redução de custos operacionais e melhoria da qualidade dos serviços de transporte de medicamentos e fármacos.

De forma que a seguinte pergunta problema venha a ser respondida: o quanto a revisão da malha logística da empresa no estado de São Paulo pode diminuir seus custos operacionais em 2024 mantendo ou aumentando o nível de serviço?

Consoante a isso, o trabalho passara por etapas de desenvolvimento envolvendo coleta e tratamento de dados, modelagem, simulação de cenários e conclusão do cenário ótimo, e análise dos resultados.

II. Objetivo

O principal objetivo deste estudo é comparar aspectos operacionais da empresa com a revisão da sua malha logística no estado de São Paulo. Tal objetivo pode ser decomposto em cinco objetivos específicos que são:

- Realizar estudos de greenfield, network optimization e transportation optimization no software Supply Chain Guru X para melhoria da malha logística da empresa no estado de São Paulo;
- Manter ou aumentar o nível de serviço de 95% até as 15h do dia seguinte;
- Otimizar a quantidade total de TPs;
- Reduzir a frota atual;
- Comparar a diferença de custo operacional.

III. Figuras

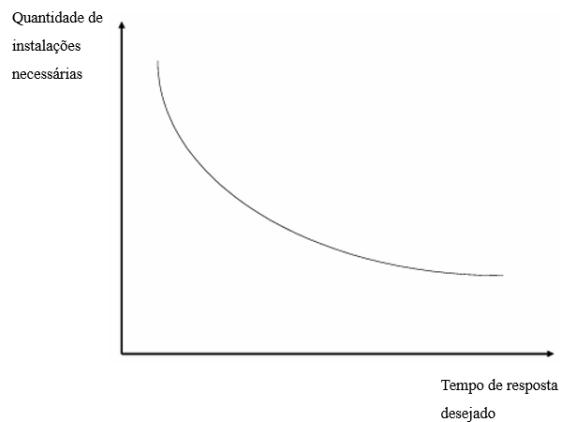


Figura 1. Quantidade de instalações vs. tempo de resposta.

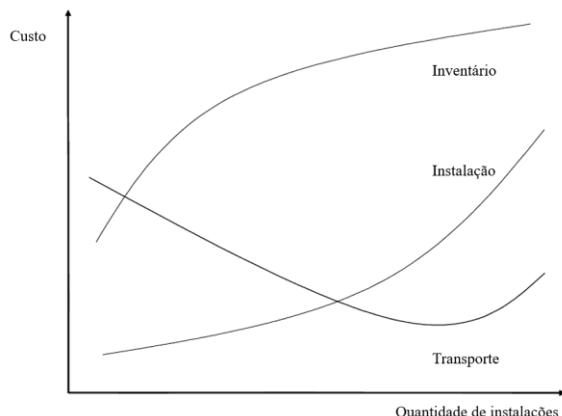


Figura 2. Relação quantidade de instalações e custos

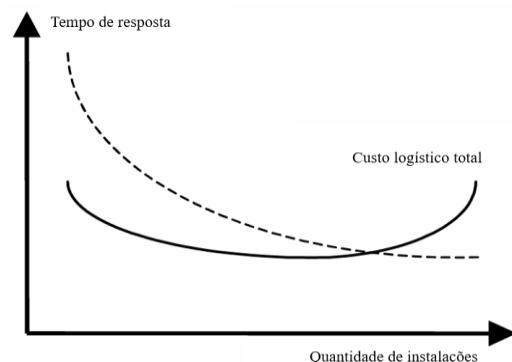


Figura 3. Relação entre tempo de resposta desejado, quantidade de instalações necessárias e custo logístico total

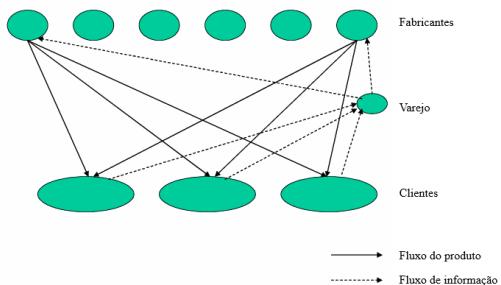


Figura 4. Fluxo do produto e de informação no desenho de rede com armazenamento no fabricante com envio direto

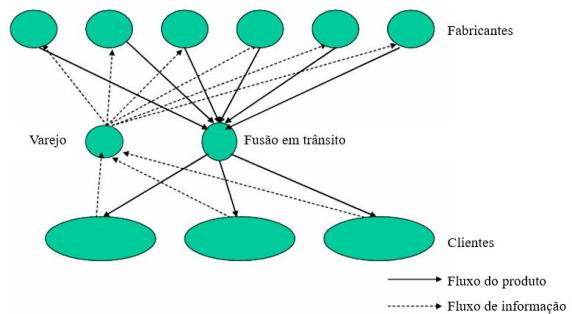


Figura 5. Fluxo do produto e de informação no desenho de rede com armazenamento no fabricante com remessa direta e agregação em trânsito

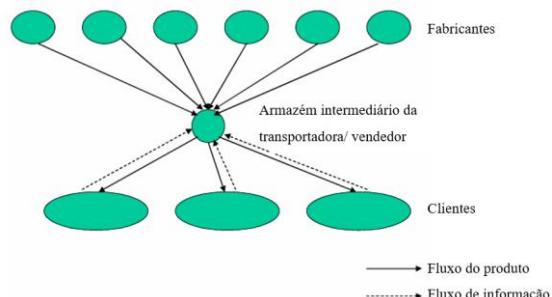


Figura 6. Fluxo do produto e de informação no desenho de rede com armazenamento no distribuidor com entrega por transportadora

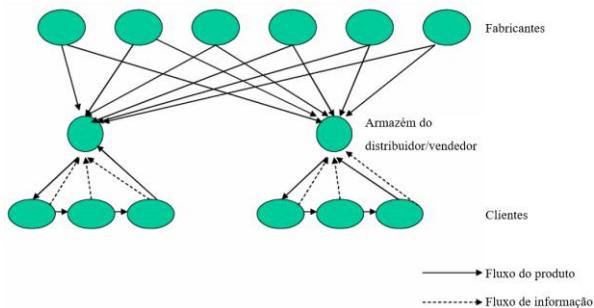


Figura 7. Fluxo do produto e de informação no desenho de rede com armazenamento no distribuidor com entrega na última milha, ou *last mile*

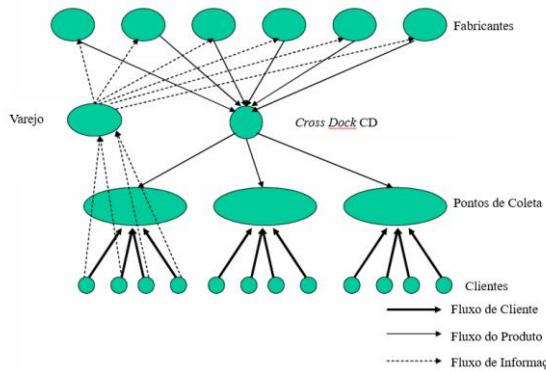


Figura 8. Fluxo do produto e de informação no desenho de rede com armazenamento no fabricante/distribuidor com retirada do cliente



Figura 9. Malha logística atual da empresa no estado de São Paulo.

