

# 3<sup>a</sup> Feira de CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO da UFSM-CS





**Reitor**  
Luciano Schuch

**Vice-Reitora**  
Martha Bohrer Adaime

**Pró-Reitor de Extensão**  
Flavi Ferreira Lisbôa Filho

**Pró-Reitora Adjunta de Extensão**  
Jaciele Carine Vidor Sell

**Coordenadoria de Cultura e Arte**  
Vera Lúcia Portinho Vianna

**Coordenadoria de Desenvolvimento Regional**  
Leandro Nunes Gabbi

**Coordenadoria de Cidadania**  
Victor De Carli Lopes

**Coordenadoria de Articulação e Fomento à Extensão**  
Jaciele Carine Vidor Sell

**Subdivisão de Inserção da Extensão nos Cursos**  
Giséli Duarte Bastos

**Subdivisão de Divulgação e Editoração**  
Giana Tondolo Bonilla

**Projeto Gráfico e Diagramação**  
Editora PRE

F299t Feira de Ciências, Tecnologia e Inovação da UFSM-CS (3. : 2025 :  
Cachoeira do Sul, RS)  
3ª Feira de Ciências, Tecnologia e Inovação da UFSM-CS [recurso  
eletrônico] / [revisores: Rafaela Falcão Sololoski ...[et al.]]. Santa  
Maria, RS : Pró-Reitoria de Extensão, [2025].  
1 e-book : il.

ISBN: 978-65-83334-58-9

1. Feira de Ciências –Eventos 2. Tecnologia – Eventos  
3. Inovação – Eventos 4. Ensino de ciências 5. Projetos  
experimentais 6. Sustentabilidade I. Sololoski, Rafaela Falcão  
II. Título.

CDU 5/6(063)

# REVISORES

Rafaela Falcão Socoloski

Rosana Brettas Da Silva

Carla Fernanda Perius

Lucas Alves Lamberti

Charles Rech

Emanuele Amanda Gauer

André Francisco Caldeira

Paulo César Vargas Luz

Vanderlei Manica

Rodrigo Marinho De Souza

Patrícia Regina Ebani

Débora Gregoletto

Ana Rita Pereira Wollmann

Felipe Caleffi

Luciana Ebani

Débora Faoro

Camila Nunes Barreto

Adilson Mueller

Camila Tavares Billig

Rafael Domingues Della Pace

Roberto Wagner Müller De Sousa

Fernanda Refosco Porto

Nilson Binda

Cláudia Magalia Da Rosa Gonçalves

Carla Da Luz Zinn

Jocenir Boita

Lucinéia Fabris

Glauber Rodrigues de Quadros

# SUMÁRIO

INDICADOR DE PH E REPOLHO ROXO .....	8
DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE COLETOR SOLAR DE BAIXO CUSTO .....	12
ESPECTROSCOPIA UV-VIS COMO FERRAMENTA PARA O ESTUDO INICIAL DE NANOPARTÍCULAS DE FERRO .....	17
MODELAGEM MATEMÁTICA E CONTROLE LQR E PI APLICADO EM UM PÊNDULO INVERTIDO MONTADO EM UM CARRO MOTORIZADO .....	23
MODELO EXPERIMENTAL DE UM DINAMÔMETRO PARA AVALIAR FORÇA MUSCULAR DE USUÁRIOS DE CADEIRAS DE RODAS. REVISÃO DA LITERATURA E SIMULAÇÃO DO MODELO DINÂMICO .....	30
PROJETO DE CONTROLE DE UM MONOCÓPTERO UTILIZANDO ARDUINO NANO .....	37
POLÍMERO CONDUTOR COM RESPOSTA À LUZ: UMA ABORDAGEM FOTORESISTIVA .....	41
TRAJETÓRIA NUMÉRICA .....	50
ANÁLISE DO VOLUME DE ÁGUA CONDENSADA EM APARELHOS DE AR-CONDICIONADO: RELAÇÃO COM FATORES CLIMÁTICOS EM TRÊS UNIDADES NO CAMPUS DE CACHOEIRA DO SUL DA UFSM .....	54
ASSISTENTE DE ACORDES VOLTADO PARA O ENSINO DE MÚSICA .....	59
DESAFIANDO A FÍSICA .....	64
AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO PAPEL DO PH NA SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE FERRO .....	68

# SUMÁRIO

SELIN - SEPARADOR DE LIXO INTELIGENTE .....	73
AURORA V: UMA LINGUAGEM DE MANIPULAÇÃO DE EQUAÇÕES EM TEMPO REAL .....	79
TIPOS DE APOIOS ESTRUTURAIS EM RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS .....	86
PANORAMA ATUAL DA PRODUÇÃO DE CONCRETO CELULAR: ESTADO DA ARTE .....	92
INTERNET DAS COISAS E INCLUSÃO SOCIAL: UMA PROPOSTA PARA O MONITORAMENTO REMOTO DE ATIVIDADES FÍSICAS EM CADEIRANTES .....	97
CONCRETO CELULAR: REDUZINDO PEGADAS ECOLÓGICAS COM RESÍDUOS INDUSTRIAS E AGROINDUSTRIAS .....	102
ROBÓTICA NA MEDICINA .....	107
MATERIAIS AVANÇADOS PARA APLICAÇÕES EM ELETRÔNICA E ENGENHARIA MECÂNICA: INOVAÇÕES EM CONDUTIVIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	112
EFEITO DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA PRODUTIVIDADE E NO TEOR DE PROTEÍNA DA SOJA .....	118
RECOMENDAÇÃO DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PARÂMETROS OBSERVADOS E FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO .....	123
INCREMENTO PRODUTIVO DA SOJA PELA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR EM CINCO ANOS AGRÍCOLAS .....	129

# SUMÁRIO

PRODUTIVIDADE E EXIGÊNCIAS BIOCLIMÁTICAS DE CULTIVARES DE SOJA NO ANO AGRÍCOLA 2023/24 .....	134
PRODUTIVIDADE DA SOJA COM SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA E LUMINOSA NA SAFRA 2023/24 .....	140
ANÁLISE COMPUTACIONAL DE TEMPERATURA ATRAVÉS DA CAPACIDADE TÉRMICA DA ABSORÇÃO DE CALOR DE UMA PEÇA SOLDADA .....	145
MOMENTO DE INÉRCIA E RESISTÊNCIA ESTRUTURAL .....	154
ESTUDO PRELIMINAR EM UMA JUNTA SOLDADA DE AÇO API X65 PRODUZIDA ATRAVÉS DA SOLDAGEM POR FICÇÃO LINEAR .....	160
GUERRA CIVIL DOS MATERIAIS .....	165
ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE UM ROTOR AXIAL DO TIPO HÉLICE PARA UMA MICRO CENTRAL HIDRELÉTRICA .....	170
COMPARAÇÃO DE DEGRADAÇÃO POR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE ARGAMASSA NO CAMPUS UFSM-CS .....	176
A EMISSÃO DE GASES POLUENTES PELAS INDÚSTRIAS AGRÍCOLAS DE CACHOEIRA DO SUL .....	182
ANÁLISE DE UM DESUMIDIFICADOR DE AR TERMOELÉTRICO .....	187
DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE INCERTEZAS DE UM DINAMÔMETRO PARA AVALIAÇÃO DE TURBINAS EÓLICAS DE EIXO VERTICAL .....	192
SECADOR SOLAR PARA AGRICULTURA FAMILIAR: DIMENSIONAMENTO E APLICAÇÕES .....	197

# SUMÁRIO

XADREZ NAS ESCOLAS DE CACHOEIRA DO SUL: ESTRATÉGIA EDUCACIONAL PARA CRIANÇAS E ADOLESCENTES .....	204
SIMULAÇÃO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS: TREINAMENTO VIRTUAL PARA NAVEGAÇÃO INTELIGENTE EM CACHOEIRA DO SUL .....	209
SAÚDE MENTAL DA POPULAÇÃO NAS CIDADES: UM CHAMADO À AÇÃO .....	213
ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DE LUZ SOLAR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA EM APLICAÇÕES RESIDENCIAIS COTIDIANAS .....	218

## **INDICADOR DE PH E REPOLHO ROXO**

Bianca Machado Barreto\*, Maira Machado Wollmann\*, Valentina Batista Barros\*,  
Valentina Foletto Morais\*

### **RESUMO**

A escala de pH indica o grau de acidez e basicidade de uma substância, variando de 0 a 14. Valores abaixo de 7 indicam acidez, valores acima de 7 indicam basicidade e o valor 7 representa o meio neutro, como água pura. O repolho roxo pode ser utilizado como um indicador de pH porque contém antocianinas, um pigmento que muda de cor de acordo com o pH do meio.

**Palavras-chaves:** pH, Repolho Roxo, Escala e Antocianina

### **ABSTRACT**

The pH scale indicates the degree of acidity and basicity of a substance, ranging from 0 to 14. Values below 7 indicate acidity, values above 7 indicate basicity and the value 7 represents a neutral medium, such as pure water. Red cabbage can be used as a pH indicator because it contains anthocyanins, a pigment that changes color according to the pH of the medium.

**Keywords:** pH, Red Cabbage, Scale and Anthocyanin

### **1. INTRODUÇÃO**

Neste trabalho nos aprofundamos em um assunto que é bastante conhecido, usando o repolho roxo como indicador de pH, uma escala que mede o quanto ácida ou básica uma substância é. O mesmo é uma boa opção devido ao seu baixo custo e facilidade de obtenção, utilizamos o suco do repolho roxo com vários materiais conforme segue no item 2.

### **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para o experimento foram utilizados os seguintes materiais:

- Repolho roxo
- Uma panela com água fervente
- Recipientes
- Água sanitária
- Bicarbonato de Sódio
- Detergente
- Leite
- Limão

---

\* E.M.E.F Dr. Getúlio Vargas

- Sabão em pó
- Sal Amoníaco
- Vinagre

Para a obtenção do indicador ácido-base foram colocados em uma panela com água e fervidos por 15 minutos pedaços de folhas do repolho roxo. Após, as folhas foram separadas e a solução resfriada.

Após testamos o suco do repolho com as seguintes soluções: Água Sanitária, Limão, Leite, Vinagre, Detergente, Bicarbonato de Sódio, Sal Amoníaco e Sabão em pó.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando o indicador de repolho roxo entra em contato com substâncias ácidos, as antocianinas reagem com os íons de hidrogênio ( $H^+$ ) presentes nessas substâncias.

Mas, quando o indicador do repolho roxo entra em contato com substâncias alcalinas, as antocianinas reagem com os íons de hidróxido ( $OH^-$ ) presentes nessas substâncias.

Soluções testadas	pH e cores obtidas
Água Sanitária	14; amarelo a após segundos translucida
Limão	1; vermelho
Leite	6; lilás
Vinagre	2; rosa
Detergente	3; rosa escuro
Bicarbonato de Sódio	13; verde escuro
Sal Amoníaco	9; azul escuro
Sabão em Pó	9; azul escuro



#### **4. CONCLUSÕES**

Com este estudos concluímos que o repolho roxo pode ser usado como um indicador de pH, pois o mesmo tem a capacidade de mudar de cor de forma significativa em respostas as soluções com pH ácido, neutro e básico.

O estudo também mostrou que indicadores químicos sintéticos podem ser substituídos por indicadores naturais, contribuindo assim com o meio ambiente.

## 5. REFERÊNCIAS

1. Fogaça. J. R. V – **Indicador ácido-base com repolho roxo.** Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/experimentos-quimica/indicador-acido-base-com-repolho-roxo.htm>
2. Batista. C – **O que é pH?** Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/o-que-e-ph/>
3. Fogaça. J – **Meios, neutro, ácido e básico.** Disponível em: <https://www.google.com/amp/s/m.brasilescola.uol.com.br/amp/quimica/meios-neutro-acido-basico.htm>

# **DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE COLETOR SOLAR DE BAIXO CUSTO**

Gustavo Alves da Silva Bezerra\*, Anderson Machado Borba\*, Eduardo Colombelli da Rosa\*, Cássio Yuri de Oliveira\*, Patrick Pereira de Freitas\*, Cristiano Frandalozo Maidana\*, Charles Rech\*, Simone Ferigolo Venturini\*

## **RESUMO**

Em grande número de residências o aquecimento da água para banho é realizado por chuveiros elétricos, itens de baixo custo inicial, mas que contribuem significamente para o consumo de energia elétrica. Uma opção para reduzir esse consumo é o preaquecimento da água utilizando aquecedores solares. Desta forma, este trabalho avalia o desempenho de um sistema de aquecimento de água feito com materiais de baixo custo.

**Palavras-chave:** ENERGIA SOLAR, BAIXO CUSTO, COLETOR SOLAR.

## **ABSTRACT**

In many homes, water heating for bathing is done using electric showers, which are inexpensive items that result in high energy consumption. One option to reduce this consumption is to preheat the water using solar heaters. Therefore, this study evaluates the performance of a water heating system made with low-cost materials.

**Keywords:** SOLAR ENERGY, LOW COST, SOLAR COLLECTOR.

## **1. INTRODUÇÃO**

Em regiões com ocorrência de baixas temperaturas, como no Rio Grande do Sul, durante parte do ano o banho quente deixa de ser um luxo, tornando-se uma necessidade para a manutenção da saúde e do bem-estar. O aquecimento da água para banho é realizado por chuveiros elétricos, itens de baixo custo, mas que resultam em alto consumo de energia elétrica. Uma opção para reduzir esse consumo é o preaquecimento da água utilizando aquecedores solares.

Um dos componentes dos aquecedores solares são os coletores solares, responsáveis por captar a energia solar e convertê-la em calor a ser transferido para a água de uso. Convencionalmente, os coletores são feitos de um metal com boa condução térmica, nos quais a energia captada é eficientemente transferida na forma de energia térmica para a água de uso. Este trabalho visa analisar a viabilidade de utilização de tubos de PVC para a construção de coletores solares de baixo custo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Materiais sobre os quais incide irradiação podem absorver parte ou toda a energia incidente, aumentando, portanto, a sua energia térmica. A quantidade de energia absorvida por uma superfície depende tanto das propriedades do material quanto da natureza da irradiação incidente<sup>1</sup>. A tinta preta, no geral, apresenta a capacidade de absorver aproximadamente 95% da radiação solar incidente<sup>5</sup>.

---

\* Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul.

No Brasil, apesar da extensão territorial, apresenta pouca variação na irradiação solar. A radiação média diária mais elevada, de 6,5 kWh/m<sup>2</sup>, é registrada na região Nordeste, enquanto a menor radiação, de 4,25 kWh/m<sup>2</sup>, ocorre na região Sul do país, variando de acordo com a estação<sup>3</sup>.

Sistemas que busquem coletar e armazenar energia solar na forma de energia térmica devem levar em conta os outros meios de transmissão de calor – a convecção e a condução – isolando o sistema com materiais de baixa condução térmica, diminuindo as perdas do sistema. O poliestireno expandido se destaca como um material de baixo custo que provê excelente isolamento térmico<sup>4</sup>.

Tubos de PVC não costumam ser usados para transportar água quente, entretanto existem requisitos para sistemas prediais de água pluvial, esgoto e ventilação, conforme a NBR 5688, que indicam que a mínima temperatura de amolecimento “Vicat” para tubos e conexões de PVC devem ser de 79°C e 72°C respectivamente<sup>6</sup>. Tubulações de PVC devem ser mantidas a temperatura abaixo da indicada para evitar deformação devido à perda de rigidez.

### 3. METODOLOGIA

O protótipo de coletor solar para aquecimento de água projetado e construído é apresentado na Figura 1.

*O protótipo de coletor solar para aquecimento de água projetado e construído é apresentado na Figura 1.*



*Figura 1: Coletor solar*

O coletor solar construído utiliza tubos de 25 mm de diâmetro, totalizando uma área externa para a incidência solar de 0,145 m<sup>2</sup>. Desta forma, o volume total de água usado para preencher o sistema foi de 3,5 l.

Para a construção do protótipo, uma quantidade mínima de tubos – fora do coletor solar

– foi usada, assim como uma caixa de isopor como reservatório, buscando evitar perdas por condução de calor. A caixa de isopor foi selecionada devido à baixa condutividade térmica do isopor<sup>5</sup>. Os tubos do coletor solar foram postos em uma caixa de madeira com tampa de acrílico, com o objetivo reduzir a perda de calor com o exterior através da troca de ar entre o coletor e o meio.