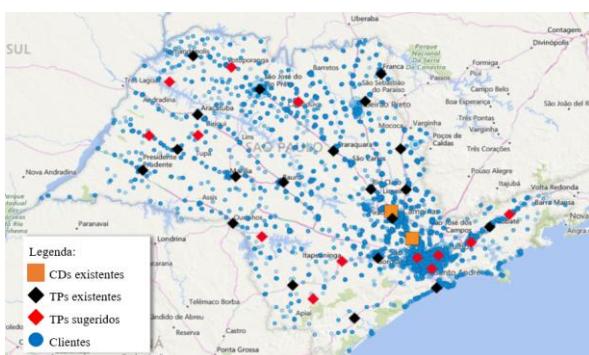


Figura 10. Resultados do greenfield em São Paulo

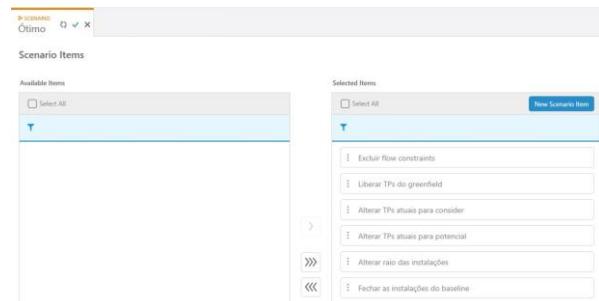


Figura 11. Cenário ótimo em NO

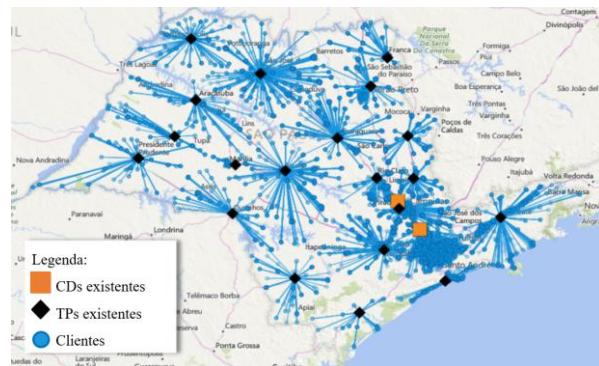


Figura 12. Mapa baseline no NO

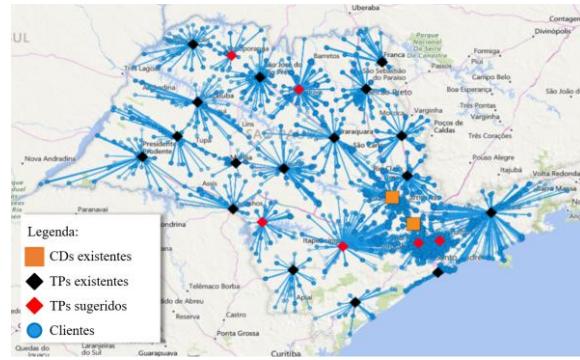


Figura 13. Mapa ótimo no NO

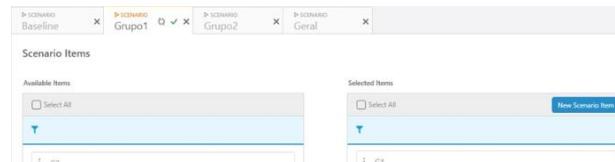


Figura 14. Cenário grupo 1 em TO

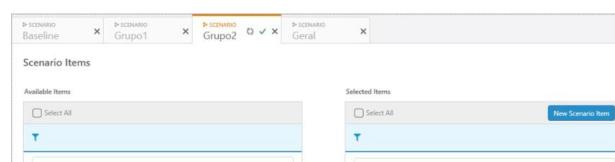


Figura 15. Cenário grupo 2 em TO

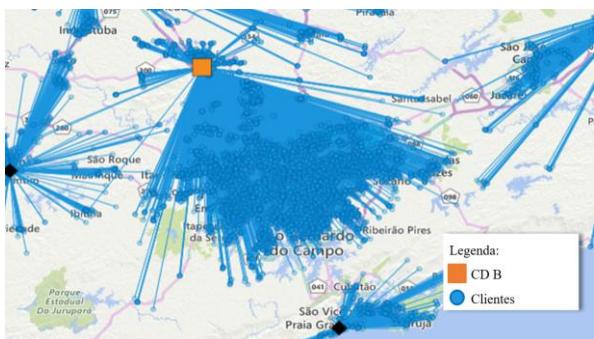


Figura 16. Atuação CD B antes

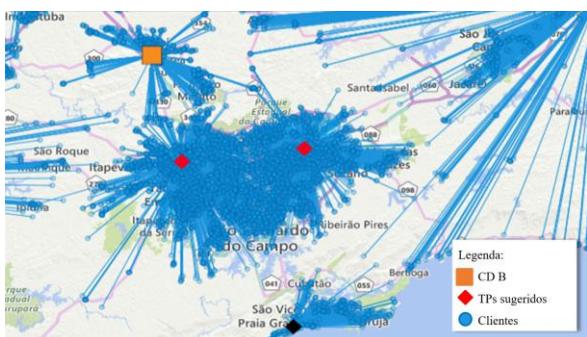


Figura 17. Atuação CD B depois

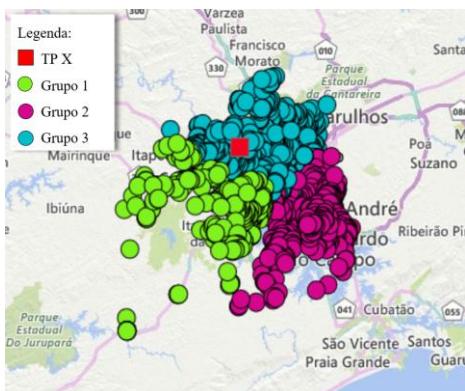


Figura 18. Agrupamento de clientes TP X

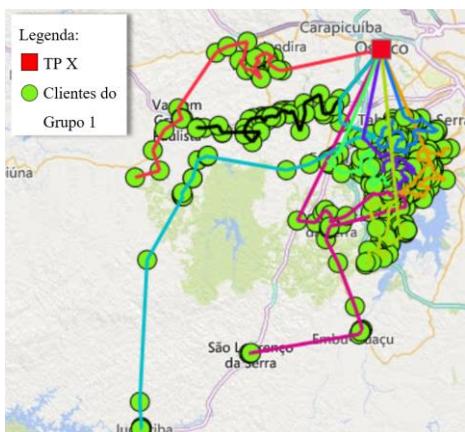


Figura 19. Grupo 1 TP X

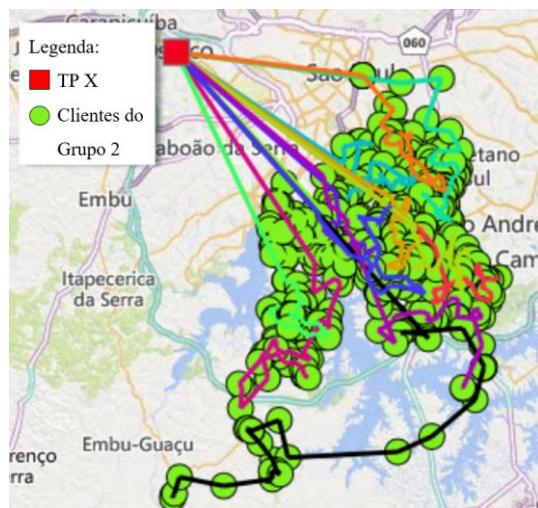


Figura 20. Grupo 2 TP X

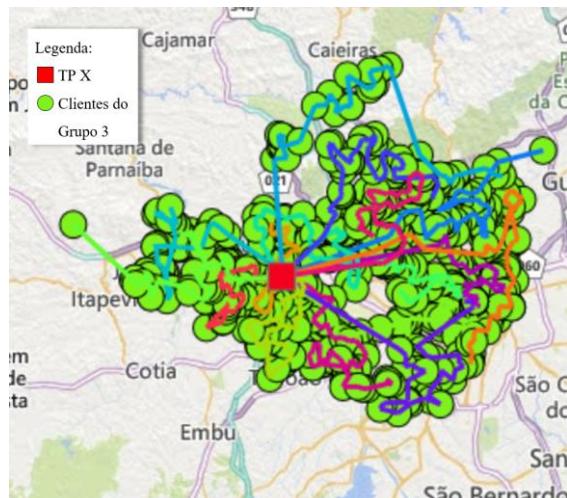


Figura 21. Grupo 3 TP X

IV. Conclusões

O estudo, conforme o seu objetivo, conseguiu comparar diversos aspectos operacionais da operação da empresa antes e depois de sua otimização. Com a otimização houve uma redução de 15,3% no custo anual, ou aproximadamente 6,5 milhões. Assim, o custo total otimizado foi calculado em 102 milhões de reais.

Em questões operacionais, houve um aumento de 13,9 pontos percentuais no nível de serviço, indo de 83,8% para 97,7%. Ademais, o estudo teve uma redução de 20,2% da frota, que seriam 131 veículos necessários na sua operação de *last mile*, resultando em 517 veículos necessários.

Também houve um aumento de 4 TPs a mais do que o cenário original, com abertura de 8 TPs e fechamento de 3. Sendo que a própria empresa teve a liberdade de abrir 2 TPs a mais do que a sugestão do Guru e ainda ter uma redução de custos anual significativa.

O estudo apresenta 4 principais limitações. A primeira é a utilização de apenas um tipo de produto, mesmo que separado em duas marcas, apesar da empresa catalogar e vender milhares de diferentes

produtos, com diferentes preços, custos e medidas. A segunda seria a não consideração da sazonalidade de vendas da operação, que pode afetar significativamente o seu funcionamento.

A terceira limitação seria a falta de um cenário baseline nos modelos de *transportation optimization*, que ocorreu devido à restrição de tempo. E a última é o acompanhamento da aplicação dos modelos otimizados na prática, para uma implementação adequada aos modelos.

Para o futuro, é recomendada a repetição dos estudos a cada 2 anos aproximadamente, pois o cenário pode mudar significativamente nesse período, e assim, o cenário não estará mais otimizado. Também é importante realizar esses estudos nos outros estados de operação da empresa, para que eles também sejam otimizados.

V. Referências

- [1] ABBASI, S.; VLACHOS, I.; SAMADZADEH, A.; ETEMADIFAR, S.; AFSHAR, M.; AMRA, M. Modelling a logistics and financial supply chain network during the COVID-19 era. *Logistics*, v. 8, n. 1, p. 32, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/logistics8010032>>. Acesso em: 27 maio 2025.
- [2] Agatz, N. A., Fleischmann, B., & Nunen, J. A. V. (2008). E-commerce and logistics: a literature review and research agenda. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(3), 209-231.
- [3] Ballou, R. H. (2006). Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- [4] Ballou, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- [5] Bornia, Antonio Cezar; LORANDI, Joisse Antonio. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM) Uma estrutura conceitual. *Revista Produção e Desenvolvimento*, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 91-104, 2016. Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/download/186/115/0>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- [6] BOWERSON, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimentos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- [7] BRANSKI, R. M.; FRANCO, R. A. C.; LIMA JÚNIOR, O. F. Metodologia de estudo de casos aplicada à logística. Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes – LALT, 2023. Disponível em: <<https://lalt.fecfau.unicamp.br/scriba/files/escrita%20portugues/ANPET%20-%20METODOLOGIA%20DE%20ESTUDO%20E%20CASO%20-%20COM%20AUTORIA%20-%20VF%202023-10.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2025.
- [8] Chopra, S., & Meindl, P. (2015). Administração da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.
- [9] CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Administração da cadeia de suprimentos: estratégia, 7. ed. São Paulo
- [10] CHRISTOPHER, M. (2018). Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos. 5. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- [11] CHRISTOPHER, M. (2018). Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos. 5. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- [12] CHRISTOPHER, Martin. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2007 1
- [13] CHRISTOPHER, Martin. Registro2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016
- [14] Coupa. (2025). Supply Chain Guru. Recuperado de <https://www.coupa.com/products/supply-chain-design/>.
- [15] EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, v. 14, n. 4, p. 532, 1989. Disponível em: <https://josephmahoney.web.illinois.edu/BADM504_Fall%202019/Eisenhardt1989.pdf>. Acesso em: 27 maio 2025.
- [16] FLEURY, P. F. Supply Chain Management: Conceitos, Oportunidades e Desafios da Implementação. [Revista tecnologista – publicado Google acadêmico]. 1999.
- [17] Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2011). Characteristics and typology of last-mile logistics from an innovation perspective in an urban context. *Characteristics and Typology of Last-mile Logistics from an Innovation Perspective in an Urban Context*.
- [18] Hamel, G., & Välikangas, L. (2003, Sepetember). The quest for resilience. *Harvard Business Review*, 81(9), 52-63.
- [19] Jiang, Y., Ma, Z., & Chen, J. (2019). Service innovation in e-commerce last mile delivery: Mapping the e-customer journey. *Journal of Business & Industrial Marketing*.
- [20] Khan, S. A., Yu, Z., & Khan, I. (2020). The last-mile delivery challenge: An approach to reducing delivery costs and improving customer satisfaction. *Sustainability*, 12(16), 6432.
- [21] LAPORTE, Gilbert. Vehicle Routing Problem: A Survey of Recent Algorithms and Applications. *Computers & Operations Research*, v. 34, n. 10, p. 2727-2758, Oct. 2007.
- [22] Lim, H. H., Winkenbach, M., & Zeimpekis, V. (2019). Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: a literature