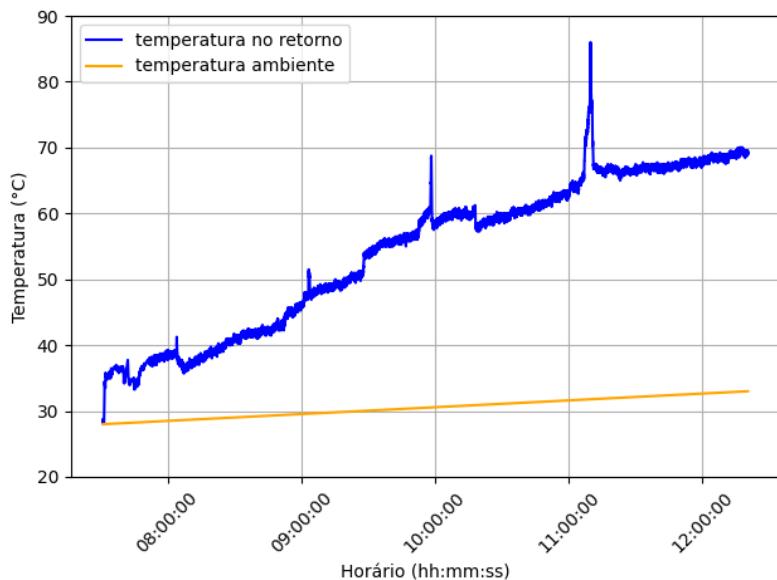
A fim de aumentar a irradiação sobre os tubos, o fundo da caixa foi revestido em alumínio, fazendo com que parte dos raios que não incidam diretamente sobre os tubos são refletidos – parcialmente – de volta aos tubos PVC.

O desempenho do aquecedor foi avaliado através da instalação de um termopar tipo K no retorno (água quente) do reservatório, e um módulo Max6675 foi usado para a leitura dos valores de temperatura. O termopar usado na medição foi instalado no retorno do encanamento.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação do coletor foi feita no horário da manhã e durante a coleta de dados a temperatura ambiente variou de 28°C a 33°C. Os resultados dos testes realizados estão apresentados na figura 2.

**Figura 2:** Medições de temperatura



A variação de temperatura hora a hora média mensurada foi de 7,43 °C. A maior variação ocorreu nos horários iniciais, mesmo sendo a incidência solar menor neste período. Isso se deve ao fato que, com o aumento da diferença de temperatura entre o fluido no sistema e a temperatura ambiente, maiores são as perdas devido a convecção e condução, reduzindo assim a taxa de variação de temperatura.

Os tubos de PVC apresentaram alguns problemas durante os testes: quando o sistema atingiu temperaturas altas (aproximando-se de 70°C) os tubos se tornaram mais flexíveis, sofrendo deformação sobre o próprio peso.

Os picos observados na figura 2 foram também observados em outro sensor, não sendo

erro de leitura. Uma possível explicação é que durante um experimento anterior ocorreram deformações nos tubos, essas deformações podem ter causado uma estagnação de parte do fluido no coletor, fazendo com que o fluido estagnado fosse aquecido acima da média do sistema antes que fosse deslocado de volta para o reservatório.

## 5. CONCLUSÕES

O potencial de aplicação do coletor solar de baixo custo é promissor, especialmente para uso doméstico ou comunitário em áreas com boa exposição solar. O custo inicial, a longo prazo, pode ser compensado pelas economias potenciais com a redução de gastos com energia elétrica, recomenda-se entretanto a realização prévia de uma análise de retorno de investimento.

Os problemas quanto ao aumento da flexibilidade dos tubos PVC em altas temperaturas pode ser sanado com um melhor dimensionamento do sistema, o uso de um reservatório maior, por exemplo evitaria do sistema atingir altas temperaturas em um curto intervalo de tempo.

O uso do PVC em coletor solar, enquanto parece ser viável, deve ser feito com cuidado: o dimensionamento do sistema deve ser tal que a temperatura sobre os tubos não seja tão alta. As temperaturas medidas foram no sistema, não havendo informações sobre o gradiente de temperatura no cano PVC, o que recomenda-se ser investigado, uma vez que a temperatura no cano - e não no sistema - é de interesse para a manutenção das propriedades mecânicas do coletor solar.

## 6. REFERÊNCIAS

1. BERGMAN, T. L. et al. **Fundamentos de transferência de calor e massa.** 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc-Livros Tecnicos E Cientificos Editora Lda, 2016. ISBN 978-85-216-2504-9.
2. CRESESB-CENTRO de Referência Para Energia Solar e Eólica. [S. l.: s. n.].  
<https://cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 1 nov. 2024.
3. MARTINS, F.R.; ABREU, S.L.; PEREIRA, E.B. **Scenarios for Solar Thermal Energy Applications in Brazil.** Energy Policy, v. 48, p. 640–649, set. 2012. ISSN 03014215. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.05.082. Acesso em: 10 dez. 2024.
4. PROTOLAB - **Tabela de Condutividade Térmica de Materiais de Construção.** [S. l.: s. n.]. <http://www.protolab.com.br/Tabela-Condutividade-Material-Construcao.htm>. Acesso em: 6 dez. 2024.
5. SENS, Marcio A.; FRAGATA, Fernando L.; SEBRÃO, Mauro Z. **Influência da Cor das Tintas de Acabamento Poliuretano Alifático na Absorção e na Dissipação de calor.** INTERCORR 2012, p. 16. Acesso em: 12 dez. 2024.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5688: **Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - Tubos e conexões de PVC, tipo DN - Requisitos.** Rio de Janeiro. 1999.

# ESPECTROSCOPIA UV-VIS COMO FERRAMENTA PARA O ESTUDO INICIAL DE NANOPARTÍCULAS DE FERRO

Arthur Batista Brominsky\*; Larissa Friedrichs\*; Glauber Rodrigues de Quadros\*; Patricia Regina Ebani\*; Marcus Paulo de Oliveira\*; Luisa Dias Lopes\*; Maria Cecília Caldeira Vieira\*; Mateus Amancio Correa Neres\*; Lucas Alves Lambert\*; Jocenir Boita\*

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da formação de nanopartículas de ferro por meio da técnica de espectrofotometria UV-Vis. A pesquisa tem como objetivo monitorar o comportamento dessas nanopartículas ao longo do tempo, avaliando a influência de diferentes reagentes na estabilidade e no crescimento das partículas. As medições foram realizadas periodicamente de hora em hora, totalizando quatro horas de medidas.

**Palavras-chave:** nanopartículas de ferro, UV-Vis, monitoramento.

## ABSTRACT

This work presents an analysis of the formation of iron nanoparticles using the UV-Vis spectrophotometry technique. The research aims to monitor the behavior of these nanoparticles over time, evaluating the influence of different reagents on the stability and growth of the particles. Measurements were carried out periodically every hour, totaling four hours of monitoring.

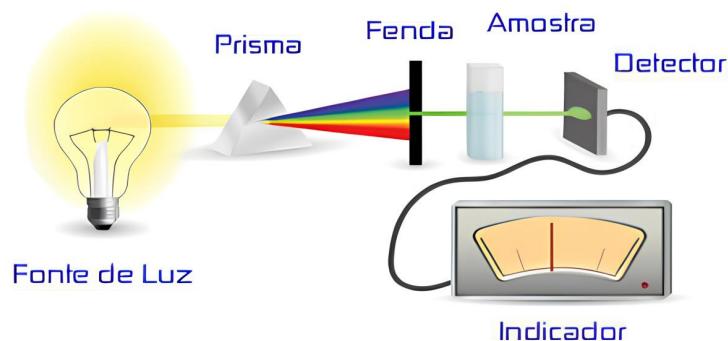
**Keywords:** iron nanoparticles, UV-Vis, monitoring.

## 1. INTRODUÇÃO

Nanopartículas (NPs) são estruturas com dimensões na escala nanométrica, cujas propriedades físico-químicas diferem significativamente de suas versões macroscópicas, sendo influenciadas por fatores como forma e tamanho [1]. Dentre essas, as nanopartículas de ferro são amplamente estudadas devido às suas aplicações em biomedicina, catálise e tecnologias ambientais [2], [3]. A obtenção dessas partículas pode ser realizada a partir de precursores como o sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ), utilizando agentes estabilizadores, encapsulantes e redutores para garantir controle de tamanho e estabilidade [4]. A espectrofotometria UV-Vis é uma técnica amplamente empregada para o estudo e quantificação de substâncias que absorvem luz nas regiões ultravioleta (UV) e visível (Vis) do espectro eletromagnético. No contexto das nanopartículas, essa abordagem permite o monitoramento da formação e do crescimento das partículas em solução, fornecendo informações essenciais para a compreensão do processo de síntese.

---

\* Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (LCS Nano), Universidade Federal de Santa Maria – Cachoeira do Sul



**Figura 1 - Ilustração do método de espectroscopia UV-Vis.** Fonte: <https://www.labnova.com.br/images/speasyimagegallery/albums/22/images/espectrofotometro-1.webp>.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

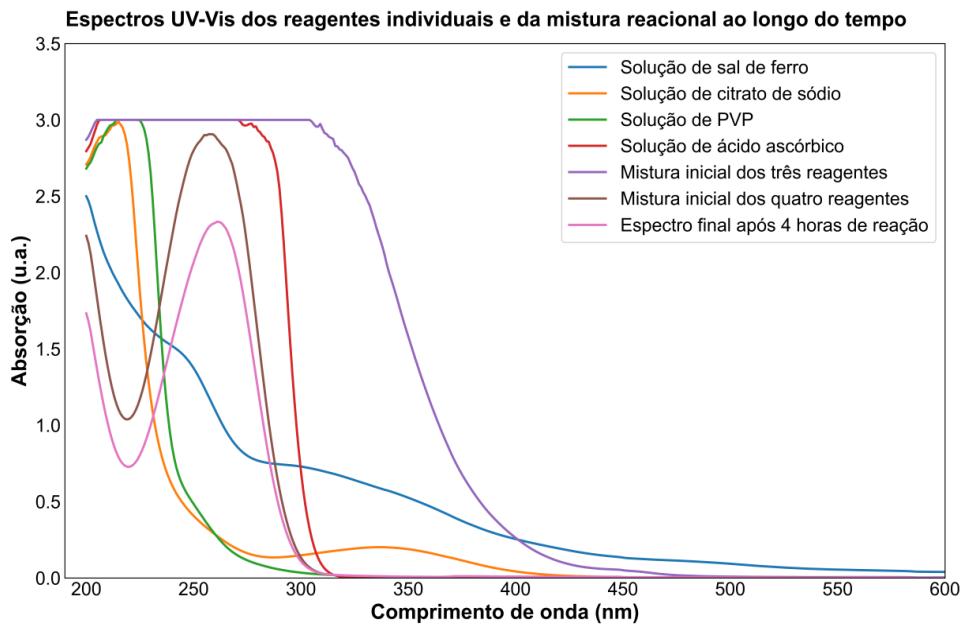
A síntese das nanopartículas foi realizada utilizando reagentes em concentrações estabelecidas conforme descrito por Kremer et al. (2024). Os materiais empregados incluíram bêqueres, utensílios para dosagem de líquidos, balança analítica e um espectrofotômetro UV-Vis, acoplado a um software para análise dos dados obtidos. Inicialmente, as medições UV-Vis foram feitas separadamente para cada reagente, seguidas da análise da interação entre eles. O uso de espectrofotometria UV-Vis para monitorar a formação de NPs baseia-se na interação entre luz e elétrons, permitindo detectar transições eletrônicas e transferência de carga, conforme descrito pela lei de Beer-Lambert [5]. A técnica é particularmente sensível a mudanças na posição e intensidade de bandas de absorção, indicativas de nucleação e crescimento de partículas [6]. O monitoramento da formação das nanopartículas foi realizado em intervalos de uma hora, totalizando quatro horas de observação.



**Figura 2 - Exemplos de materiais utilizados (Becker, Pisseta, Balança, Espectrofotômetro).**

### 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio da espectrofotometria UV-Vis estão apresentados na figura 3:



**Figura 3 - Resultado da Análise UV-Vis para os reagentes individuais e a síntese deles ao longo de quatro horas.**

A análise apresentada na Figura 3 permite inferir que ocorreu uma mudança significativa na estrutura do sal metálico após 4 horas de reação. Inicialmente, a amostra apresentava uma coloração verde-clara, a qual evoluiu para um tom vinho intenso ao longo do tempo. Essas alterações cromáticas refletem modificações na composição e/ou morfologia do material, características associadas à formação de ferro com propriedades metálicas.

Os dados obtidos demonstram que cada reagente apresentou padrões espectrais distintos, indicando influência individual na formação das nanopartículas. A ausência de picos na região do visível nos espectros dos reagentes isolados (a, b, c e d) corrobora que a síntese de nanopartículas metálicas ocorre unicamente após a mistura dos componentes, evidenciando a ocorrência de reações químicas entre os reagentes, conforme já relatado em estudos anteriores [7].

Além disso, a utilização do PVP como agente estabilizante parece ter contribuído para a redução da agregação entre as partículas. No entanto, pequenas alterações observadas nos espectros sugerem a possível formação de complexos intermediários durante o processo reacional [14]. A interação entre os diferentes reagentes promoveu variações específicas nos perfis espectrais, reforçando a importância de cada componente no sistema reacional.

Apesar das mudanças visíveis na coloração e na formação de estruturas metálicas, as variações espectrais registradas ao longo das quatro horas de análise foram relativamente discretas. Isso indica que a evolução das nanopartículas pode requerer tempos de reação mais prolongados, destacando a necessidade de monitoramento contínuo para melhor compreensão da cinética de formação e estabilização das mesmas ao longo do tempo.

#### **4. CONCLUSÕES**

A espectrofotometria UV-Vis demonstrou ser uma ferramenta eficiente para monitorar a formação de nanopartículas de ferro, permitindo acompanhar em tempo real a interação entre os reagentes e o início do crescimento das partículas. As mudanças cromáticas observadas — da coloração verde-clara inicial para um tom vinho intenso após 4 horas — juntamente com o surgimento de bandas de absorção na região visível, indicam a formação de estruturas metálicas. No entanto, as alterações espectrais ao longo do tempo foram relativamente discretas, sugerindo que quatro horas pode ser um período insuficiente para capturar transformações mais expressivas no sistema.

Esses resultados reforçam a necessidade de estudos com monitoramento mais prolongado, a fim de compreender melhor a cinética de formação e estabilização das nanopartículas. Além disso, embora a espectroscopia UV-Vis seja valiosa nos estágios iniciais da análise, técnicas complementares, como microscopia eletrônica de transmissão (TEM), difração de raios X (XRD) e espalhamento dinâmico de luz (DLS), são indispensáveis para caracterizar com precisão o tamanho, a morfologia e a cristalinidade das nanopartículas obtidas [9].

Estudos futuros devem explorar parâmetros reacionais como pH, temperatura e concentração dos reagentes, visando a otimização do processo de síntese e o controle sobre as propriedades finais das nanopartículas [10]. Dessa forma, este trabalho fornece uma base relevante para investigações posteriores que visem aprimorar a produção de nanopartículas de ferro com aplicações em áreas como biomedicina, catálise e remediação ambiental.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] ARAE, Karina Sanae Palace. **Síntese e caracterização de nanopartículas de óxido de ferro.** Brasília, DF, 2020. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/29780/1/2020\\_KarinaSanaePalaceArae\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/29780/1/2020_KarinaSanaePalaceArae_tcc.pdf). Acesso em: 01 de maio de 2025.
- [2] GUPTA, Ajay Kumar; GUPTA, Mona. **Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biomedical applications.** Biomaterials, v. 26, n. 18, p. 3995-4021, 2005. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2004.10.012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961204009317>. Acesso em: 17 maio 2025.
- [3] MENG, Yan-Qing et al. **Recent trends in preparation and biomedical applications of iron oxide nanoparticles.** Journal of Nanobiotechnology, v. 22, n. 1, p. 24, 2024. DOI: 10.1186/s12951-023-02235-0. Disponível em: <https://jnanobiotechnology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12951-023-02235-0>. Acesso em: 17 maio 2025.
- [4] KREMER, Ingrid dos Santos et al. **Hybrid electricity generation through residue-based nanogenerator.** Cachoeira do Sul, RS, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148123017858?via%3Dihub>. Acesso em: 01 de maio de 2025.
- [5] QUEVEDO, A. C. et al. **UV-Vis spectroscopic characterization of nanomaterials in aqueous media.** Journal of Visualized Experiments, n. 176, e61764, 2021. Disponível em: <https://www.jove.com/pt/t/61764/uv-vis-spectroscopic-characterization-nanomaterials-aqueous>. Acesso em: 24 maio 2025.
- [6] KELLY, K. L. et al. **The Optical Properties of Metal Nanoparticles: The Influence of Size, Shape, and Dielectric Environment.** The Journal of Physical Chemistry B, v. 107, n. 3, p. 668–677, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1021/jp026731y>. Acesso em: 03 de maio de 2025.
- [7] TARTAJ, P.; MORALES, M. P.; GONZÁLEZ-CARREÑO, T.; VEINTEMILLAS - VERDAGUER, S.; SERNA, C. J. **The preparation of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine.** Journal of Physics D: Applied Physics, v. 36, n. 13, p. R182-R197, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/36/13/202>. Acesso em: 22 maio 2025.
- [8] BEGUM, S. et al. **Fabrication of iron nanoparticles using different bioactive precursors, their characterization and bioactivity evaluation.** Sustainable Chemistry for the Environment, v. 6, p. 100100, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949839224000439>. Acesso em: 24 maio 2025.
- [9] MOURDIKOUDIS, S.; PALLARÉS, R. M.; THANH, N. T. K. **Characterization techniques for nanoparticles:** comparison and complementarity upon studying nanoparticle properties. Nanoscale, v. 10, p. 12871–12934, 2018. DOI: 10.1039/C8NR02278J. Acesso em: 22 maio 2025.