- review. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.
- [23] Morganti, E., & Seidel, S. (2020). The last mile in the city: an overview of the challenges and opportunities for last-mile delivery in urban areas. *Journal of Urban Logistics*, 1(1), 1-13.
- [24] QUADROS, P. A.; VIEIRA, R. N. C. Metodologia de estudo de caso aplicada à logística. *Caderno de Pesquisa em Administração*, 12 jun. 2024. DOI: <<https://doi.org/10.54033/cadpedv21n13-347>>. Disponível em: <<https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/12435/6960>>. Acesso em: 27 maio 2025.
- [25] Schliwa, G., Krings, G., & Deka, L. (2018). Last-mile delivery in urban areas: A review of recent trends and challenges. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 111, 1-16.
- [27] Taha, H. A. (2017). Pesquisa operacional. 9. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.
- [28] Toth, P., & Vigo, D. (2002). The vehicle routing problem. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha família por todo o suporte e encorajamento nos momentos difíceis. Ao meu pai, que acreditou em mim e me possibilitou os estudos. À minha mãe, que me apoiou durante toda a minha trajetória acadêmica. À minha madrasta, que cuidou do meu pai e de todos nós nos momentos difíceis. À minha avó Yone, que me auxiliou, especialmente no meu último ano. Ao meu namorado, que sempre esteve ao meu lado. Aos professores, que, ao longo da graduação, contribuíram para a minha evolução pessoal e profissional. Aos amigos, que permaneceram ao meu lado, oferecendo apoio e motivação para que eu pudesse continuar.

Engenharia Química

Estudo da Formulação e Estabilidade de Filtros Sustentáveis Utilizando Óxidos de Zinco e Lignina Aplicados em Protetores Solares em Aerossol

Gabriela Bertelli Gallo, Ianê Gerage de Oliveira, Isabelle Jardim Campos, Raphael Bastos Mariano

Engenharia Química

gabitelli.gallo@gmail.com, ianegeh@gmail.com, isabellejardim16@gmail.com, raphaelbm000@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Bruno Ramos

Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário FEI

brunoramos@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho investiga alternativas mais seguras e sustentáveis para a formulação de protetores solares. Embora filtros minerais como o óxido de zinco sejam eficazes, seu alto potencial de oxidação pode comprometer a saúde da pele. A lignina, uma macromolécula de origem renovável com propriedades antioxidantes, surge como uma solução promissora para aumentar a estabilidade e a segurança desses filtros. Também é avaliado o uso da microencapsulação para proteger os ativos. Assim, busca-se desenvolver protetores solares alinhados às demandas por cosméticos sustentáveis.

Palavras-chave: Lignina; protetor solar; sustentabilidade; estabilidade; ativos; antioxidantes.

I. Introdução

A crescente conscientização sobre os efeitos nocivos da radiação ultravioleta tem impulsionado a busca por protetores solares mais eficazes e sustentáveis [1]. Filtros minerais como óxido de zinco destacam-se pela proteção UV e menor impacto ambiental, mas seu alto potencial de oxidação pode comprometer a saúde da pele [2]. Nesse cenário, a lignina, macromolécula renovável com propriedades antioxidantes e capacidade de absorção UV, surge como alternativa promissora. Este estudo propõe investigar a estabilidade de filtros minerais e antioxidantes derivados da lignina em protetores solares em aerossol, aliando eficácia, segurança e sustentabilidade [3].

II. Metodologia e Resultados

A. Clarificação

A clarificação da lignina Kraft foi realizada por meio de um método sustentável de fracionamento acetilado, com o objetivo de remover as frações insolúveis da lignina e reduzir sua coloração. Foi empregada uma acetilação parcial, de forma a preservar as propriedades antioxidantes da lignina. Como resultado, obteve-se uma lignina de baixa polaridade e coloração significativamente mais clara, adequada para aplicação em formulações cosméticas. Esses resultados são indicados na Figura 1.

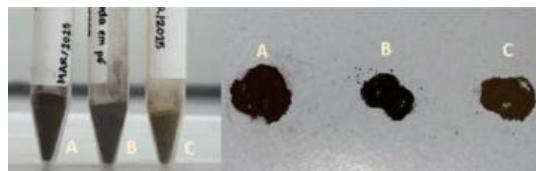


Figura 1. Clarificação da lignina Kraft

B. Incorporação

A incorporação de lignina acetilada e óxido de zinco em emulsões óleo / água demonstrou excelente performance em concentrações de 1 %, 3 % e 5 % de lignina (Figura 2): as gotas apresentaram distribuição homogênea sem ocorrência de coalescência ou separação de fases após longo repouso, conforme evidenciado por análise microscópica.



Figura 2. Incorporação da lignina

C. Microencapsulação

A microencapsulação por coacervação complexa utilizou gelatina e alginato para envolver a emulsão, resultando em um suspenso de microcápsulas. A formação eficaz das cápsulas foi confirmada por microscopia, que revelou uma camada translúcida envolvendo o núcleo escuro da emulsão, conforme se destaca na Figura 3.



Figura 3. Produção das microcápsulas

D. Avaliação de estabilidade

Os ensaios de fotoestabilidade em gel de agar-agar sob irradiação UVA mostraram que as emulsões contendo ZnO e lignina apresentaram menor retração quando comparadas ao creme comercial e a amostra controle, indicando maior resistência ao estresse fotoquímico. Na leitura espectrofotométrica, o filtro comercial manteve melhor a cor original, seguido pela emulsão com ZnO e, em sequência, pelas emulsões com lignina.



Figura 4. Resultados da fotoestabilidade

O teste de estabilidade oxidativa, realizado pelo método DPPH•, demonstrou que a lignina acetilada apresentou alta eficiência antioxidante. As formulações contendo ZnO com 1% e 5% de lignina acetilada também se destacaram. A combinação com ZnO revelou boa interação, reforçando o potencial da lignina como antioxidante natural (Figura 5).

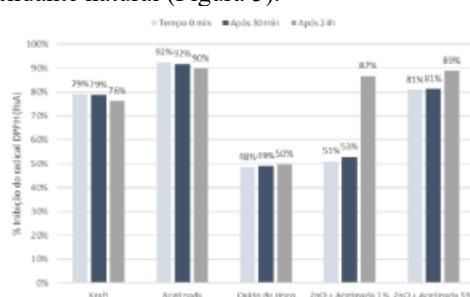


Figura 5. Resultados da estabilidade oxidativa

A estabilidade de pH foi avaliada em diluição de 2,5% m/v em água destilada (pH 5,88), com medições realizadas entre 0 e 168 horas. Todas as formulações, incluindo aquelas com diferentes concentrações de lignina, mantiveram-se dentro da faixa ideal de pH para protetores solares (6,0 a 7,0). O pH permaneceu estável ao longo do tempo, indicando viabilidade e segurança das formulações para uso tópico.