[10] CHEN, Y.; ZHANG, J.; WANG, Z.; ZHOU, Z. ***Solvothermal synthesis of size-controlled monodispersed superparamagnetic iron oxide nanoparticles***. Applied Sciences, v. 9, n. 23, p. 5157, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9235157>. Acesso em: 22 maio 2025.

# MODELAGEM MATEMÁTICA E CONTROLE LQR E PI APLICADO EM UM PÊNDULO INVERTIDO MONTADO EM UM CARRO MOTORIZADO

Pedro Henrique Cascardo Cabral\*, Charles Rech\*\*, André Francisco Caldeira\*\*, Cristiano Frandalozo Maidana\*\*, Simone Ferigolo Venturini\*\*\*

## RESUMO

O pêndulo invertido representa um dos sistemas mais desafiadores da teoria de controle, servindo como um modelo-chave para aplicações reais que exigem equilíbrio dinâmico, como robôs bípedes, veículos autônomos e sistemas aeroespaciais. Sua estrutura é composta por uma haste metálica fixada a um ponto móvel, representado por um carro de equilíbrio. Devido à sua natureza instável, o sistema requer técnicas avançadas de controle para manter a haste na posição vertical, que representa um ponto de equilíbrio instável. Portanto, o presente trabalho propõe a experimentação prática da disciplina de controle, a modelagem matemática e a aplicação de algoritmos de controle realimentado, destacando sua relevância para cursos de engenharia elétrica e engenharia mecânica. Utilizou-se um algoritmo de controle em cascata, combinando um Regulador Linear Quadrático (LQR), amplamente empregado em controle ótimo, com um controlador Proporcional-Integral (PI), responsável por ajustes finos. Os testes experimentais confirmaram o desempenho satisfatório do sistema, demonstrando a eficácia da combinação LQR-PI. A abordagem adotada destaca a eficiência dos algoritmos de controle realimentado na estabilização de sistemas não lineares, oferecendo contribuições relevantes para o ensino e integração teórica e prática da disciplina de sistemas de controle.

**Palavras-chave:** Pêndulo invertido, Controlador LQR, Controlador PI, Controle em cascata, Estabilização dinâmica, Sistemas de controle não lineares.

## ABSTRACT

The inverted pendulum represents one of the most challenging systems in control theory, serving as a key model for real-world applications that require dynamic balance, such as bipedal robots, autonomous vehicles, and aerospace systems. Its structure consists of a metal rod attached to a movable point, represented by a self-balancing cart. Due to its inherently unstable nature, the system requires advanced control techniques to maintain the rod in the upright position, which corresponds to an unstable equilibrium point. Therefore, this work proposes the practical experimentation of control systems, mathematical modeling, and the application of feedback control algorithms, emphasizing its relevance for Electrical and Mechanical Engineering courses. A cascade control algorithm was employed, combining a Linear Quadratic Regulator (LQR), widely used in optimal control, with a Proportional-Integral (PI) controller, responsible for fine-tuning system behavior. Experimental tests confirmed the satisfactory performance of the approach, demonstrating the effectiveness of the LQR-PI combination. Practical applications include robotics, dynamic system control, and automation. The adopted approach highlights the efficiency of feedback control algorithms in stabilizing nonlinear systems, offering meaningful contributions to education and to the theoretical-practical integration within control systems discipline.

**Keywords:** Inverted pendulum, LQR controller, PI controller, Cascade control, Dynamic stabilization, Nonlinear control systems.

\* Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul.

\*\* Laboratorio Interdisciplinar de Soluções Experimentais e Numéricas, Universidade Federal de Santa Maria

\*\*\* Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria

## **1. INTRODUÇÃO**

O pêndulo invertido é um sistema clássico e desafiador no estudo do controle de sistemas dinâmicos, sendo amplamente estudado em engenharia devido às suas características dinâmicas complexas<sup>1</sup>. Trata-se de um sistema físico onde uma haste metálica é fixada em um ponto móvel, geralmente um carro de equilíbrio, através de um eixo de rotação<sup>2</sup>. Diferente de um pêndulo convencional, cuja posição de equilíbrio natural ocorre quando a haste está apontada para baixo, o pêndulo invertido possui uma posição de equilíbrio instável na vertical, exigindo um controle preciso para mantê-lo nessa posição.

Ele é não linear, o que significa que a relação entre a entrada e a saída do sistema não é direta, pequenas mudanças na entrada podem causar grandes e imprevisíveis variações na saída<sup>3</sup>. Isso torna o comportamento do sistema mais difícil de prever e controlar, aumentando a complexidade do processo de estabilização.

Além disso, o pêndulo invertido é um sistema subatuado, o que significa que não há controle suficiente sobre todos os seus graus de liberdade, tornando necessário o uso de técnicas avançadas de controle para alcançar sua estabilidade<sup>4</sup>.

Outro desafio é a instabilidade do sistema, que está associada à configuração de equilíbrio do pêndulo na posição vertical que é naturalmente instável, pois a posição natural do pêndulo é para baixo devido à ação da gravidade que o puxa nessa direção<sup>4</sup>. Portanto, quando operado em malha aberta, ou seja, sem realimentação, o sistema não possui nenhuma ação corretiva, o que significa que, se o pêndulo se desviar da posição vertical, o sistema não terá meios de corrigir esse erro, e o pêndulo acabará caindo. Esse comportamento destaca a necessidade de técnicas de controle avançadas para estabilizar o sistema e evitar a queda do pêndulo. A importância do estudo do pêndulo invertido vai além do ambiente acadêmico, tendo aplicações práticas em diversas áreas da engenharia e tecnologia. Sistemas de controle semelhantes são empregados em robótica, controle de veículos autônomos, estabilização de plataformas móveis, controle de mísseis e até mesmo na acoplagem de espaçonaves<sup>3,5,6,7</sup>.

Portanto, este trabalho visa a implementação de um controlador realimentado capaz de estabilizar o pêndulo invertido na posição vertical, aplicando conceitos de modelagem matemática e técnicas de controle, assim como a experimentação prática e a análise do desempenho de técnicas de controle aplicadas a um sistema dinâmico real. O desenvolvimento de estratégias eficazes para estabilizar um pêndulo invertido contribui diretamente para o aprimoramento dessas tecnologias, assim como para o ensino da disciplina de sistemas controle, proporcionando um exemplo concreto da importância da realimentação na estabilização de sistemas instáveis e não lineares.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O desenvolvimento do sistema de pêndulo invertido em um carro de equilíbrio envolveu a utilização de diversos componentes essenciais para sua construção e controle. A estrutura mecânica foi projetada em forma de um carro com duas rodas, conforme pode ser observado na

Figura 1, e concebida para operar com dois graus de liberdade: um destinado ao movimento do carrinho e outro para o controle do ângulo do pêndulo, por meio de um eixo de rotação acoplado ao veículo<sup>2</sup>.



**Figura 1:** Imagem real do pêndulo invertido no carro de equilíbrio

Fonte: <https://wheeltec.net>

Para o deslocamento do carro, foram utilizados dois motores CC. Esses motores são controlados por um circuito ponte H, permitindo o direcionamento das rodas tanto no sentido horário quanto no sentido anti-horário. Os motores foram equipados com *encoders*, que possibilitaram a medição da velocidade das rodas e a determinação da posição do carro, informações necessárias para o controle do movimento. No pêndulo, foi utilizado um potenciômetro que gera um sinal de tensão proporcional à posição, permitindo o monitoramento da posição angular do pêndulo. O *setpoint* (posição desejada) do pêndulo foi configurado em 3100, o que representa a posição de equilíbrio desejada. Para medir a inclinação e a aceleração angular do pêndulo, foi integrado o sensor MPU6050, que combina um giroscópio e um acelerômetro. O processamento dos sinais dos sensores e a execução dos algoritmos de controle foram realizados pelo microcontrolador STM32F103, amplamente utilizado em sistemas embarcados devido à sua alta performance e capacidade de processamento e o desenvolvimento do *software* foi realizado no MATLAB®<sup>8</sup>.

O controle do sistema foi implementado por meio de duas abordagens principais. A primeira foi o Regulador Linear Quadrático (em inglês, *Linear Quadratic Regulator*, ou LQR), um controlador ótimo baseado na realimentação dos estados do sistema. O LQR utiliza uma função de custo quadrática para encontrar um equilíbrio ideal entre a correção do erro e o esforço de controle, garantindo um desempenho eficiente e estável<sup>9</sup>. Para definir esse equilíbrio, a função de custo atribui pesos distintos a cada critério de desempenho, através da definição das matrizes de ponderação *Q* e *R*, conforme sua importância<sup>9</sup>. No sistema em questão, o LQR calcula uma matriz de ganho *K*, com base na função de custo, que ajusta a força aplicada no carro para manter o pêndulo em posição vertical.

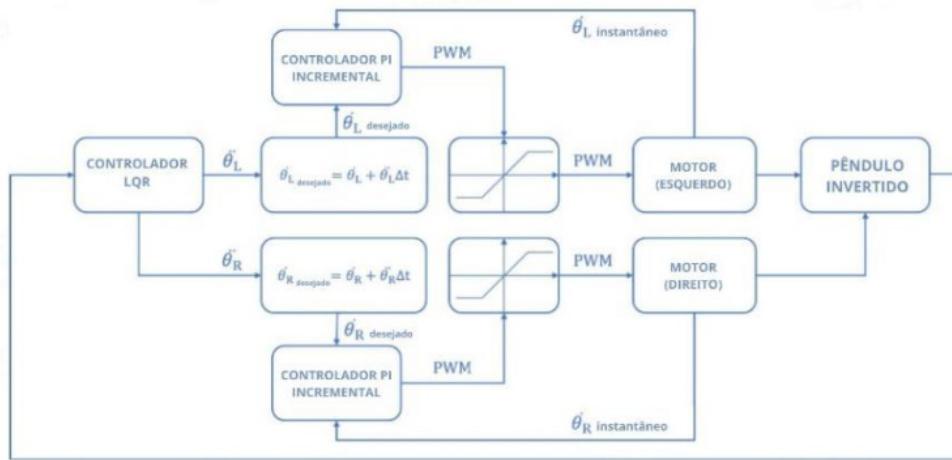
A segunda abordagem utilizada foi o controlador Proporcional-Integral (PI), responsável pelo ajuste fino da resposta do sistema. Esse controlador combina duas ações complementares para garantir uma resposta eficaz e estável. O controle proporcional (P) corrige instantaneamente o desvio do sistema em relação ao *setpoint*, aplicando uma ação de controle diretamente proporcional ao erro presente<sup>5</sup>. No caso do pêndulo invertido, quanto maior a diferença entre o

ângulo atual e a posição vertical desejada, mais intensa será a resposta do controlador, que atua no movimento do carrinho para gerar torque de correção. Essa ação imediata ajuda a compensar pequenas perturbações e inicia o processo de estabilização. A constante de ganho proporcional ( $K_p$ ) determina a intensidade dessa correção: quanto maior o valor de  $K_p$ , mais rápida e agressiva será a ação corretiva para reduzir o erro.

Já o controle integral (I) é responsável por corrigir erros acumulados ao longo do tempo, eliminando desvios residuais que podem surgir devido a perturbações constantes ou forças externas no sistema, garantindo a estabilidade do sistema<sup>5</sup>. O ganho integral ( $K_i$ ) define a intensidade dessa ação corretiva, garantindo que o erro final seja reduzido a zero ao longo do tempo, melhorando a estabilidade do sistema mesmo em operações prolongadas.

Além disso, o sistema emprega um esquema de controle interconectado, chamado de controle em cascata, que consiste em organizar os controladores em níveis hierárquicos para melhorar o desempenho e a robustez da resposta<sup>10,11</sup>.

**Figura 2: Diagrama de fluxo de controle**



**Fonte:** Autores, maio de 2025

No controle em cascata, a malha externa (de nível superior e de atuação mais lenta)<sup>10,11</sup>, implementada por meio do controlador LQR, que calcula referências com base na função de custo que minimiza o erro de estado e o esforço de controle, é responsável pelo controle da aceleração angular da roda esquerda e da roda direita, garantindo assim a estabilidade global do sistema, como pode ser observado na Figura 2.

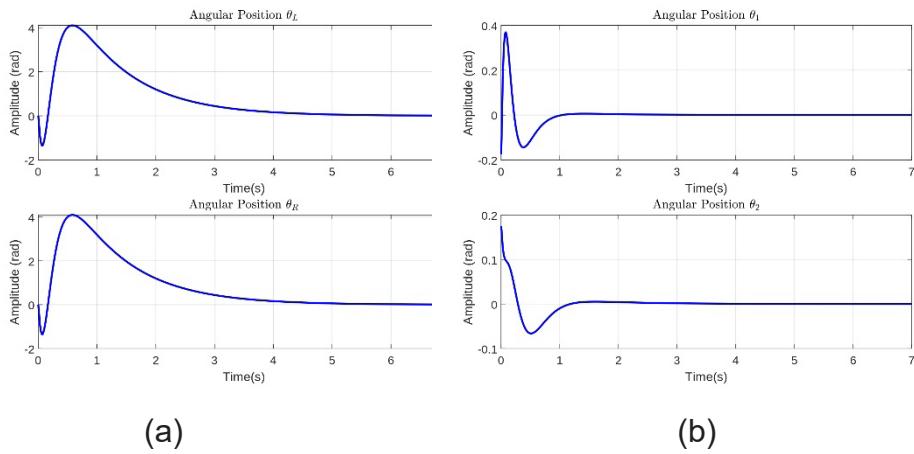
Por sua vez, a malha interna (de nível inferior e de atuação mais rápida)<sup>10,11</sup> é composta por controladores PI incrementais, responsáveis pela velocidade angular da roda esquerda e da roda direita. Esses controladores recebem as referências geradas pelo LQR e ajustam dinamicamente o sinal PWM dos motores, corrigindo perturbações locais e garantindo um acompanhamento eficiente do movimento do carrinho em relação ao pêndulo, assim auxiliando o controlador mais externo<sup>10,11</sup>, como pode ser observado na Figura 2. A natureza incremental do PI permite uma resposta rápida a variações instantâneas, assegurando um controle preciso da velocidade dos motores<sup>5</sup>. Essa estrutura hierárquica possibilita que o controlador interno (PI) responda imediatamente a distúrbios mecânicos e incertezas locais, enquanto o controlador externo (LQR) ajusta a trajetória global do sistema de forma otimizada REF. Dessa forma, o

controle em cascata promove maior estabilidade, precisão e robustez no sistema do pêndulo invertido, harmonizando a atuação das duas camadas de controle<sup>10,11</sup>.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes realizados no MATLAB<sup>8</sup> com o sistema de pêndulo invertido possibilitaram uma análise detalhada do seu comportamento dinâmico, permitindo observar a resposta do carro ao controle aplicado, bem como avaliar a eficácia dos controladores LQR e PI. Além disso, foi possível verificar o desempenho do sistema na manutenção da estabilidade do pêndulo em posição vertical.

**Figura 3:** (a) Posição Angular da roda esquerda e da roda direita; (b) Posição angular do corpo do carro e pêndulo



**Fonte:** Autores, maio de 2025

Os gráficos da Figura 3 ilustram o comportamento do sistema sob a ação do controlador LQR-PI projetado. As subfiguras (a) e (b) apresentam as posições angulares dos componentes do sistema ao longo do tempo. Como pode ser observado, os ângulos  $\theta_1$  e  $\theta_2$  convergem rapidamente para zero, indicando que tanto o corpo do carrinho quanto o pêndulo foram estabilizados com sucesso em torno da posição de equilíbrio na vertical. As respostas apresentam sobre-sinal mínimo e ausência de oscilações sustentadas, confirmando que o controlador proporciona um comportamento de acomodação rápido e suave. Esses resultados corroboram com as previsões teóricas e demonstram a viabilidade prática da abordagem LQR-PI para a estabilização de sistemas não lineares subatuados em tempo discreto.

### 4. CONCLUSÕES

A implementação do controlador em cascata, combinando o Regulador Linear Quadrático (LQR) com o controlador Proporcional-Integral (PI), mostrou-se eficaz para a estabilização do pêndulo invertido montado sobre um carro motorizado. Os resultados obtidos nas simulações evidenciaram que a arquitetura proposta é capaz de manter o sistema estável na posição vertical, mesmo diante de perturbações externas, validando a robustez do sistema de controle desenvolvido.

A estrutura em cascata foi essencial para o desempenho alcançado, pois permitiu tratar separadamente as diferentes dinâmicas do sistema: a malha externa, controlada pelo LQR,

estabilizou a aceleração das rodas, reduzindo oscilações e promovendo uma resposta rápida e precisa, enquanto a malha interna, comandada pelos controladores PI, ajustou a velocidade das rodas, eliminando erros residuais e garantindo a estabilidade global. Essa divisão hierárquica facilitou a sintonia dos controladores e aumentou a capacidade do sistema em lidar com as características não lineares e subatuadas do pêndulo invertido.

Os gráficos experimentais demonstraram que os ângulos do pêndulo e do carro convergiram rapidamente para a posição de equilíbrio, com sobressinal mínimo, ausência de oscilações sustentadas e erro nulo ao longo do tempo, confirmando o bom desempenho da estratégia LQR-PI. Esses resultados são consistentes com a teoria, evidenciando a aplicabilidade prática da combinação dos controladores em sistemas dinâmicos complexos, reforçando a importância da realimentação e da divisão modular em níveis de controle para estabilização de sistemas instáveis e subatuados e contribuindo para o ensino e avanço das técnicas de controle automático aplicadas a problemas reais como o pêndulo invertido.

Para trabalhos futuros, será realizada a validação experimental formal das simulações com o sistema físico apresentado na Figura 1, a fim de verificar a compatibilidade entre o modelo matemático e o comportamento real do sistema. Também serão implementadas outras técnicas de controle, acompanhadas de uma análise comparativa de desempenho em relação à estratégia LQR-PI adotada, buscando identificar alternativas que possam oferecer melhorias em termos de estabilidade, robustez e resposta dinâmica.

## 5. REFERÊNCIAS

1. STIMAC, A. K. **Standup and stabilization of the inverted pendulum.** PhD thesis - Massachusetts Institute of Technology, 1999.
2. BUGEJA, M. **Non-linear swing-up and stabilizing control of an inverted pendulum system.** In: EUROCON 2003 – Computer as a Tool, v. 2, p. 437–441, 2003.
3. NISE, N. S. **Engenharia de sistemas de controle.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
4. SANTOS, T. F. S. **Estudo de técnicas de controle aplicadas ao problema de estabilização de um pêndulo invertido.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.
5. OGATA, K. **Engenharia de controle moderno.** 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
6. ANDERSON, C. W. **Learning to control an inverted pendulum using neural networks.** IEEE Control Systems Magazine, New York, v. 9, n. 3, p. 31-37, abr. 1989.
7. HUANG, S.-J.; HUANG, C.-L. **Control of an inverted pendulum using grey prediction model.** In: Proceedings of the 1994 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, v.2, p. 1936–1941, 1994.
8. THE MATHWORKS INC. **MATLAB** (versão R2023b). Software. Natick, MA: The MathWorks Inc., 2023.
9. ANDERSON, B.; MOORE, J. **Optimal control: Linear quadratic methods.** Englewood Cliffs, NJ: PH, 1989.
10. ISERMANN, R. **Digital control systems.** 2. ed. Berlin (DE): Springer, 1997.
11. PABST, R. G. **Controle digital em cascata de uma planta didática de levitação magnética com linearização por realimentação.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecatrônica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018.

# **MODELO EXPERIMENTAL DE UM DINAMÔMETRO PARA AVALIAR FORÇA MUSCULAR DE USUÁRIOS DE CADEIRAS DE RODAS. REVISÃO DA LITERATURA E SIMULAÇÃO DO MODELO DINÂMICO**

André Francisco Caldeira\*, Charles Rech\*, Simone Ferigolo Venturini\*\*,  
Cristiano Frandalozo Maidana\*

## **RESUMO**

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais aspectos de um modelo experimental de dinamômetro de baixo custo destinado à avaliação da força muscular de usuários de cadeira de rodas. Nesse contexto, a análise da literatura abrange o ciclo de propulsão da cadeira de rodas manual, tipicamente segmentado em fases de contato e recuperação, com estudos biomecânicos investigando as forças aplicadas, os movimentos articulares e a eficiência propulsiva em variadas técnicas e condições. Adicionalmente, a revisão explora o movimento de cadeirantes em ambientes reais, enfatizando a diversidade dos terrenos e as demandas de força muscular em atividades cotidianas, o que sublinha a importância de um dinamômetro que reflita o uso prático da cadeira de rodas. Por fim, discute-se a aplicação do MATLAB/Simulink na simulação de modelos de dinamômetros e sistemas biomecânicos, evidenciando seu potencial para modelar, analisar e otimizar o design do dinamômetro proposto antes de sua implementação física. Em síntese, esta revisão estabelece o fundamento teórico para o desenvolvimento de um dinamômetro acessível, integrando o conhecimento sobre a propulsão, os movimentos reais e as ferramentas de simulação computacional, visando uma avaliação mais pertinente da força muscular de cadeirantes e, consequentemente, contribuindo para sua avaliação física, reabilitação e qualidade de vida.

**Palavras-chave:** Dinamômetro; Cadeira de rodas manual; Ciclo de propulsão; Movimento de cadeirantes em ambientes reais.

## **ABSTRACT**

This paper presents a detailed literature review on the main aspects of a low-cost experimental dynamometer model designed to assess the muscular strength of wheelchair users. In this context, the literature review covers the propulsion cycle of the manual wheelchair, typically segmented into contact and recovery phases, with biomechanical studies investigating the forces applied, joint movements and propulsive efficiency in various techniques and conditions. Additionally, the review explores the movement of wheelchair users in real environments, emphasizing the diversity of terrains and the demands on muscular strength in daily activities, which underscores the importance of a dynamometer that reflects the practical use of the wheelchair. Finally, the application of MATLAB/Simulink in the simulation of dynamometer models and biomechanical systems is discussed, highlighting its potential to model, analyze and optimize the design of the proposed dynamometer before its physical implementation. In summary, this review establishes the theoretical basis for the development of an accessible dynamometer, integrating knowledge about propulsion, real movements and computational simulation tools, aiming at a more pertinent assessment of the muscular strength of wheelchair users and, consequently, contributing to their physical assessment, rehabilitation and quality of life.

**Keywords:** Dynamometer; Manual wheelchair; Propulsion cycle; Movement of wheelchair users in real environments.

---

\* Laboratorio Interdisciplinar de Soluções Experimentais e Numéricas, Universidade Federal de Santa Maria  
\*\* Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria

## 1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

Um dinamômetro econômico para medir a força muscular em usuários de cadeira de rodas é uma ferramenta inovadora que pode aprimorar a avaliação funcional, o monitoramento da reabilitação e a pesquisa clínica nesse grupo. A capacidade de medir a força muscular de forma acessível pode ter um impacto profundo na qualidade de vida de pessoas com mobilidade reduzida, fornecendo dados objetivos para auxiliar no planejamento de intervenções personalizadas e no acompanhamento do progresso ao longo do tempo<sup>1</sup>. O objetivo deste artigo é desenvolver um dinamômetro funcional e de baixo custo, utilizando materiais acessíveis e tecnologias de código aberto, visando tornar a avaliação da força muscular mais acessível a usuários de cadeira de rodas em diferentes contextos, desde clínicas de reabilitação com poucos recursos até residências. A eficácia e a precisão desse dispositivo podem abrir novas possibilidades para aprimorar o atendimento e promover a autonomia funcional nesse segmento da população.

A mensuração da força muscular em usuários de cadeira de rodas vai além de uma simples avaliação física, impactando diretamente sua qualidade de vida e autonomia<sup>2,3</sup>. A força dos membros superiores e do tronco é crucial para atividades diárias, como transferências (da cama para a cadeira, da cadeira para o vaso sanitário), propulsão da cadeira de rodas, alcance de objetos, higiene pessoal e participação em atividades sociais e profissionais. Avaliações regulares e precisas permitem a identificação de déficits musculares, o monitoramento da progressão de condições neuromusculares, a quantificação da eficácia das intervenções de reabilitação e o fornecimento de dados objetivos para o desenvolvimento de planos de tratamento individualizados. Além disso, informações sobre a força muscular podem ser um importante indicador da saúde geral, influenciando a prevenção de lesões secundárias, como dor no ombro, frequentemente relatada por usuários de cadeira de rodas devido a desequilíbrios musculares.

No contexto do sistema de saúde brasileiro, há uma lacuna significativa na disponibilidade de equipamentos específicos para avaliar a força muscular em usuários de cadeira de rodas. Dinamômetros convencionais, muitas vezes projetados para indivíduos sem restrições de mobilidade, podem ser inadequados ou inacessíveis para essa população. A falta de equipamentos portáteis e de baixo custo agrava ainda mais essa situação, especialmente em clínicas de reabilitação com recursos limitados e em ambientes de pesquisa com orçamentos restritos. Essa escassez de ferramentas de avaliação contribui para uma subestimação da capacidade funcional de usuários de cadeira de rodas, dificultando a implementação de estratégias otimizadas de reabilitação e a coleta de dados robustos para pesquisa clínica no Brasil. A criação de um dinamômetro de baixo custo adaptado às necessidades de usuários de cadeira de rodas poderia, portanto, preencher uma lacuna importante no sistema de saúde, democratizando o acesso a uma avaliação essencial para a melhoria da qualidade de vida dessa população.

O desenvolvimento de um protótipo de dinamômetro de baixo custo é uma poderosa ferramenta pedagógica e de pesquisa no ambiente universitário, oferecendo benefícios significativos para a formação de futuros engenheiros. Para alunos de graduação, a construção de um dinamômetro representa uma oportunidade única de solidificar os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula por meio da aplicação prática. A teoria sobre mecânica dos materiais, eletrônica, processamento de sinais e instrumentação ganha vida quando os alunos se deparam com o desafio real de projetar e construir um sistema de medição funcional. Eles aprendem a

traduzir princípios abstratos em soluções tangíveis, compreendendo as limitações e os desafios inerentes ao mundo real da engenharia. O projeto em equipe inerente ao desenvolvimento de um protótipo complexo como um dinamômetro promove habilidades colaborativas essenciais para a vida profissional. Os alunos aprendem a dividir tarefas, comunicar ideias, negociar soluções, gerenciar conflitos e integrar diferentes expertises para atingir um objetivo comum. Essa experiência de trabalho em equipe simula o ambiente profissional, preparando-os para os desafios da colaboração multidisciplinar.

O dinamômetro para cadeira de rodas é um equipamento especializado, projetado para medir as forças aplicadas pelo usuário ao impulsionar a cadeira de rodas<sup>4</sup>. Tornou-se uma ferramenta indispensável em diversas áreas, desde a pesquisa biomecânica e o desenvolvimento de tecnologias assistivas até a avaliação clínica e o treinamento de atletas paralímpicos.

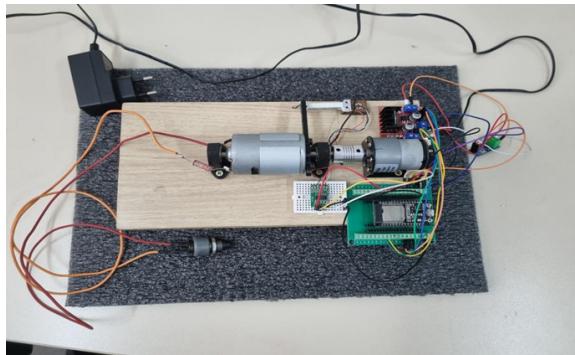
A propulsão manual de uma cadeira de rodas é uma atividade complexa que envolve interação entre o usuário, a cadeira e o ambiente. A eficiência e a eficácia dessa propulsão dependem de diversos fatores, incluindo a força muscular do usuário, a técnica de impulsão, as características da cadeira (peso, rolamento da roda, ergonomia) e as condições do terreno. Compreender e quantificar as forças envolvidas nesse processo é crucial para otimizar o desempenho, prevenir lesões e melhorar a qualidade de vida dos usuários de cadeira de rodas. É nesse contexto que o dinamômetro manual para cadeira de rodas se destaca como um instrumento de medição fundamental.

Basicamente, um dinamômetro é um dispositivo usado para medir forças. No caso específico de cadeiras de rodas manuais, o dinamômetro é projetado para quantificar as forças de propulsão que o usuário aplica aos aros de propulsão. Existem diferentes tipos de dinamômetros para cadeiras de rodas manuais, variando em termos de tecnologia de medição, complexidade e aplicações específicas. Alguns modelos são fixados diretamente à cadeira de rodas, substituindo ou integrando-se aos aros de propulsão. Outros são plataformas ou rolos onde a cadeira de rodas é posicionada para realizar os testes<sup>5,6,7</sup>.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo do dinamômetro pode ser observado na Figura 1. Um motor CC com encoder está acoplado a um segundo motor CC (funciona como gerador) em que é adicionado uma carga. Sensores para medir força (célula de carga) e corrente (ACS712) são adicionados. Uma ponte H (L298D) é utilizada para controlar a velocidade no motor CC com encoder. Uma chave do tipo botão de pressão é utilizada para simular a carga.

**Figura 1: Protótipo do Dinamômetro**



**Fonte:** Autores

Uma modelagem matemática do motor CC é apresentada em detalhes em<sup>8,9</sup>, a função de transferência que relaciona a velocidade angular à tensão é

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{V(s)} = \frac{K}{LJs^2 + (RJ + LB)s + RB + K^2} \quad (1)$$

Em que, J é o momento de inércia do rotor ( $\text{kg.m}^2$ ), B é a constante de atrito viscoso do motor ( $\text{N.m.s}$ ), K é a constante de força eletromotriz ( $\text{V/rad/s}$ ), R a resistência elétrica ( $\Omega$ ) e L a indutância elétrica ( $\text{mH}$ ).

O motor CC usado no experimento tem as seguintes características: fonte de alimentação de 12~V, moto redutor metálico de 30:1, encoder PPR de 11, 285 rpm (30 rad/s).

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho, para testes de simulação do movimento do usuário de cadeiras de rodas, considera-se que a velocidade seja constante. O projeto do controlador C(s) usando técnicas clássicas de controle é realizado. A maioria dos motores CC convencionais tem sua velocidade de saída regulada por um controlador PI:

$$C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} \quad (2)$$

Neste artigo, a função **pidTuner** do MATLAB é usada para projetar o controlador PI. Os critérios de desempenho transitório e em regime permanente que devem ser atendidos são: tempo de estabilização inferior a 2 segundos, sobre sinal inferior a 5%, e erro em regime permanente inferior a 3%.

Após utilizar a função **pidTuner** para atender aos critérios mencionados, o seguinte controlador PI é obtido:

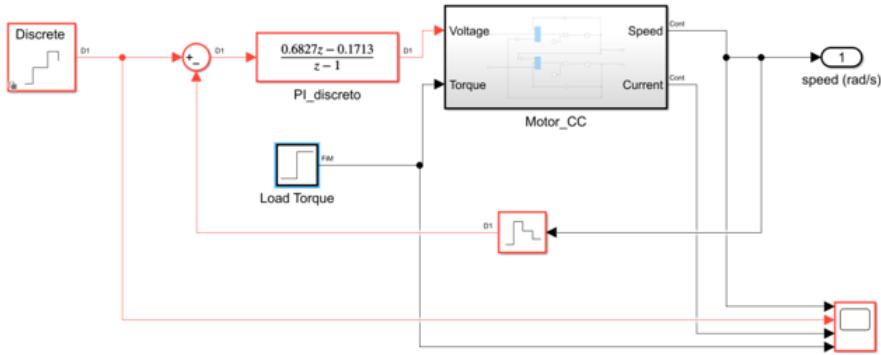
$$C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = 0,427 + \frac{5,114}{s} \quad (3)$$

Para discretização de (3), é utilizada a transformação bilinear (também conhecida como método de Tustin), com período de amostragem ( $T = 0,1$  segundos) resultando em

$$C(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{0,6827z - 0,1713}{z - 1} \quad (4)$$

O diagrama esquemático e a implementação em MATLAB/Simulink é mostrada na Figura 2.

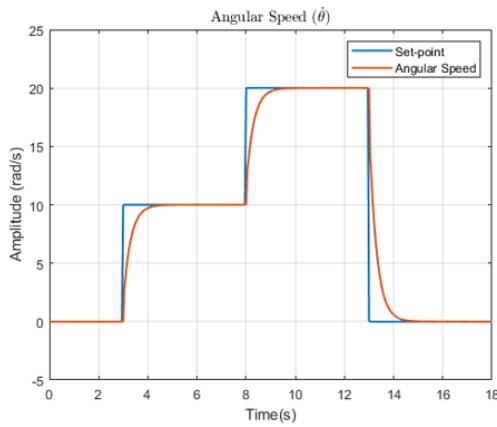
**Figura 2:** Esquema do projeto de controle de velocidade



**Fonte:** Autores

Para exemplificar a eficácia do controlador PI digital projetado, a Figura 3 mostra o comportamento do sistema em malha fechada para entradas do tipo degrau. Em trabalhos futuros, entradas de torque que simulem a força do usuário de cadeira de rodas serão adicionadas para uma análise completa.