As formulações foram submetidas a 0,3°C, 22°C, 37°C e 45°C, porém o pior desempenho ocorreu a 45°C, quando todas as amostras exibiram alterações significativas de cor e textura: o sistema só com ZnO apresentou ressecamento leve, as emulsões com lignina mostraram granulação visível, e os filtros comerciais amarelamento com migração de óleo.

E. Proteção solar

Os resultados de Fator de Proteção Solar (FPS) in vitro mostraram que a lignina acetilada aumentou significativamente a proteção em relação ao ZnO puro. Quando comparada ao protetor comercial é possível verificar que, em proporções maiores, a formulação com lignina tem potencial para alcançar níveis de proteção comparáveis aos produtos comerciais, destacando-se como uma alternativa eficaz (Figura 6).

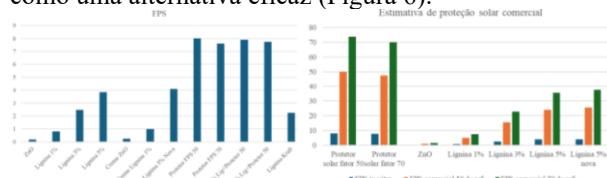


Figura 6. Fator de proteção solar

A proteção UV foi avaliada por transmitância espectral entre 290 e 400 nm. As formulações com lignina mostraram desempenho superior ao ZnO isolado, especialmente nas concentrações de 3% e 5%. A amostra com 5% de lignina apresentou a maior proteção, reduzindo em 54,6% em relação ao ZnO. Os resultados destacam a lignina como agente eficaz contra radiação UV, principalmente na faixa UVA. Os resultados são exibidos na Figura 7.

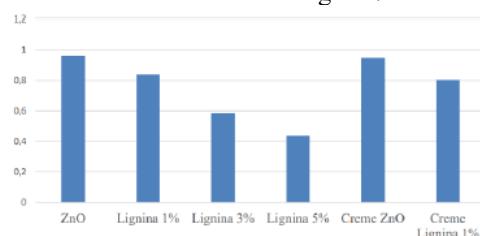


Figura 7. Proteção UV

IV. Conclusões

A lignina se mostrou um ativo promissor para protetores solares sustentáveis, com ação antioxidante e proteção UV eficaz. A forma acetilada é viável, sendo que a acetilação parcial preserva melhor a atividade antioxidante, enquanto a total favorece uma coloração mais clara. As formulações com 5% de lignina e maior teor de ZnO apresentaram excelente desempenho e estabilidade. Para futuras pesquisas, recomenda-se testar a estabilidade da microencapsulação, realizar ensaios in vivo e explorar novos ativos em conjunto com a lignina.

V. Referências

- [1] S. A. Azim et. al., Sunscreens part 1: mechanisms and efficacy. *Journal of the American Academy of Dermatology*, **1** (2024) 1-27
- [2] E. B. Manaia et. al., Inorganic UV filters. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, **49** (2013) 201-209
- [3] Y. Wu et. al., Sustainable design and synthesis of high-performance lignin-based sunscreen ingredients, *International Journal of Biological Macromolecules*, **280** (2024) 135494

Análise da Condição Operacional de uma Torre de Resfriamento em uma Indústria do Setor Petroquímico

Julia Garbini R., Leonardo M. S. Bugalho, Maria Gabriela S. Silva, Marco Antônio S. Anan

Engenharia Química

juliagarbini@hotmail.com, leobugalho@gmail.com, mgsarmenosilva@gmail.com,

marcoantonio.sa.2002@gmail.com

Orientador: Luís Fernando Novazzi

Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário FEI

Inovazzi@fei.edu.br

Resumo: Na indústria química, o calor deve ser dissipado, geralmente com água de resfriamento reutilizável. Diante da escassez hídrica e questões ambientais, é essencial adotar práticas sustentáveis, para a eficiência energética e redução de custos. Torres de resfriamento são fundamentais nesse processo, permitindo o reuso da água com baixo custo e menor impacto ambiental. Este trabalho visa otimizar o desempenho de uma torre de resfriamento em uma indústria de PVC. Foram analisadas condições operacionais e de projeto, como carga térmica de 41.020.800 kJ/h e perdas por evaporação de 8,33 m³/h (0,39% da vazão). Compararam-se dados climáticos da estação local e do INMET. Avaliou-se a eficiência térmica por simulações no Aspen Plus, que indicaram temperatura de saída maior na operação real. Também foi realizada análise paramétrica de vazões e temperaturas, além de simulação CFD para avaliar o escoamento interno e seu impacto na eficiência. Os resultados revelam eficiência média anual de 26%, destacando falhas na distribuição dos fluidos. Propõem-se melhorias como uso de VFDs nos ventiladores e otimização dos *sprinklers*.

Palavras-chave: Torre de resfriamento, análise de operação, melhoria de processo, otimização.

I. Introdução

A água é fundamental na indústria química, especialmente no resfriamento de processos. Diante da escassez hídrica e das exigências ambientais, o uso racional por meio de torres de resfriamento em circuito fechado torna-se essencial, permitindo reuso com menor impacto e consumo. Integradas aos sistemas de utilidades, sua eficiência dependente da proximidade entre a temperatura de saída da água e a de bulbo úmido. Conhecer as propriedades do ar [1], manter a qualidade da água e garantir boa manutenção são fatores chave. Neste contexto, este trabalho propõe melhorias operacionais e construtivas em uma torre de resfriamento, com base em simulações no Aspen Plus, Ansys Fluent e dados reais de operação.

II. Objetivos

O objetivo do trabalho é analisar as condições operacionais de uma torre de resfriamento em uma planta de PVC e propor melhorias para elevar o desempenho térmico e reduzir o consumo de água, com base na avaliação de dados reais de processo e simulações computacionais.

III. Metodologia

O estudo utilizou os dados reais de uma torre de resfriamento localizada em Rio Grande da Serra (SP), incluindo temperaturas de entrada e saída da água, vazão, pressão e condições ambientais, validadas por

comparação entre a estação meteorológica local e os dados do INMET. A eficiência da torre foi calculada a partir da Equação 1, considerando a diferença entre as temperaturas da água e a de bulbo úmido do ar.

$$\text{Eficiência} = \frac{T_{quente} - T_{fria}}{T_{quente} - T_{bulbo\ úmido}} \cdot 100 \quad (1)$$

As perdas por evaporação foram estimadas pela Equação 2 [2] em que Q_e é a vazão evaporada (m³/h), W_c é a vazão circulante de água (m³/h) e T representa a temperatura da água (°C).

$$Q_e = 0,00085 \cdot W_c \cdot (T_{\text{entrada}} - T_{\text{saída}}) \quad (2)$$

A simulação no Aspen Plus utilizou o modelo RadFrac com abordagem *rate-based*, com enchimento Flexipac 2Y, avaliando quatro cenários e diferentes vazões mássicas de ar.