**Figura 3:** Comportamento do sistema em malha fechada para entradas do tipo degrau



**Fonte:** Autores

### 3. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica e posteriormente a construção de um dinamômetro inercial de baixo custo. Após a etapa de construção da parte mecânica, toda a instrumentação e eletrônica foi realizada e testada. Um projeto e implementação de um controlador PI digital para controlar a velocidade do motor CC foi realizada. Este dispositivo teria o potencial de impactar positivamente a avaliação física, os processos de reabilitação e, em última análise, a qualidade de vida de usuários de cadeira de rodas, oferecendo uma ferramenta

prática e econômica para quantificar aspectos cruciais de sua capacidade funcional. Como trabalho futuro, toda a parte de medição de grandezas como torque e potência será avaliada, bem como a instrumentação, amplificação e filtragem de sinais de sensores. Um controle de carga será implementado para simular vários cenários de carga que se assemelham aos do usuário de cadeira de rodas.

#### **4. REFERÊNCIAS**

1. OLIVEIRA, Saulo Fernandes Melo et al. **The compact wheelchair roller dynamometer.** Sports Medicine International Open, v. 1, n. 04, p. E119-E127, 2017.
2. WIECZOREK, Bartosz; WARGUŁA, Łukasz. **Problems of dynamometer construction for wheelchairs and simulation of push motion.** In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2019. p. 01006.
3. WIECZOREK, Bartosz; SYDOR, Maciej. **Laboratory Assessment of Manual Wheelchair Propulsion.** Applied Sciences, v. 14, n. 22, p. 10737, 2024.
4. MARTIN, X. et al. **Analyse critique des matériels et des méthodes d'évaluation de l'aptitude physique chez le blessé médullaire en fauteuil roulant.** Science & sports, v. 17, n. 5, p. 209-219, 2002.
5. GLASER, ROGER M. et al. **Metabolic and cardiopulmonary responses to wheelchair and bicycle ergometry.** Journal of Applied Physiology, v. 46, n. 6, p. 1066-1070, 1979.
6. HORVAT, Michael A. et al. **A treadmill modification for wheelchairs.** Research Quarterly for Exercise and Sport, v. 55, n. 3, p. 297-301, 1984.
7. BROUHA, Lucien; KROBATH, Hans. **Continuous recording of cardiac and respiratory functions in normal and handicapped people.** Human factors, v. 9, n. 6, p. 567-571, 1967.
8. MAHERIYA, S.; PARIKH, P. **A review: Modelling of Brushed DC motor and Various type of control methods.** Journal for Research, v. 1, 2016.
9. RAHMAN, N. N. A.; YAHYA, N. M. **A mathematical model of a brushed DC motor system.** Data Analytics and Applied Mathematics (DAAM), 2 (2), 60-68. 2021.

# PROJETO DE CONTROLE DE UM MONOCÓPTERO UTILIZANDO ARDUINO NANO

Eagro Henrique Brenner Muller\*, Pedro Antônio Castro Regio dos Santos\*, André Francisco Caldeira\*, Charles Rech\*, Simone Ferigolo Venturini\*, Cristiano Frandalozo Maidana\*

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de controle para um monocóptero utilizando um microcontrolador Arduino Nano e um controlador PID digital. A metodologia baseia-se em um modelo matemático simplificado, suficiente para projetar e sintonizar o controle mesmo diante da instabilidade e não linearidades do sistema. O projeto envolveu a análise de sensores e atuadores, além do uso de filtros digitais para reduzir ruídos. Os resultados demonstraram estabilidade e boa rejeição a distúrbios, validando a aplicação de técnicas clássicas de controle em sistemas mecatrônicos de baixo custo.

**Palavras-chave:** PID, Sistema de controle, Modelo reduzido, Arduino Nano, Planta de controle.

## ABSTRACT

This work presents the development of a control system for a moncopter using an Arduino Nano microcontroller and a digital PID controller. The methodology is based on a simplified mathematical model, which proved sufficient for designing and tuning the controller despite the system's instability and nonlinearities. The project included analysis of sensors and actuators, as well as the use of digital filters to reduce noise. The results demonstrated stability and good disturbance rejection, validating the application of classical control techniques in low-cost mechatronic systems.

**Keywords:** PID, Control system, Reduced-order model, Arduino Nano, Controlled plant.

## 1. INTRODUÇÃO

O controle digital é essencial em sistemas eletromecânicos, garantindo precisão e estabilidade por meio do processamento de dados em intervalos discretos. Com a popularização de microcontroladores como o Arduino, tornou-se uma solução acessível para diversas aplicações. O controlador PID destaca-se por sua simplicidade e eficácia, combinando ações proporcional, integral e derivativa para melhorar o desempenho do sistema.

A modelagem da planta é crucial para projetar controladores eficientes, sendo possível utilizar modelos de ordem reduzida com o auxílio de ferramentas como MATLAB e Python. Este trabalho tem como objetivo implementar um controle PID discreto em um monocóptero com Arduino, utilizando um modelo matemático simplificado e técnicas de filtragem digital para mitigar ruídos, promovendo uma solução de baixo custo e fácil replicação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho envolveu a obtenção de um modelo matemático simplificado e a implementação de um controlador digital embarcado para estabilização do monocóptero. A modelagem foi baseada em dados experimentais obtidos em malha aberta, onde diferentes sinais PWM foram aplicados ao motor, e as respostas angulares foram medidas por um potenciômetro acoplado ao braço. Esses dados foram registrados via comunicação serial por um script

---

\* Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

em Python, que armazenou em arquivo “.csv” os valores normalizados de tempo, posição e sinal de controle.

A dinâmica do sistema foi representada por uma função de transferência de primeira ordem com atraso, expressa por:

onde  $\kappa$  (kappa) é o ganho,  $\tau$  (tau) a constante de tempo e  $\phi$  (phi) o atraso. A escolha por um modelo de ordem reduzida se deve às restrições computacionais do Arduino Nano, possibilitando sua implementação em tempo real com baixo custo computacional.

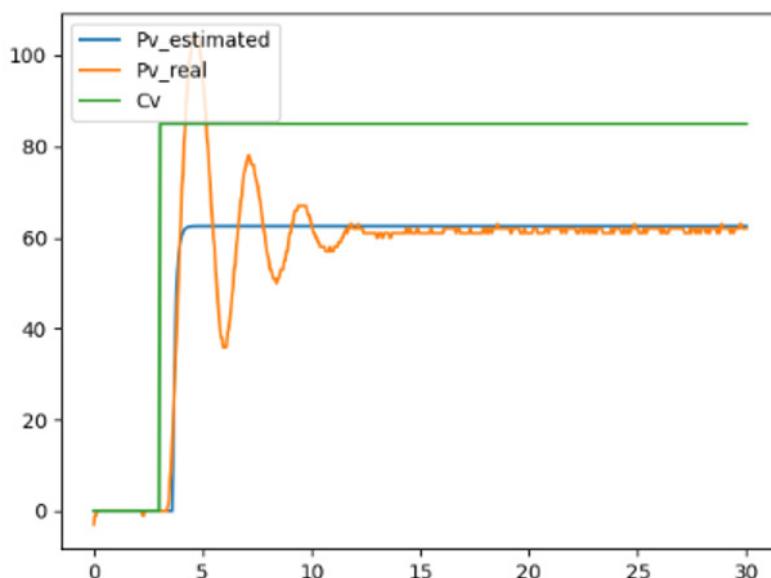
Como modelo ajustado, foi implementado um controlador PID digital embarcado, responsável por compensar distúrbios e estabilizar o sistema. Os parâmetros do PID foram inicialmente obtidos por métodos clássicos de sintonia e posteriormente refinados experimentalmente. Para mitigar ruídos de medição, utilizou-se um filtro digital de média móvel exponencial, descrito por:

em que  $x(t)$  é a medição bruta,  $y(t)$  é o valor filtrado e  $\alpha$  (alpha) é o coeficiente de suavização. O filtro garantiu leituras mais estáveis, sem comprometer a resposta dinâmica do sistema.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização dinâmica do monocóptero iniciou-se com a obtenção de um modelo de ordem reduzida. A resposta da planta a um degrau unitário, como pode ser visto na Figura 1, permitiu a identificação da seguinte função de transferência:

$$G(s) = 0.1236s + 10.7358 \cdot e - 0.5744s \quad (3)$$



**Figura 1** - Levantamento da curva de resposta da planta para um degrau unitário.

Fonte: Autores (2025)

Os parâmetros identificados do modelo foram: ganho estático ( $\kappa$ ) = 0,7358, constante de tempo ( $\tau$ ) = 0,1236 s e tempo morto ( $\phi$ ) = 0,5744 s.

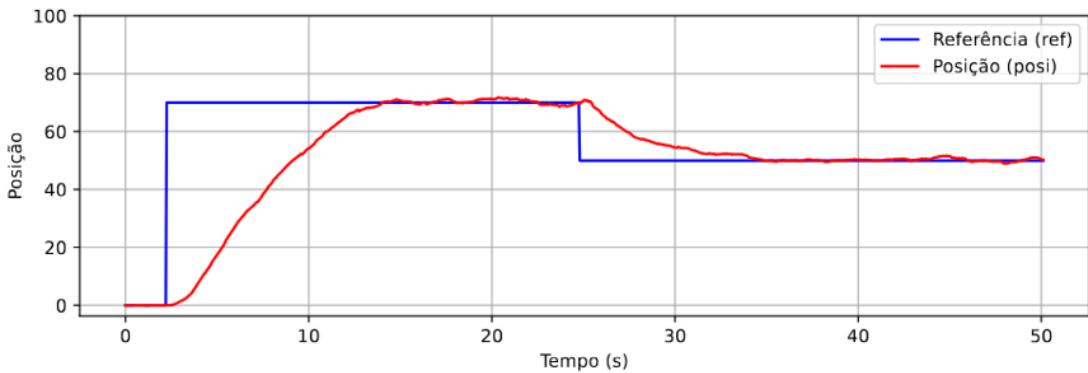
Para o controle PID, os ganhos iniciais, determinados pelo método CHR, foram  $K_p \approx 0,175$ ,  $T_i = 0,1236$  s e  $T_d = 0,2872$  s. Um filtro de média móvel com fator de suavização  $\alpha=0,08$  foi aplicado ao sinal de controle antes do ajuste fino dos ganhos PID.

Após otimização para garantir a estabilidade, mesmo com o braço de alavanca próximo à horizontal, e para mitigar o overshoot que poderia desestabilizar o sistema, os ganhos finais do

controlador PID foram definidos como:  $K_p = 0,05$ ,  $T_i = 0,2$  s e  $T_d = 0,8$  s. A redução significativa no ganho proporcional ( $K_p$ ) foi crucial para evitar que o overshoot levasse à perda de controle.

A Figura 2 apresenta a resposta do sistema em malha fechada com os parâmetros finais do controlador, demonstrando a capacidade de seguir o setpoint definido (laranja) e manter a estabilidade da planta (azul) em diversas condições operacionais.

**Figura 2 - Resposta da planta em malha fechada com o controle final utilizado**



**Fonte:** Autores (2025)

#### 4. CONCLUSÕES

O trabalho alcançou seu objetivo de projetar e implementar um controle PID discreto em um monocóptero com Arduino, validando um modelo de ordem reduzida e organizando dados de sensores e atuadores. A implementação foi bem-sucedida, com ganhos ajustados ( $K_p = 0,05$ ,  $T_i = 0,2$ ,  $T_d = 0,8$ ) para garantir estabilidade e minimizar sobressinal. Desafios como a programação do ESC e ajustes no PWM foram superados com abordagens cuidadosas. O sistema demonstrou boa rejeição a perturbações e estabilidade, contribuindo para o avanço do controle digital em sistemas mecatrônicos e abrindo possibilidades para aplicações autônomas.

## 5. REFERÊNCIAS

1. ARNOLD, Francisco José et al. **Estudo do amortecimento do pêndulo simples**: uma proposta para aplicação em laboratório de ensino. Revista Brasileira de Ensino de Física, SciELO Brasil, v. 33, p. 4311–4311, 2011.
2. GARCIA, Claudio. **Controle de processos industriais**: estratégias convencionais. [S.I.]: Editora Blucher, 2021. v. 1. INTELBRAS. EF 1205 - Datasheet. [S.I.: s.n.], 2022. Acesso em: 06 nov. 2024. Disponível em: <https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2022-04/EF%201205%20-%20Datasheet.pdf>.
3. OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. Acesso em: 19 out. 2024.

# POLÍMERO CONDUTOR COM RESPOSTA À LUZ: UMA ABORDAGEM FOTORESISTIVA

Maria Cecília Caldeira Vieira\*, Marcus Paulo de Oliveira\*, Mateus Amâncio Correa Neres\*, Larissa Friedrich\*, Arthur Batista Bromirsky\*, Luisa Dias Lopes\*, Lucas Alves Lamberti\*, Patrícia Regina Ebani\*, Glauber Rodrigues de Quadros\*, Ingridi Dos Santos Kremer\*\*, Gabriel Martins Franco, Jocenir Boita\*<sup>1</sup>

## RESUMO

Este trabalho, apresentado na 3º Feira de Ciências Tecnologia e Inovação da UFSM - Campus Cachoeira do Sul, expõe o desenvolvimento de um polímero condutor inovador que combina as propriedades flexíveis dos polímeros com a capacidade de conduzir corrente elétrica, com características semelhantes ao dispositivo LDR (Light Dependent Resistor). O polímero foi desenvolvido com amostras de nanopartículas de ferro e submetido a testes laboratoriais, nos quais seu comportamento fotoresistivo foi constatado, apresentando redução da propriedade resistiva de acordo com determinados comprimentos de onda. Com potencial para aplicações em eletrônica e sensores, este projeto destaca a importância de novas pesquisas em materiais que podem revolucionar a interação com a tecnologia. Uma vez que apresenta um dispositivo de pouca complexidade produtiva e com materiais sustentáveis ao meio ambiente.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo dos polímeros condutores (CPs) é de grande relevância na área da ciência de materiais, uma vez que esses compostos apresentam propriedades únicas de condução elétrica e são passíveis de diversas aplicações tecnológicas (MOLNAR et al., 2024; CHAUDHARY et al., 2024; JOHN; G, 2024). A investigação desses materiais permite o desenvolvimento de inovações em setores como eletrônica e dispositivos flexíveis, tornando-os objeto de interesse da comunidade científica e tecnológica (HAN et al., 2024).

Os polímeros condutores (CPs) possuem comportamento favorável à condução de eletricidade, incluindo armazenamento de carga em alguns casos (RAYAR et al., 2024). Os pesquisadores se concentram em manipular essas propriedades por meio de modificações estruturais, como doping e alteração da morfologia (DE ANDRADE, 2023; JOHN; PADMANABHAN, 2024). O estudo dos CPs é essencial para o avanço de suas aplicações em diversos campos, e abre um leque de possibilidades associado à viabilidade de impressão de circuitos por meio de impressoras 3D já conhecidas no mercado (MOLNAR et al., 2024).

No entanto, o estudo de polímeros condutores ainda é muito recente, o que faz com que sejam necessários avanços nas técnicas de síntese e integração de materiais para realizar plenamente seu potencial em todos os âmbitos da eletrônica e sistema de energia (MASOOD et al., 2024).

O polímero condutor fotoresistivo surge como uma alternativa promissora, oferecendo um material capaz de modificar sua condutividade conforme a incidência de luz. Essa característica assemelha-se ao comportamento dos resistores dependentes de luz (LDRs), amplamente

\* Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul

\*\* Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul

1 Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais - LSCnano

utilizados na automação, em sensores fotossensíveis e até mesmo na iluminação urbana (SIVAKARTHI et al., 2024).

O desenvolvimento desse material foi baseado na incorporação de nanopartículas de ferro em um reagente polimérico à base de poliacetato de vinila (PVA), popularmente conhecido como “cola branca”, permitindo que a estrutura molecular responda de forma eficiente à luz. Esse fenômeno possibilita aplicações inovadoras em dispositivos eletrônicos, sensores e sistemas de automação industrial (FRANCO et al., 2025).

Além de sua aplicabilidade, esse polímero condutor apresenta vantagens como leveza, flexibilidade e facilidade de processamento, o que o torna atrativo para diversas indústrias. Estudos preliminares indicam que a resposta foto resistiva do material pode ser ajustada variando-se a concentração de nanopartículas na matriz polimérica, permitindo o controle de sua condutividade conforme a necessidade da aplicação.

Este estudo inicial abre caminho para novas investigações sobre o comportamento e aprimoramento desse material, incentivando o desenvolvimento de tecnologias baseadas em polímeros condutores e ampliando suas aplicações em diversas áreas da ciência e da engenharia.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a síntese do polímero condutor fotoresistivo, utilizou-se uma matriz polimérica flexível combinada com nanopartículas de ferro. Os materiais foram submetidos a um processo de dispersão homogênea, garantindo a distribuição uniforme das nanopartículas no polímero.

Os testes foram realizados em ambiente laboratorial, onde foi analisado o comportamento elétrico do material sob diferentes condições de iluminação. Foram utilizadas fontes de luz com diferentes intensidades para verificar a variação da resistência elétrica do polímero. Os resultados foram registrados e comparados a materiais condutores convencionais.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes demonstraram que o polímero desenvolvido apresenta uma significativa variação de resistência elétrica em resposta à iluminação incidente. Em condições de baixa luminosidade, a resistência do material aumentou, enquanto a exposição à luz reduziu sua resistência, evidenciando um comportamento fotorresistivo similar ao LDR.

A flexibilidade do material foi um fator relevante para sua aplicação em dispositivos flexíveis e vestíveis. Além disso, a estabilidade dos resultados ao longo dos testes indicou que o polímero possui propriedades consistentes para futuras aplicações em sensores inteligentes e sistemas de automação.

## 4. CONCLUSÕES

A partir dos experimentos conduzidos, foi possível verificar uma alteração significativa na resistência do polímero condutor fotoresistivo sob a incidência do comprimento de onda de uma lâmpada infravermelha, resultando em uma redução de sua resistência elétrica. Esse comportamento confirma a capacidade do material de modular sua condutividade em resposta à luz, tornando-o uma alternativa promissora para aplicações em sensores fotossensíveis e dispositivos eletrônicos adaptáveis. Além disso, a viabilidade da incorporação de nanopartículas de ferro à matriz polimérica de poliacetato de vinila (PVA) reforça a versatilidade desse composto,

permitindo ajustes na resposta fotoresistiva conforme a necessidade da aplicação.

Os resultados obtidos evidenciam o potencial dos polímeros condutores para impulsionar novas tecnologias, especialmente no campo da automação e da optoeletrônica. No entanto, para uma compreensão mais aprofundada do desempenho desse material, estudos futuros devem explorar a influência de diferentes concentrações de nanopartículas, bem como a estabilidade e a durabilidade do efeito fotoresistivo ao longo do tempo. Dessa forma, a pesquisa contribui para o avanço da ciência dos materiais, abrindo caminho para o desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis na engenharia e na tecnologia.

## 5. REFERÊNCIAS

CHAUDHARY, M. L.; PATEL, P.; GUPTA, R. K. *Route for the Synthesis of Conducting Polymers and Their Characteristics*. Em: [S. I.]: Informa, 2024. p. 14–28.

DE ANDRADE, G. A. *Synthesis and Morphology of Conducting Polymers*. Em: [S. I.]: ACS Symposium Series, 2023. p. 9–27.

FERDOUSI, B. N.; ISLAM, Mohy Menul; ISLAM, Md. Mominul. Electrochemical Properties of Conducting Polymers. [s. l.], p. 47–64, 2024.

FRANCO, Gabriel Martins; KREMER, Ingridi dos Santos; VIEIRA, Maria Cecília Caldeira; RIGUE, Josué Neroti; BOITA, Jocenir. *Multifunctional polymers: a new frontier in conductivity and energy generation for advanced electronics*. Next Materials, v. 6, p. 100476, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949822824003745>. Acesso em: 17 fev. 2025.

HAN, M.; NG, E. L. L.; ZHANG, Y.; OWH, C.; SONG, Q.; LOH, X. J.; CHAN, B. Q. Y. *Electrically Conductive Polymers for Additive Manufacturing*. ACS Applied Materials & Interfaces, [s. l.], 2024.

JOHN, J.; G, P. *Conducting polymers for electronic applications*. Em: [S. I.: s. n.], 2024. p. 426–444.

JOHN, J. P.; PADMANABHAN, R. G. *Conducting polymers for electronic applications*. Em: [S. I.: s. n.], 2024. p. 426–444.

MASOOD, M.; HUSSAIN, S.; SOHAIL, M.; REHMAN, A.; UZZAMAN, Md. A.; ALNASER, I. A.; KARIM, M. R.; WAHAB, Md. A. *Recent Progress, Challenges, and Opportunities of Conducting Polymers for Energy Storage Applications*. ChemistrySelect, [s. l.], v. 9, n. 23, 2024.

MOLNAR, E.; KARDOS, K.; TOLD, R.; SIMON, I.; SAHAI, N.; SZABÓ, P.; BÓVÁRI-BIRI, J.; STEINERBRUNNER-NAGY, A.; PONGRÁCZ, J. E.; RENDEKI, S.; MARÓTI, P. *Comprehensive Study of Mechanical, Electrical and Biological Properties of Conductive Polymer Composites for Medical Applications through Additive Manufacturing*. Polymers, v. 16, n. 18, p. 2625, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym16182625>.

RAYAR, A.; CHAPI, S.; MURUGENDRAPPA, M. V.; BABALADIMATH, G.; HARISH, K. N.; KAKARLA, R. R.; RAGHU, A. V. *Organic conjugated polymers and their nanostructured composites: Synthesis methodologies and electrochemical applications*. [s. l.], 2024.

SIVAKARTHI, G.; GOBINATH, A.; ABIKANNAN, P. R.; BALASUBRAMANI, T.; BARANISRI, K.; MELBA, J. E.; HARINISRI, T. R.; SANTHOSHKUMAR, V.; DEVI, C. M. **Intelligent Street Light Management and Monitoring System with IoT Integration.** [s. l.], p. 1–6, 2024.

# TOTEM TOYS POR VOCÊ

André Luiz Carrera\*, Antoniella Guerres\*, Florencia Garcia\*, Laura Fortes\*, Laura Rodrigues\*  
e Mariana Ketterman\*.

## RESUMO

Devido às enchentes no Rio Grande do Sul, muitas cidades foram afetadas, e famílias ficaram sem abrigo. Iniciado por meio de um projeto escolar, o Totem Toys Por Você é uma ação social que visa alegrar a tarde da comunidade que sofreu não só com a perda de seus pertences, mas com o aumento da incerteza e medo causados pela chuva. Durante o projeto, nosso grupo de seis alunos levou alegria a essas famílias em dois encontros: um para doar brinquedos e ter uma tarde divertida com as crianças, e outro para fazer um lanche coletivo com todos do abrigo.

**Palavras-chave:** doação, comunidade, afetividade, enchentes, ajuda.

### Abstract

Due to the floods in Rio Grande do Sul, many cities were affected, and families were left homeless. Started through a school project, the Totem Toys For You is a social action that aims to brighten the afternoon of the community that suffered not only with the loss of their belongings, but with the increased uncertainty and fear caused by the rain. During the project, our group of six students brought joy to these families in two meetings: one to donate toys and have a fun afternoon with the children, and another to have a collective snack with everyone from the shelter.

**Keywords:** donation, community, affection, floods, help.

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os meses de abril e maio de 2024 ocorreu uma grande enchente no estado do Rio Grande do Sul. Na cidade de Cachoeira do Sul, foram em torno de 600 pessoas que ficaram desalojadas, de acordo com o Portal O Correio (2024). Na mesma época, o Colégio Totem tinha como trabalho a trilha “O Mundo Em Suas Mãoz”, que visa com que os alunos idealizem e ponham em prática uma ação social que resolva algum problema da atualidade.

## 2. RELATO DE EXPERIÊNCIA

Por conta da situação vivida no momento, o Totem Toys Por Você começou a ser planejado. Pedimos que a comunidade escolar levasse brinquedos para a secretaria do colégio que não ocupassem mais para que doássemos. Entramos em contato com a responsável Secretaria Municipal da Inclusão Social (SMIS, 2024) que organiza as atividades propostas para

\* Colégio Totem - Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

os atingidos e, enfim, marcamos a data da primeira visita. Realizada a primeira visita, decidimos no mesmo dia voltar depois de três semanas para realizar um lanche coletivo com todas as pessoas (80) que lá estavam.

Fomos à Paróquia Santo Antônio (Figura 1, Rua Ernesto Barros 1325, Cachoeira do Sul – RS) dia 13 de junho, localizada onde estavam momentaneamente em torno de oito crianças. Assim que chegamos, fomos recepcionados calorosamente por cinco crianças. Ao revelarmos que estávamos lá para brincar com eles e presentear, abriram sorrisos contagiantes. Cada um escolheu os brinquedos que queriam e logo em seguida fizemos a leitura de dois livros – “Maria Que Ria” por Rosinha e “Fidalgo, Finório e Firula” por Letícia Möller – em uma roda de história.



*Figura 1: Paróquia Santo Antônio*  
[https://www.tripadvisor.com.br/LocationPhotoDirectLink-g1728866-d12235800-i246423407-Igreja\\_Santo\\_Antonio-Cachoeira\\_do\\_Sul\\_State\\_of\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Sul.html](https://www.tripadvisor.com.br/LocationPhotoDirectLink-g1728866-d12235800-i246423407-Igreja_Santo_Antonio-Cachoeira_do_Sul_State_of_Rio_Grande_do_Sul.html)

Ainda no mesmo dia, fizemos diversas brincadeiras, como por exemplo ovo podre, pega-pega, casa de bonecas (Figura 2) e jogos com bola. Algumas crianças que estavam resfriadas não puderam participar da atividade, entretanto, os amigos escolheram gibis e brinquedos para as entregar.



*Figura 1: Tarde com as crianças*  
*Registro pessoal*

Para a ida do dia 4 de julho, arrecadamos doações no colégio com professores e colegas para produzir sanduíches, comprar bolos, sucos e café. Embora tenhamos ficado menos tempo na paróquia nesta segunda vez, ajudamos uma maior quantidade de desabrigados. Além de tudo, conseguimos interagir com mais pessoas, o que rendeu conversas e risadas.

### **3. AVALIAÇÃO DO RESULTADO**

Cremos que além de termos conseguido diminuir o sofrimento de quem perdeu tanto nesse desastre natural, conseguimos de fato alegrar a vida deles. Nosso projeto pôs em provação nossa empatia e empenho em ajudar o próximo, o que fez muito bem para um grande grupo de pessoas.

Em nome dos colegas, Laura Fortes, uma das idealizadoras do projeto, relata: “Tenho certeza que não foi apenas minha realidade que mudou após o contato com aquelas crianças! Fiquei extremamente feliz de fazer parte de uma ação tão gentil como o Totem Toys, que sem dúvidas alegrou a vida de todos em um momento tão triste”.

### **4. CONCLUSÕES**

Nossa missão de ajudar os necessitados foi mais do que bem sucedida. O conhecimento adquirido com o projeto foi gigante! É gratificante ver a felicidade de cada criança ao receber um boneco, ver o sorriso no rosto das pessoas ao comer, e o ânimo dos servidores públicos com nosso voluntariado. Todo o nosso grupo foi muito empenhado em realizar nossa ação. Fomos ganhadores do Salão Inova em duas categorias e ficamos muito gratos em ter nosso esforço reconhecido.

## **5. REFERÊNCIAS**

**<sup>1</sup>PORTAL O CORREIO Prefeitura e autoridades divulgam panorama da enchente em Cachoeira.** 03 de maio de 2024. Eloisa Uliana/PMCS.

# TRAJETÓRIA NUMÉRICA

Bianca Trindade da Silva\*, Thaila Fortes Costa\*, Cássia Machado\*\*

## RESUMO

Em nosso cotidiano, utilizamos os números o tempo todo, mas muitas vezes ignoramos as inúmeras transformações pelas quais eles passaram ao longo da história. Este trabalho tem como objetivo apresentar a evolução dos números até os dias atuais, destacando como diferentes civilizações buscaram contabilizar seus objetos e conceitos.

**Palavras-chave:** Transformações, evolução, números.

## ABSTRACT

In our daily lives, we use numbers all the time, but we often overlook the many transformations they have undergone throughout history. The aim of this paper is to present the evolution of numbers up to the present day, highlighting how different civilizations sought to quantify their objects and concepts.

**Keywords:** Transformations, evolution, numbers.

## INTRODUÇÃO

A trajetória numérica baseia-se no caminho do desenvolvimento das proporções matemáticas mais complexas. Compreender este processo é crucial para aprimorar práticas pedagógicas e entender a importância desse processo. Na educação matemática, diferentes fatores, como o entendimento do assunto e práticas didáticas, influenciam essa trajetória tornando-a um campo de estudo relevante para pesquisadores e educadores.

Nesse contexto, esse artigo tem como fim investigar a trajetória dos números, analisando como as sociedades construíram o conhecimento numérico. A pesquisa busca compreender e entender como funcionou este percurso dos números e suas operações, contribuindo para a formulação de metodologias de ensino mais eficazes.

A partir de uma abordagem teórica e prática, serão explorados estudos que evidenciaram a importância da trajetória numérica do desenvolvimento do pensamento lógico-matemático. Assim, esse estudo pretende oferecer subsídios para professores e pesquisadores interessados em aprofundar a compreensão sobre a construção do conhecimento numérico e suas consequências no ensino da matemática.

O estudo abrange a análise de variados sistemas numéricos fundados por diferentes culturas, tal como os Babilônios, Romanos, Maias entre outros, que adotavam as figuras e símbolos para retratar os numerais e quantificar animais, objetos, tempos e valores. Os principais resultados demonstram a capacidade do cérebro humano de desenvolver e aprimorar sistemas de contagem adaptando-os às suas necessidades.

---

\* Discente do 8º ano do Ensino Fundamental do Colégio Totem Cachoeira.

\*\* Docente da disciplina de Matemática do Colégio Totem Cachoeira.

## 1. MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar a trajetória numérica utilizamos atividades práticas e slides através de um computador para descrever o surgimento e a evolução dos números ao longo da história.

O nosso grupo aplicou atividades práticas, como jogo da memória, acerte o horário ou converta o valor para números romanos, conforme a orientação do avaliador para estimular a compreensão de outros números para o sistema hindu-arábico mais facilidade, já nossos slides, foram usados para mostrar a criação e transformação dos números.

A pesquisa teve seu foco na origem dos números, nas transformações ao longo da história e na conversão dos números romanos para os hindu-arábico, que são os mais utilizados hoje em dia.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A investigação revelou que os sistemas numéricos sofreram mudanças conforme as necessidades humanas, entre as principais civilizações que contribuíram para essa evolução, destacam-se:

### Números Babilônicos (cerca de 3000 anos a.C)

Utilizavam um sistema sexagesimal (base no número 60) e eram registrados em tábuas de argila.

### Números Egípcios (cerca de 2500 A.C)

Baseado em hieróglifos, escritos em monumentos templos ou placas de pedra.

### Números Romanos (cerca de 500 A.C)

Utilizavam letras para representar os numerais, representados em diversas superfícies como varetas e livros.

### Números Hindu-arábico (século IX D.C)

Desenvolvido por indianos e aprimorados pelos árabes, sendo o sistema numérico padrão mundial.

A criação do sistema dos números hindu-arábico facilitou cálculos mais rápidos e eficientes permitindo avanços científicos. Além do mais, a invenção do zero possibilitou operações algébricas e o desenvolvimento computacional atual.

Banner do evento



Fonte: Site do evento

A pesquisa sobre a evolução numérica demonstra a riqueza e complexidade deste tema em prol das civilizações, suas modificações de símbolos e figuras e sua importância tanto na matemática quanto para a compreensão do desenvolvimento humano e seu avanço em diversas áreas do estudo.

A análise e a aprendizagem das origens e transformações do sistema numérico ao longo da história revela não só a evolução técnica dos números, mas também a evolução do pensamento matemático e sua influência nas sociedades e culturas.

Conclui-se que a evolução dos números reflete a capacidade humana de abstração diante das necessidades práticas e teóricas. Além disso, a importância da matemática numérica se destaca com base essencial para o avanço medicinal, matemático, tecnológico e outras diversas áreas do conhecimento.

### **3. REFERÊNCIAS**

1. IFRAH Georges. **Os números: a história de uma grande invenção** 11 ed. São Paulo: Editora livraria da física (2006)

# ANÁLISE DO VOLUME DE ÁGUA CONDENSADA EM APARELHOS DE AR-CONDICIONADO: RELAÇÃO COM FATORES CLIMÁTICOS EM TRÊS UNIDADES NO CAMPUS DE CACHOEIRA DO SUL DA UFSM

Nândria Diésily do Carmo Danzmann\*; Carolina Kühn Novakoski\*\*; Ana Paula Maran\*; Rafaela Falcão Socoloski\*; Thaís Aquino dos Santos\* Patrícia Regina Ebani\*

## RESUMO

A água coletada de ares-condicionados pode auxiliar na preservação de água, gerando volumes que podem ser aproveitados para usos não potáveis. O presente estudo analisa o volume de água gerado em três ares-condicionados em diferentes salas da Universidade Federal de Santa Maria – CS, apresentando valores coletados em 1 hora de uso e suas médias. Verifica-se que há um aumento no volume de água com o aumento da temperatura, umidade do ar e diferença da temperatura do dia e da inserida no aparelho. Também são apresentados adimensionais, que permitem um agrupamento dos dados para sua análise conjunta.