No CFD (Ansys Fluent), adotou-se modelagem 2D da seção transversal da torre, com escoamento bifásico e regime estacionário. A velocidade de entrada dos fluidos foi ajustada conforme as vazões reais e de projeto.

IV. Resultados

A. Eficiência Operacional da Torre

A eficiência térmica da torre, calculada com dados diários ao longo de um ano, teve média anual de 26%,

com melhores resultados em dias de baixa umidade relativa e alto gradiente térmico. Já as menores eficiências ocorreram com pouca diferença entre as temperaturas da água, destacando a influência das condições ambientais e operacionais e necessidades de melhorias.

B. Simulação no Aspen Plus

Foram analisados quatro dias com diferentes condições climáticas, e os dados reais mostraram temperaturas de saída superiores às simuladas no Aspen Plus, indicando perdas de eficiência, principalmente por problemas operacionais. A fração de água evaporada variou entre 0,41% e 1,33%, refletindo a influência do clima e da carga térmica.

Tabela 1. Comparação entre operação e simulação

Data	Temp. Entrada (°C)	Temp. Saída (°C)	Temp. Aspen (°C)	Temp. BU (°C)	UR (%)	Vazão água (kg/s)
10/04	32,5	28,1	27	19,9	86	596
11/06	33,5	29,6	26	16,2	61	606
30/08	17,2	15,8	15,4	15,2	85	608
20/10	34	30,1	25	16,1	100	604

Na análise de sensibilidade, o aumento da vazão de ar reduziu a temperatura de saída, com ganhos decrescentes (Figura 1).

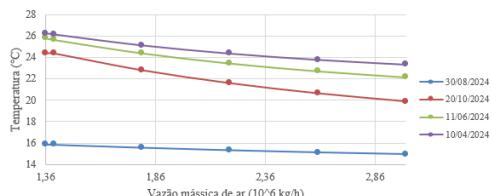


Figura 1. Análise de sensibilidade

Na análise paramétrica da vazão de água, constatou-se que o aumento da vazão reduz a eficiência térmica em temperaturas de ar mais baixas, devido à menor troca de calor. Assim, o desempenho ideal depende do equilíbrio entre as vazões de água e ar (Figura 2)

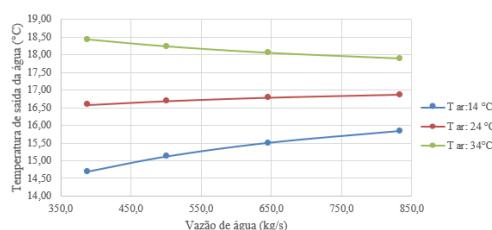


Figura 2. Influência da vazão de água na temperatura de saída sob diferentes condições de temperatura do ar

Diferenças entre simulação e operação real são atribuídas a fatores externos (clima e poeira), estruturais (desgaste e vazamentos) e operacionais (incrustações e má distribuição de fluxos), que afetam o desempenho da torre e devem ser monitorados para garantir eficiência

C. Simulação no CFD (Ansys)

A simulação no Ansys Fluent comparou o comportamento da torre sob vazões de água de projeto (0,46 m/s) e real (0,83 m/s), sendo adotado refinamento da malha nas regiões de maior gradiente. Observou-se que, na condição real, conforme Figura 3, há maior incidência de canais preferenciais, escoamentos pelas paredes e risco de alagamento, comprometendo a troca térmica. Já a condição de projeto, conforme Figura 4, demonstrou escoamento mais uniforme e eficiente.

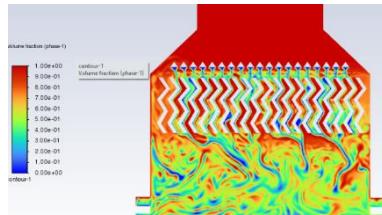


Figura 3. Distribuição em condições reais

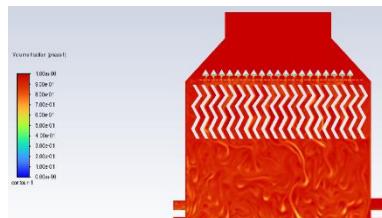


Figura 4. Distribuição em condições de projeto

D. Análise Paramétrica e Propostas de Melhoria

A fim de melhorar o desempenho da torre, propõe-se a instalação de inversores de frequência (VFDs) nos ventiladores, para ajustar a vazão de ar conforme a demanda térmica, aumentando a eficiência energética. Também se recomenda otimizar os sprinklers, conforme indicado pela simulação do CFD, visando uma distribuição mais uniforme da água e maior eficiência na troca térmica.

V. Conclusão

O estudo demonstrou que a torre analisada apresenta perdas de eficiência, com temperatura de saída da água até 5,1 °C acima do previsto no Aspen Plus e eficiência média anual de 26%. A modelagem no CFD indicou má distribuição de água nos enchimentos sob altas vazões. Fatores como condições ambientais e falhas operacionais influenciam diretamente o desempenho. Como melhorias, propõem-se ajustes nos *sprinklers* e a utilização de inversor de frequência no ventilador (VFD), visando maior eficiência energética e operacional.

VI. Referências

- [1] PERRY, H.R.; GREEN, D. W. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 7th. Edt., New York, McGraw-Hill Book Co., 1997.
- [2] ULLMAN, F. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 5. ed. Alemanha: VCH, Weinhheim, Federal Republic of Germany, 1985

Engenharia de Robôs

Aprendizado por Reforço Guiado por Feedback de Modelos de Linguagem para Navegação de Robôs Móveis

Nicolas Alan Grotti, João Victor de Assis, Danilo Perrone Marcondes, Gustavo Goncalves Pires, Leandro de Sousa Goncalves

Engenharia de Robôs

grottmeireles@gmail.com, jv.segantin@gmail.com, daniloperrone@hotmail.com,
leandrodesousa015@gmail.com

Orientador: Prof. Dr Reinaldo A. C. Bianchi

Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

rbianchi@fei.edu.br

Resumo: Apresentamos uma abordagem em que robôs móveis aprendem a navegar autonomamente por meio do algoritmo Proximal Policy Optimization (PPO) [4]. A função de recompensa é ajustada dinamicamente por um large language model (LLM) [3] que, sem intervenção humana, avalia cinco métricas de desempenho — taxa de sucesso, zona insegura, instabilidade, tempo até o objetivo e tempo até a colisão — e gera novos pesos de recompensa a cada iteração de treino. A técnica foi testada isoladamente em três habilidades essenciais (desvio de obstáculos, orientação ao objetivo e navegação em mapas extensos), elevando as respectivas taxas de sucesso em 20 %, 50 % e 80 %. Esses valores correspondem à média obtida após 10 ciclos de feedback (4 8000 steps por ciclo), totalizando 480 000 steps por habilidade. Por fim, a combinação das três competências resultou em um sistema end-to-end implantado em um robô físico Turtlebot, demonstrando que o ajuste de recompensas guiado por LLM aumenta significativamente o desempenho da tarefa.