**Palavras-chave:** aproveitamento de água, ar-condicionado, uso não potável.

## ABSTRACT

The water collected from air conditioners can assist in water conservation, generating volumes that can be utilized for non-potable purposes. This study analyzes the volume of water generated by three air conditioners in different rooms at the Federal University of Santa Maria – CS, presenting the amounts collected over one hour of operation and their averages. It is observed that the volume of water increases with rising temperature, air humidity, and the difference between the day's temperature and the temperature set in the device. Dimensionless parameters are also presented, allowing for data grouping and joint analysis.

**Keywords:** water reuse, air conditioner, non potable use.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a escassez de água é um desafio, especialmente em épocas de seca, e a reutilização da água coletada em aparelhos de ar condicionado pode ser uma alternativa viável, podendo então ser utilizada para fins não potáveis. Diversos estudos já foram feitos comprovando que o volume de água coletado em um aparelho de ar condicionado, quando utilizado para resfriamento, é significante<sup>1-4</sup> e, também que a qualidade da água é adequada para utilização não potável<sup>5,2,6</sup>. Ainda<sup>7</sup> faz um compilado de diversos trabalhos internacionais em que a água proveniente de aparelhos de ar condicionado foi avaliada para utilizações não potáveis.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em três aparelhos distintos localizados nos prédios da Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS): sala C1-10 (DAEN) – aparelho

\* Coordenadora do projeto “estudo da viabilidade do aproveitamento da água proveniente de ares condicionados de edifícios da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Cachoeira do Sul.”

\*\* Participante do mesmo projeto

da marca Komeko com 9.000 BTUs, sala C1-12 – aparelho da marca Agratto com 22.000 BTUs e sala C2-11 – aparelho da marca Agratto com 22.000 BTUs. Os testes foram realizados durante uma hora e o volume de água gerado foi captado no final do ensaio e medido em um copo de Becker de 1000ml. A coleta da água é feita através de uma mangueira cristal instalada no dreno da unidade externa do ar condicionado que conduz o volume de água condensado até um recipiente (garrafa PET de 3 litros). Durante os testes, as temperaturas e umidades do ar internas e externas foram medidas através de um aparelho, termo hidrômetro MOD HT-700, conforme a Figura 1.



**Figura 1 – termo-higrômetro; (b) copo de bêcker; (c) unidade externa do aparelho de ar condicionado; (d) conjunto de coleta da água formado pela mangueira e garrafa.**

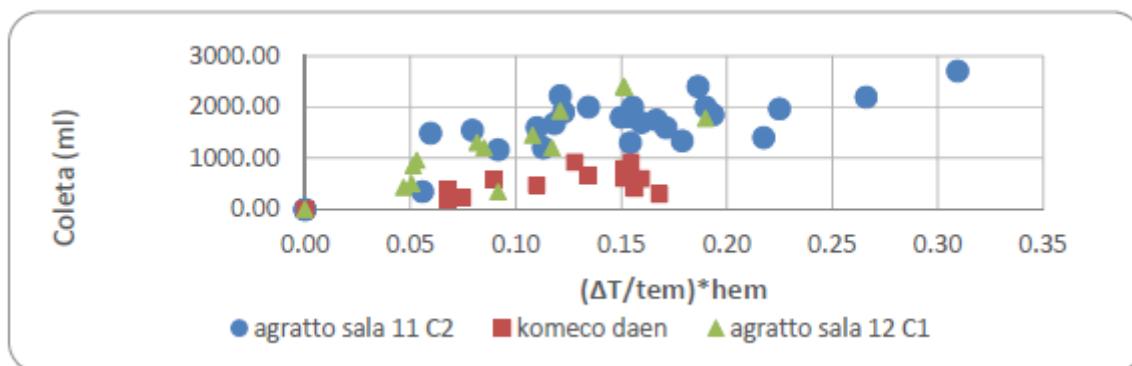
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O volume de água coletado nas datas de ensaio em cada sala é apresentado na Figura 2 (a), (b) e (c) para as salas C2-11, C1-10 (DAEN) E C1-12, respectivamente, na qual as colunas representam o volume de água coletado no dia e as linhas representam a média coletada no ambiente. Percebe-se que a média é significativa, sendo a menor, de 500ml, na sala C1-12 e a maior, de cerca de 1750 ml, na sala C2-11. Percebe-se que há variação da quantidade de água coletada de acordo com as condições climáticas (temperatura e umidade do ar (externas e internas à sala) e de diferença entre a temperatura do dia e inserida no aparelho) e com as características da sala de aula (dimensões, posição solar, etc.).

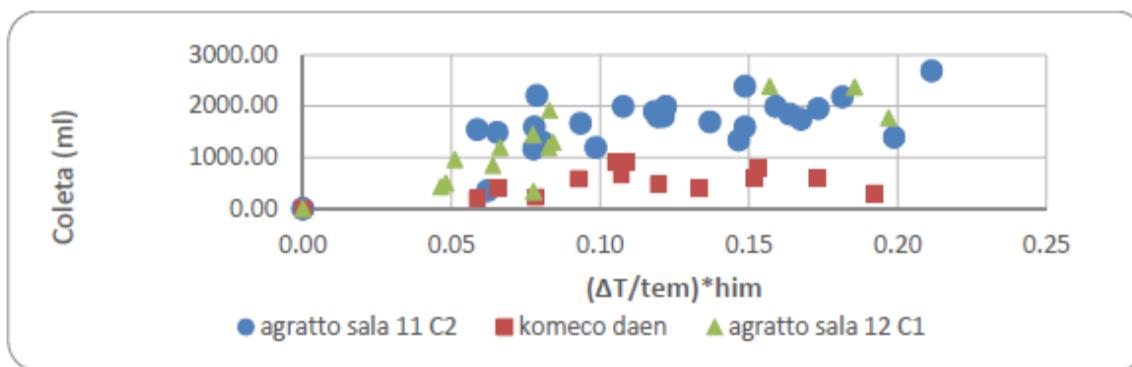


**Figura 2 - volume de água total coletado nas datas de coleta de dados por sala: (a) Sala C2 - 11 (b) Diretório Acadêmico das Engenharias (DAEN); (c) Sala C1 - 12**

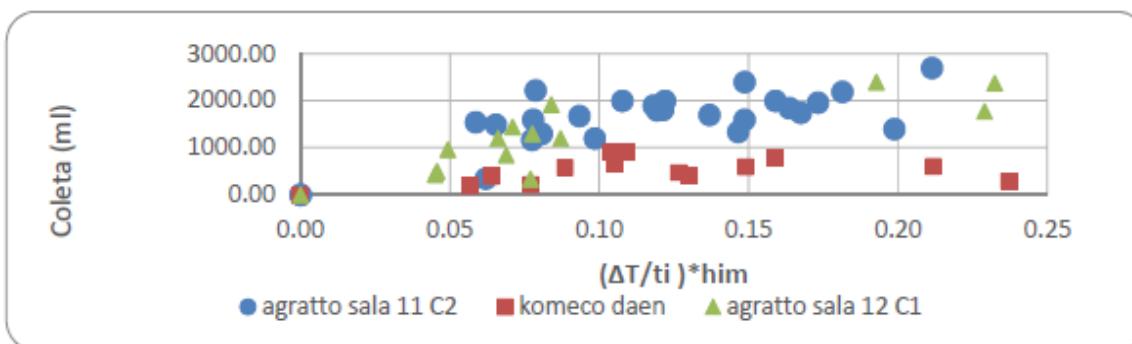
Os volumes de água coletados relacionados a adimensionais elaborados em função das temperaturas e umidades externas e internas e da diferença da temperatura do dia e a inserida no ar condicionado são apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, onde:  $\Delta T$  é diferença entre a temperatura do dia e inserida no aparelho,  $t_{em}$  é a temperatura externa média,  $h_{em}$  é a umidade externa média,  $h_{im}$  é a umidade interna média e  $t_i$  é a temperatura interna. Percebe-se que, de forma geral há um aumento do volume de água gerado com o aumento da temperatura, da umidade e diferença entre a temperatura do dia e a inserida no aparelho de ar condicionado, sendo o adimensional demonstrado na figura 4 o que permitiu um melhor agrupamento dos dados.



**Figura 3 - Volume de água coletado em função de adimensional considerando a temperatura externa e a umidade externa.**



**Figura 4 - Volume de água coletado em função de adimensional considerando a temperatura externa e a umidade interna.**



**Figura 5 - Volume de água coletado em função de adimensional considerando a temperatura interna e a umidade interna.**

#### **4. CONCLUSÕES**

Percebeu-se que há uma tendência de crescimento do volume de água gerado com o aumento da temperatura, da umidade e da diferença entre a temperatura do dia e a inserida no aparelho de ar condicionado. Os dados sugerem que as condições climáticas têm uma influência significativa no volume de água gerado, com uma tendência maior de condensação em dias mais quentes, com alta umidade e maior diferença entre a temperatura externa e a ajustada no ar condicionado. Como os diferentes parâmetros exercem influência de forma conjunta, a adimensionalização dos dados foi realizada e obteve-se o agrupamento dos dados dos três diferentes aparelhos de ar condicionado, sendo o adimensional presente na figura 4 o que permitiu um melhor agrupamento dos dado.

## 5. REFERÊNCIAS

1. CUNHA, K. T. da; KLUSENER FILHO L. C.; SCHÖDER, N. T.; Reaproveitamento da Água de Condensação de Equipamentos de Ar Condicionado. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, Canoas, n.14, p.166- 176 2016.
2. SOARES, M. C. D. M.; SOUZA JÚNIOR, G. D. de; SILVA, S. R. da. Aproveitamento de água de aparelhos de ar condicionado em prédio público do estado de Pernambuco. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 16, p. 1-10. 2021.
3. ALMEIDA, J. de A.; VALENÇA S.; SILVA, I. C.; Aproveitamento de Água Condensada por Aparelhos de Ar Condicionado no IFPE/Campus Belo Jardim. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, UNISUL, v. 11, n.4, p. 376- 393 dez 2022.
4. JESUS, A. F. de; MARCO, M. V. M; RIOS, P. L.; LUZ, A. M. G.; PEREIRA, L. D. de L. Aproveitamento de água de ar condicionado com uso de arduino e painéis otovoltaicos para irrigação automática de hortaliças. **Brasilian Journal of Production Engineering**, v.10 n.2, 225-232. 2024.
5. CARVALHO, M. T. C.; CUNHA, S. O.; FARIA, R. A. P. G. Caracterização qualquantitativa da água da condensadora de aparelhos de ar condicionado. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. **Anais[...]** Goiânia: IBEAS, 2012, p. 1-4.
6. TENÓRIO, C. N.; MAIA, A. C. de S.; SILVA, A. C. da. Avaliação da água condensada em aparelhos de ar condicionado do IFPE-CAMPUS Garanhuns para uso na irrigação de hortas verticais. In: I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade e III Congresso Internacional da Diversidade do Seminário. **Anais[...]** Campina grande: Realize Editora, 2019.
7. DHAMODHARAN, P.; AYALUR, B. K.; PRABAKARAN, R.; KUMAR, A. S.; CHOI, G. S.; KIM, S. C. Current state os research in air-conditioning condensate utilization and challenges: A review approach. **Applied Thermal Engineering**, v. 233. 2023.

## ASSISTENTE DE ACORDES VOLTADO PARA O ENSINO DE MÚSICA

Ayume Queiroz da Rosa\*, Carolina Simon\*, Julia Gabriele Dietrich\*, Laura Fernanda Martins Cardoso\*, Augusto Schneider\*, Luiz Ricardo Bertoldi\*

### RESUMO

Conforme a Lei N°11.769/2008, o ensino de música nas escolas de educação básica se tornou obrigatório, demonstrando a importância de seu aprendizado pelos estudantes. O violão se tornou um instrumento com maior demanda de ensino, e cada vez mais professores buscam por diferentes métodos que visam a aprendizagem de seus estudantes. A proposta do projeto é a facilitação do ensino de violão para crianças dentro da faixa etária de desenvolvimento através da ideia de um assistente de acordes, cujo objetivo é auxiliar a criança quando realiza acordes musicais dentro do mesmo campo harmônico, e também, a realização de um protótipo de assistente de acordes que seja adaptável ao braço do violão no software Solidworks. Ademais, o grupo propõe a elaboração de dois materiais didáticos, um voltado ao docente e outro, ao aluno, que contenham músicas voltadas para o público infantil, com suas respectivas cifras e os quatro acordes que compõem o assistente. Tendo em vista que a música auxilia no desenvolvimento físico, cognitivo e social do indivíduo, o material didático, juntamente com o assistente de acordes, pode possibilitar aos professores uma maneira de ensino mais lúdica, sem a necessidade de apresentar conhecimentos teóricos aprofundados. De forma geral, o grupo acredita estar contribuindo para o debate acerca da prática musical inserida em escolas e seus desdobramentos.

**Palavras-chave:** Música; Educação básica; Ensino de violão.

### ABSTRACT

According to Law N°11,769/2008, the teaching of music in basic education schools became mandatory, demonstrating the importance of its learning by students. The guitar has become an instrument with greater teaching demand, and more and more teachers are looking for different methods aimed at learning for their students. The proposal of the project is to make guitar teaching for children easier within the developmental age range through the idea of a chord assistant, whose objective is to assist the child when performing musical chords within the same harmonic field, and also a prototype of a chord assistant that is adaptable to the guitar neck in the Solidworks software. Furthermore, the group proposes the creation of two teaching materials, one directed to the teachers and the other, to the students, which contain songs directed to children, with their respective chords and the four chords that compose the assistant. Considering that music helps in the physical, cognitive and social development of the individual, the teaching material, along with the chord assistant, can enable teachers to have a more playful way of teaching, without the need to present in-depth theoretical knowledge. In general, the group believes that it is contributing to the debate about musical practice in schools and its consequences.

**Keywords:** Music; Basic education; Guitar teaching.

---

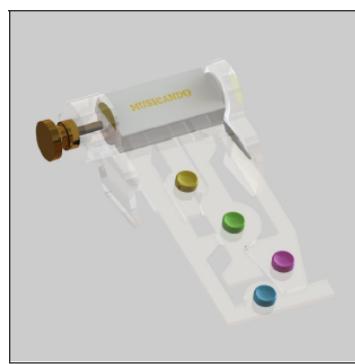
\* Escola SESI de Ensino Médio José Pedro Fernando Piovan, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

O ensino de música é garantido na educação básica pela legislação brasileira desde o ano de 2008, a partir da Lei 11.769. Dessa forma, entende-se esse ensino como parte fundamental para o desenvolvimento e formação de um sujeito, compreendendo as relações que estabelece consigo e com os indivíduos ao seu redor. No entanto, o ensino nas escolas surge no início dos anos escolares como forma de musicalização infantil, mas sem ter a mesma intensidade nos anos seguintes à primeira infância (LOUREIRO, 2003), nos quais ela é apresentada com menor frequência e lecionada de forma elaborada, apresentando instrumentos mais complexos, acordes e cifras. Nesse sentido, o grupo propõe a prototipagem de um assistente de acordes dinâmico para o auxílio do ensino de violão infantil e a elaboração de um material de apoio que complemente o uso desse dispositivo, o qual consiste em um pequeno livro composto por cifras e letras de músicas infantis populares, cujos acordes serão os inclusos no assistente de acordes: Dó maior, Ré maior, Mi menor e Sol Maior. A seleção dos acordes se deu a partir da escolha das músicas que podem ser tocadas com poucos acordes, visando também proporcionar um conhecimento inicial sobre alguns acordes básicos. Segundo Teixeira (2008), o aluno pode estudar em casa sem a presença do professor de modo a utilizar as linguagens escritas, podendo consultar a música caso esqueça dela. O assistente de acordes, por sua vez, é um dispositivo que pode ser acoplado ao braço do violão, contendo quatro botões designados a determinados acordes, e poderá servir como instrumento de assistência musical.

Com este projeto, objetiva-se de forma geral aplicar um assistente de acordes para violão a fim de ajudar crianças iniciantes na prática a tocar acordes básicos, além de buscar incentivar a educação musical como forma de desenvolver coordenação motora e pensamento lógico.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Em primeiro lugar, houve o aprofundamento dos conhecimentos a respeito dos temas ensino de violão nos anos escolares iniciais, teoria musical e formas de utilizar a tecnologia para tornar a prática mais dinâmica ao público infantil, através de pesquisas acadêmicas. Posteriormente, foi adquirido um exemplar de assistente de acordes para teste comprado na internet, para que fosse possível projetar um modelo semelhante na plataforma de Desenho Assistido por Computador (CAD), Solidworks (FIGURA 1).