Palavras-chaves: Aprendizado por reforço; Grandes modelos de linguagem; Robôs móveis; Redes neurais

I. Introdução

O advento dos large language models (LLMs) [3] usados por sistemas como Gemini e ChatGPT demonstra que essas redes codificam abstrações físicas, conforme avaliado no benchmark Newton [5]. Além disso, os LLMs conseguem assimilar e aplicar conhecimentos específicos quando dispõem de uma base de conhecimento dedicada. Por outro lado, o deep reinforcement learning (RL) [2] para navegação de robôs depende de uma função de recompensameticulosamente calibrada, cujo ajuste manual é demorado e sujeito a inúmeras tentativas.

Para mitigar essas limitações, desenvolvemos o pacote Python RNL — Robot Navigation Learning, que integra RL a um ciclo de reflexão automática conduzido por um LLM. A política neural do robô recebe diretamente leituras de LiDAR, distância e ângulo em relação ao alvo, além do estado cinemático, decidindo entre avançar ou girar à esquerda/direita. Ao término de cada fase, o LLM avalia métricas de navegação e propõe novos pesos para a função de recompensa, iniciando a etapa seguinte sem intervenção humana.

As configurações do pacote são intuitivas e acessíveis, permitindo implantação rápida em robôs diferenciais. Esta abordagem, inspirada em trabalhos recentes da Nvidia [1], consolida-se como um módulo plug-and-play para pesquisa e desenvolvimento em navegação autônoma.

II. Pipeline de treinamento com feedback por LLM

O treinamento segue uma abordagem baseada em populações: três populações executadas em paralelo, cada uma rodando 12 ambientes com 4 000 steps por ciclo e submetida a 10 ciclos de feedback, totalizando cerca de 1 hora de treinamento em GPU. Em cada ciclo, cada população opera diversos ambientes simulados e coleta cinco métricas de desempenho — taxa de sucesso, percentual de tempo em zona insegura (proximidade de obstáculos), instabilidade do robô, tempo até o objetivo e tempo até a colisão. As três primeiras métricas são utilizadas como critérios principais de avaliação, enquanto as duas últimas funcionam como métricas auxiliares. Ao término de cada ciclo, a população com melhor desempenho é selecionada, e suas métricas, juntamente com a configuração atual da função de recompensa, são enviadas ao LLM.

O LLM utiliza um módulo de memória com o histórico de recompensas e seus respectivos feedbacks para ajustar iterativamente os pesos da função de recompensa. A recompensa combina penalidades ponderadas por colisões, proximidade de obstáculos, orientação, distância ao alvo, velocidade angular e tempo de execução conforme a Equação 1.

$$R_t = -\theta_{Collision} - \theta_{Distance} - \theta_{Orientation} - \theta_{Time} - \theta_{Obstacle} - \theta_{Angular} \quad (1)$$

A Figura 1 ilustra o fluxo de treinamento com

feedback automático gerado por LLM.

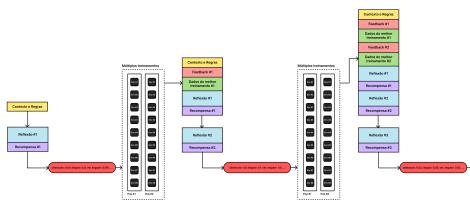


Figura 1. Fluxo de treinamento e feedback.

III. Política treinada

O robô é controlado por uma política neural que recebe, como entrada, cinco leituras de LiDAR, um valor de distância e um valor de ângulo em relação ao objetivo (obtidos via SLAM), além do estado de movimento atual. Todas as entradas são normalizadas para o intervalo de 0 a 1, a fim de acelerar o treinamento e reduzir o custo computacional. A política atua em um espaço de ações discretas, permitindo ao agente escolher entre avançar, virar à esquerda ou virar à direita, conforme ilustrado na Figure 2.

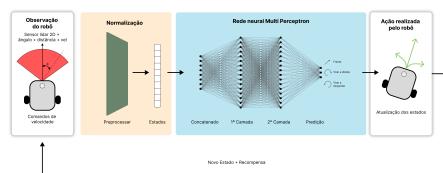


Figura 2. Arquitetura da política treinada.

A arquitetura da política é composta por uma rede neural do tipo MLP Multi-Layer Perceptron recebe com duas camadas ocultas, contendo 16 neurônios cada (3 logits + Softmax), ativadas pela função LeakyReLU para evitar neurônios "mortos". A saída da rede indica a ação a ser tomada pelo robô.

IV. Resultados

Realizamos três testes isolados para analisar individualmente cada habilidade de navegação, reduzindo o custo computacional e facilitando a depuração antes da integração em um modelo hierárquico.

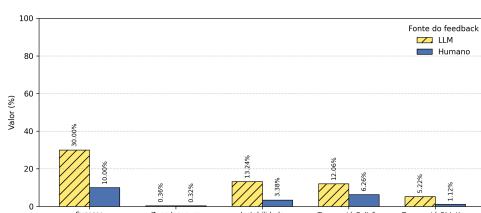


Figura 3. Comparação das métricas: LLM vs. feedback humano na tarefa de desvio de obstáculos.

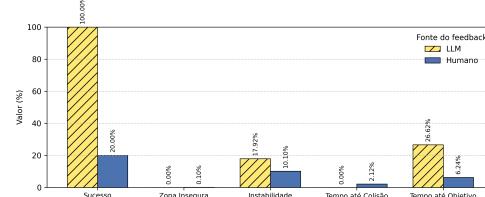


Figura 4. Comparação das métricas: LLM vs. feedback humano na tarefa de navegação em mapas extensos.

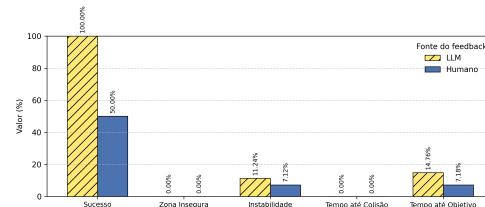


Figura 5. Comparação das métricas: LLM vs. feedback humano na tarefa de orientação ao objetivo.

De acordo com os testes, o LLM foca na maximização da taxa de sucesso e, por isso, acaba não melhorando simultaneamente outras métricas, como segurança e estabilidade.

V. Conclusões

Demonstramos que um LLM pode ajustar recompensas de PPO em tempo de treino, melhorando individualmente três habilidades de navegação e transferindo o modelo para um robô real Turtlebot; a principal limitação é a otimização de objetivo único, tema futuro para técnicas multi-objetivo.

VI. Referências

- [1] Y. J. Ma, W. Liang, G. Wang et al., “Eureka: Human-level reward design via coding large language models,” arXiv preprint arXiv:2310.12931, 2023.
- [2] V. Mnih, K. Kavukcuoglu, D. Silver et al., Playing Atari with Deep Reinforcement Learning, 2013. arXiv: 1312.5602 [cs.LG]. URL: <https://arxiv.org/abs/1312.5602>.
- [3] A. Radford, K. Narasimhan, T. Salimans, I. Sutskever et al., “Improving language understanding by generative pre-training,” 2018.
- [4] J. Schulman, F. Wolski, P. Dhariwal, A. Radford e O. Klimov, “Proximal policy optimization algorithms,” arXiv preprint arXiv:1707.06347, 2017.
- [5] Y. R. Wang, J. Duan, D. Fox e S. Srinivas, “NEWTON: Are large language models capable of physical reasoning?” arXiv preprint arXiv:2310.07018, 2023.

Trabalhos Premiados

Administração

1º colocado

Sistema Preditivo de Segurança Feminina: Um Plano de Negócio Baseado em IA e Dispositivos Vestíveis

Thamara Ferreira da Silva

Orientador: Prof. Dr. Edson Sadao Izuka

2º colocado

ESG na Bolsa Brasileira: Índice de Sustentabilidade Empresarial e o Valor para o Mercado

Guilherme Pinto Caçador

Orientadores: Prof. Dr. Jacques Demajorovic e Profa. Dra. Aline Mariane de Faria

Ciência da Computação

1º colocado

Desenvolvimento de um Sistema de Navegação que Evite Zonas com Alto Índice Criminal Utilizando Análise de Dados de BOs e A*

Bruna B. M. Fidalgo, Guilherme Q. Santos, Rodrigo M. Doraciotto, Pedro L. Vieira Adorno

Orientadora: Profa. Dra. Leila Cristina Bergamasco

Engenharia Civil

1º colocado

Análise do Uso de Aditivos Superabsorventes na Reciclagem de Concretos Frescos

Giovanna Villela Diegues, Guilherme Hernandes, João Pedro Terassi.

Orientador: Prof. Me. Felipe Cava

2º colocado

Análise de Atrito em Pistas de Pouso e Decolagem Antes e Após a Remoção de Borracha

Erick Molina

Orientador: Prof. Me. Felipe Cava

Engenharia Elétrica

1º colocado

Estudo e Caracterização de um Motor de Fluxo Axial com Componentes Fabricados por Manufatura Aditiva

Nathalia Alves de Azevedo, Raphael Ksionzek Candermo, Thales De Dato, Samuel Monteiro Neto
Orientadora: Profa. Dra. Milene Galeti

Engenharia Mecânica Automobilística

1º colocado

Sistema de Injeção de Peróxido de Hidrogênio para a Redução de NOx em Motores de Ignição por Centelha a Hidrogênio em Veículos Pesados

João Vitor Ferreira, Ricardo Leal Magnani, João Vitor Conceição Meira, Camila de Camargo Rodrigues, Lucas Ramblas Carvalhaes, João Pedro Vasel Macedo
Orientador: Prof. Silvio Sizuo Sumioshi
Co-Orientador: Prof. Dr. Gustavo Vieira Olivieri

2º colocado

H2CPS – Sistema de Exaustão dos Gases de Blow-by em Motores de Combustão Interna a Hidrogênio

Julia Vitoria de Lima, Rodrigo Rampaso de Moraes, Victor Kawata dos Santos, Victor Viscardi
Orientador: Prof. Dr. Fernando Fusco Rovai

Engenharia Mecânica Plena

1º colocado

HEPHASSIST: Otimização e Desenvolvimento de Um Andador Ortopédico

Kleber Nicoletti Nascimento, Lucas Barreto da Silva Santos, Matheus Rey Ribeiro Sampaio Bueno, Nichollas Farkas Balog, Tharcisio Magno Andrade de Souza Santana
Orientador: Prof. Dr. Fabrizio Leonardi

2º colocado

BARS – Estudo de Viabilidade de um Sistema de Refrigeração por Absorção com Brometo de Lítio e Água para Cabines de Microônibus diesel

Daniel Kenji Shigetomi Vieira, Kim Sobrinho D'Assumpção, Lucas Caselli, Marcelo Oliveira Rodrigues, Wellerson Sampaio de Oliveira Souza
Orientador: Prof. Dr. Fernando Fusco Rovai

Engenharia de Produção

1º colocado

Análise Multicritério da Sustentabilidade de Alternativas de Combustíveis para Aviação:
Um Estudo com o Método TOPSIS

Daniel Vitor Oddone Corrêa, Jorge Dias da Silva, Júlia Toledo Valles
Orientadora: Profa. Dra. Gabriela Scur

2º colocado

Manufatura Digital Aplicada ao Estudo de Integração de Processos e Abastecimento de
Linha de Produção

Giovanna Tomaz Silva
Orientador: Prof. Dr. Fabio Lima

Engenharia Química

1º colocado

Análise da Condição Operacional de uma Torre de Resfriamento em uma Indústria do
Setor Petroquímico

Julia Garbini R., Leonardo M. S. Bugalho, Maria Gabriela S. Silva, Marco Antônio S. Anan
Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Novazzi

Engenharia de Robôs

1º colocado

Aprendizado por Reforço Guiado por Feedback de Modelos de Linguagem para
Navegação de Robôs Móveis

Nicolas Alan Grotti, João Victor de Assis, Danilo Perrone Marcondes, Gustavo Goncalves Pires,
Leandro de Sousa Goncalves
Orientador: Prof. Dr. Reinaldo A. C. Bianchi

Categoria Inovação

1º colocado

Desenvolvimento de um Sistema de Navegação que Evite Zonas com Alto Índice Criminal
Utilizando Análise de Dados de BOs e A*

Bruna B. M. Fidalgo, Guilherme Q. Santos, Rodrigo M. Doraciotto, Pedro L. Vieira Adorno
Orientadora: Profa. Dra. Leila Cristina Bergamasco

2º colocado

Análise Multicritério da Sustentabilidade de Alternativas de Combustíveis para Aviação:
Um Estudo com o Método TOPSIS

Daniel Vitor Oddone Corrêa, Jorge Dias da Silva, Júlia Toledo Valles
Orientadora: Profa. Dra. Gabriela Scur

3º colocado

Sistema Preditivo de Segurança Feminina: Um Plano de Negócio Baseado em IA e
Dispositivos Vestíveis

Thamara Ferreira da Silva
Orientador: Prof. Dr. Edson Sadao Izuka

O inovaFEI é um dos eventos mais tradicionais e aguardados da FEI. Um verdadeiro palco de inovação, onde ideias ganham forma, talentos são reconhecidos e conexões se tornam oportunidades.

A cada edição, os Trabalhos de Conclusão de Curso de nossos estudantes de Administração, Ciência da Computação, Ciência de Dados e Inteligência Artificial, e Engenharias são apresentados ao público, revelando soluções criativas e de alto impacto.

Além da exposição de projetos, o público também poderá acompanhar de perto as premiações nas categorias de cada curso, celebrando o que há de melhor na inovação universitária.



JESUÍTAS BRASIL