**Figura 1:** Assistente de acordes projetado no software SolidWorks.

O grupo deu início à escrita de um e-book didático a respeito do ensino de violão e teoria musical para crianças destinado aos docentes. Além disso, também foi desenvolvido um e-book didático para o público infantil, que conta com ilustrações lúdicas e as mesmas músicas que

constam no e-book dos professores, com suas cifras simplificadas de acordo com as cores do assistente de acordes (FIGURA 2).

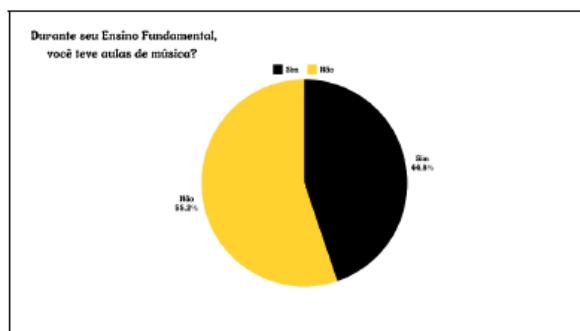


*Figura 2: E-book didático para estudantes.*

O outro instrumento metodológico utilizado foi a coleta de dados que se deu a partir da utilização de um questionário como principal ferramenta. Além disso, o grupo teve a experiência de entrevistar um professor de educação infantil no Contraturno escolar da Rede SESI a fim de ter trocas sobre a música no ambiente escolar e sobre o assistente de acordes. Com isso, foi possível adquirir conhecimentos e pôde interagir com um docente que trabalha com aulas artísticas para crianças, o que permitiu ao grupo compreender melhor como a música é inserida no cotidiano escolar e a visão de um docente da área sobre o assistente de acordes.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O grupo elaborou um questionário através da plataforma Google Forms, acerca de assuntos como experiência com o violão na infância, que teve um total de 145 respostas, as quais abrangeram a comunidade da Escola SESI e visitantes de feiras científicas. Em uma de suas perguntas (FIGURA 3), o grupo busca saber a porcentagem do público que teve aulas de música no Ensino Fundamental e 55,2% respondeu que “Não”, enquanto 44,8%, a minoria, ainda que uma boa parcela tenha respondido que “Sim”, teve experiências com aulas de música no Ensino Fundamental.



*Figura 3: Experiência de aulas de música no Ensino Fundamental.*

A respeito do assistente adquirido através de uma compra online, o aparelho não encaixou corretamente no braço do violão e tinha algumas falhas de adaptação às cordas, o que dificultou a utilização do mesmo para testes do uso do material, visto que o grupo não possui um protótipo físico de assistente de acordes, devido a dificuldades relacionadas ao tempo de desenvolvimento do projeto.

#### **4. CONCLUSÕES**

Ao longo do processo de pesquisa e construção do projeto, o grupo percebeu a importância de um ensino de música de qualidade e proveitoso para crianças. Por conseguinte, pretende-se, com os resultados do projeto, levar a tecnologia do assistente de acordes para escolas de Educação Infantil e Ensino Fundamental I, tornando a utilização do assistente cada vez mais cotidiana no ensino de música para o público infantil e apresentando essa tecnologia para perceber como as crianças e docentes a recebem. Além disso, sugere-se o aprimoramento do protótipo modelado através da plataforma SolidWorks e uma possível impressão 3D do assistente de acordes com as melhorias sugeridas pelo projeto.

Por fim, conclui-se que o assistente de acordes pode servir como instrumento de assistência musical juntamente com os e-books e vídeos elaborados, sendo ferramentas de fácil utilização e compreensão por parte de alunos e professores. Consonantemente a isso, o assistente de acordes pode auxiliar a situação atual de ensino musical nas escolas, facilitando a aprendizagem para a criança em processo de desenvolvimento relacionado à aprendizagem em outras áreas do conhecimento, assim sendo um guia inicial para a prática de violão. De forma geral, acredita-se estar contribuindo para o debate acerca da prática musical inserida em escolas e seus desdobramentos.

## **5. REFERÊNCIAS**

1. BENITES, RITA DE CÁSSIA RIBEIRO. **A desvalorização do ensino de arte no Brasil: origens e alguns aspectos.** Revista Trilhas da História, v. 10, n. 20, p. 33-50, 2021. Disponível em: <<https://trilhasdahistoria.ufms.br/index.php/RevTH/article/view/10465>> Acesso em: Setembro 2024.
2. FIGUEIREDO, Queila Garcia Moreno Sanches et al. **Ensino de música na escola: Contribuições para o desenvolvimento integral do ser humano.** 2017. Disponível em: <<http://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/1656>>. Acesso em: Setembro 2024.
3. PAIVA, Luciano Luan Gomes. **Ensino de violão para crianças: relatos, possibilidades e discussão.** In: XIII ENCONTRO REGIONAL NORDESTE DA ABEM. 2016. Disponível em: <[http://abemeducacaomusical.com.br/anais\\_ernd/v2/papers/2142/public/2142-6899-1-PB.pdf](http://abemeducacaomusical.com.br/anais_ernd/v2/papers/2142/public/2142-6899-1-PB.pdf)> Acesso em: Julho 2024.
4. SEVERO, José Simião. **A educação musical sob o viés do ensino coletivo do violão: processos metodológicos na perspectiva de uma aprendizagem consolidada.** In: XXIII Congresso Nacional da ABEM. 2017. Disponível em: <[http://abemeducacaomusical.com.br/anais\\_congresso/v2/papers/2851/public/2851-9317-2-PB.pdf](http://abemeducacaomusical.com.br/anais_congresso/v2/papers/2851/public/2851-9317-2-PB.pdf)> Acesso em: Junho 2024.
5. TEIXEIRA, Maurício Sá Barreto. **Ensino coletivo de violão: diferentes escritas no aprendizado de iniciantes.** Monografia de fim de curso de licenciatura em música–Instituto Villa-Lobos, Centro de Letras e Artes, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<https://cliqueapostilas.com/Content/apostilas/97982b93e836a70543acbc6d4260ad7a.pdf>> Acesso em: Setembro 2024.

## DESAFIANDO A FÍSICA

Ana Carolina Domingues Flores\*, Lara Bertolini\*

### Resumo

O projeto “Desafiando a Física” tem como objetivo principal tornar a física mais acessível e interessante para todos, despertando a curiosidade. Através de experimentos práticos e divertidos, utilizando rodas de bicicleta como ferramentas principais, buscamos desmistificar conceitos complexos e mostrar a presença da física em nosso cotidiano, demonstrando seus princípios fundamentais. Ao realizar esses experimentos, os participantes puderam observar fenômenos físicos que, muitas vezes, passam despercebidos e compreender melhor o mundo ao seu redor. Ao final do projeto, espera-se que os participantes tenham uma nova perspectiva sobre a física, valorizando sua importância para a humanidade e desenvolvendo uma visão mais crítica e criativa.

**Palavras-chave:** Física. Experimentos. Precessão. Momento angular. Conservação de energia.

### Abstract

The “Challenging Physics” project aims to make physics more accessible and engaging for everyone, sparking curiosity. Through practical and fun experiments using bicycle wheels as key tools, we seek to demystify complex concepts and showcase physics’ presence in our daily lives by demonstrating its fundamental principles. By conducting these experiments, participants could observe often-overlooked physical phenomena and better understand the world around them. Ultimately, the project hopes participants will gain a new perspective on physics, valuing its importance to humanity and developing a more critical and creative outlook.

**Keywords:** Physics, experiments. Precession. Angular momentum. Conservation of energy.

### 1. INTRODUÇÃO

A física é uma ciência que estuda as propriedades da matéria e energia, está presente em todos os aspectos da nossa vida. No entanto, muitos estudantes e até mesmo adultos encontram dificuldades em compreender seus conceitos e aplicações. O presente projeto objetiva mudar essa realidade, tornando-a dinâmica com uma diferente abordagem de aprendizado.

Os quatro experimentos apresentados em “Desafiando a Física” partem do princípio da conservação do momento angular, torque, força centrífuga e precessão. O momento angular é uma grandeza que mede a quantidade de movimento de corpos em rotação, o torque é a tendência que uma força tem de rotacionar um corpo sobre o qual ela é aplicada, força centrífuga é uma força aparente que se manifesta nos corpos em rotação atuando no afastamento dos corpos do centro de rotação por fim a precessão é o movimento de um objeto girar em seu próprio eixo, como o planeta Terra.

Nosso projeto buscou evidenciar experiências que apresentassem forças e conceitos físicos utilizados, mesmo que despercebidos, no cotidiano para reforçar a presença da física em nossas vidas e sua importância.

---

\* Colégio Sinodal Barão do Rio Branco, Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

As experiências apresentadas em nosso trabalho, desenvolvidas pelas autoras descritas, foram realizadas com os seguintes materiais, uma roda de bicicleta dianteira com uma pedaleira, uma base giratória de madeira com cerca de 40cm de diâmetro, dois halteres de 5 quilogramas cada, um coelho de pelúcia, uma corda com aproximadamente 1 metro e bolas de sinuca.

O primeiro experimento foi o giroscópio caseiro, trata-se de uma roda de bicicleta que tem uma corda amarrada ao seu eixo. Inicialmente, sem rotação, seguramos a extremidade da corda não ligada ao eixo de modo que a roda fique na posição vertical, assim seu eixo estará na horizontal. A partir disso a roda é posta para girar, conferindo a ela momento angular. Como resultado a roda não cai, ao contrário de quando ela não tinha rotação, desse modo a roda começa a girar lentamente em torno do ponto de suspensão. Esse experimento evidencia o movimento de precessão, referente à rotação da Terra em torno de seu próprio eixo.

O experimento seguinte é relacionado à conservação do momento angular. Uma pessoa se senta sobre um banco giratório enquanto segura na pedaleira de uma roda de bicicleta, fazendo-a ficar na vertical. Coloca-se a roda para girar, tornando seu momento angular paralelo ao solo. Após isso, com a roda ainda em rotação, a pessoa deve girar a roda de forma que ela fique na horizontal, como consequência o eixo e o momento angular ficarão na vertical. Isso fará com que o banco em que a pessoa está sentada comece a girar no sentido contrário da rotação da roda.

O terceiro experimento ocorre de tal maneira: uma pessoa sentada em uma banqueta sobre uma plataforma giratória segura dois halteres um em cada mão, e, com ajuda de alguém, ou não, gira. Enquanto a pessoa sentada no banco roda, ela deve encolher seus braços, deixando-os colados ao peitoral. Desse modo as massas dos halteres ficam concentradas no centro, influenciando o eixo de rotação e, consequentemente, aumentando a velocidade angular da banqueta fazendo-a girar mais rápido. Em contra partida, ao esticar os braços, o peso é distribuído, diminuindo a velocidade com que a banqueta gira. Isso ocorre devido à relação do momento de inércia com a distribuição das massas, pois quanto mais o peso estiver afastado do eixo, maior o momento de inércia, tornando mais difícil girar ou mudar a rotação do objeto.

O experimento da corda com as bolinhas e o coelho de pelúcia era um desafio para o público, cada objeto estava preso em uma extremidade da corda. Ele consistia na aplicação da força centrífuga sobre o coelho. Como resultado, o objeto mais leve movia para cima e mais pesado.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Desafiar a física foi um tema que nos trouxe ótimos resultados, que nos agradaram e incentivaram a buscar entender sobre como a física atua em nossas vidas, falar sobre ela nos permitiu conhecer as leis gerais da natureza que regulam o desenvolvimento dos processos que se verificam, tanto no universo circundante como no universo em geral. Estando presente em tudo ao nosso redor, com os experimentos abordados, conseguimos ver de fato como ela comparece nos mínimos detalhes. Física é um assunto que desperta curiosidade e ao estudá-la, compreendemos com mais clareza as etapas de evolução do mundo. Abordando esse assunto, acabamos aprendendo diversas teses que não imaginávamos que iriam surgir tão cedo e, em vez de tornar-se uma obrigação, acabou sendo um momento de conversação entre amigos, no qual

discutimos como a física era capaz de fazer tantas coisas extraordinárias. Todo conhecimento adquirido foi de grande importância para todos os envolvidos.

#### **4. CONCLUSÕES**

Cada experimento evidenciou uma utilização prática da física no nosso cotidiano. A conservação do momento angular está presente no giro de uma bailarina, a precessão corresponde à rotação da Terra, a teoria da força centrífuga é usada em máquinas de lavar, centrífugas laboratoriais, dentre tantos outros exemplos que poderíamos citar.

## **5. REFERÊNCIAS**

1. O que é física. Brasil escola, [s.d]. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica>. Acesso em: 24 maio 2025.
- 2.Banco giratório e roda de bicicleta. **Sala de demonstrações de física**, [s.d]. Disponível em: <http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/321/1Q40.30-Banco-giratorio-e-roda-de-bicicleta>. Acesso em: 24 maio 2025
3. Giroscópio de roda de bicicleta. **Sala de demonstrações de física**, [s.d]. Disponível em: <http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/320/1Q50.20-Giroscopio-de-roda-de-bicicleta>. Acesso em: 24 maio 2025.
- 4.Conservação do momento angular. **Laboratório de Instrumentação para o Ensino de Física**, 2025. Disponível em: <https://sites.ifi.unicamp.br/lief/experimentos-2/kits-fisica1/conservacao-do-momento-angular/>. Acesso em: 24 maio 2025.

# AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO PAPEL DO PH NA SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE FERRO

Larissa Friedrich\*, Arthur Batista Bromirsky\*, Glauber Rodrigues de Quadros\*, Jocenir Boita\*, Patrícia Regina Ebani\*, Marcus Paulo de Oliveira\*, Luísa Dias Lopes\*, Maria Cecília Caldeira Vieira\*, Matheus Amancio Correa Neres\*, Lucas Alves Lamberti\*.

## Resumo

O presente estudo tem como objetivo demonstrar os resultados obtidos por meio de um estudo experimental, com relação a formação de nanopartículas de ferro a partir de sulfato ferroso, onde foram analisados o pH e a condutividade elétrica dos reagentes, da mistura destes e da formação das nanopartículas.

**Palavras-chave:** nanopartículas, ferro, pH.

## Abstract

The present study aims to demonstrate the results obtained through an experimental study, regarding the formation of iron nanoparticles from ferrous sulfate, where the pH and electrical conductivity of the reagents, their mixture and the formation of nanoparticles were analyzed.

**Keywords:** nanoparticles, iron, pH.

## 1. INTRODUÇÃO

As nanopartículas (1 nm = 10-9 m) de qualquer material possuem características distintas de sua estrutura macroscópica tornando, assim, de grande importância a exploração do comportamento e aplicabilidade desses 1. Devido ao seu tamanho e propriedades podem ser aplicadas em diversos ramos de pesquisa, portanto devemos conhecer as propriedades destas estruturas a fim de utilizá-las para a melhor aplicação possível e de maneira assertiva.

De acordo com Gontijo et al. (2020) 2, o tamanho das nanopartículas de prata, por eles sintetizadas, variou devido ao pH da solução, levando em consideração este e outros estudos tem-se como objetivo neste trabalho analisar o pH e a condutividade dos reagentes, bem como da síntese de nanopartículas de ferro ao longo de sua formação, com o intuito de verificar uma possível variação destas propriedades.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A síntese de nanopartículas a partir de sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ), foi elaborada de acordo com Kremer et al. (2024)<sup>3</sup>, utilizando quatro reagentes dissolvidos em água e posteriormente realizando a mistura destes em uma ordem correta. Portanto para o experimento foram utilizados beckeres, água deionizada, uma balança analítica, um pHmetro, um condutivímetro e os reagentes, sendo eles sulfato ferroso II ( $\text{FeSO}_4$ ), citrato de sódio ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ), polivinilpirrolidona ( $\text{C}_6\text{H}_9\text{NO}$ )n e ácido ascórbico ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ).

Primeiramente realizou-se a pesagem dos reagentes separadamente, adicionou-se a água deionizada em cada um desses, de acordo com o descrito por Kremer et al. (2024)<sup>3</sup>. Mediú-se o

\* Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (LSCnano), Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul

pH e a condutividade dos reagentes, bem como da própria água deionizada. Posteriormente, foi realizada a primeira mistura, de sulfato com citrato, mediu-se novamente o pH e a condutividade, o mesmo se procedeu com a mistura do polivinilpirrolidona e do ácido ascórbico. Após a finalização das misturas, o pH e a condutividade foram medidos de hora em hora durante 6 horas.

Alguns reagentes e todas as misturas precisaram ser diluídos para que fosse possível realizar a medição da condutividade elétrica. Essa etapa foi necessária devido à faixa de operação do equipamento utilizado, limitada entre 0 e 100 mS/cm (milisiemens por centímetro). Assim, nos casos em que a condutividade da solução pura ultrapassava esse intervalo, foi aplicada uma diluição padrão de 1:10.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pode-se observar na Tabela 1 que o pH do sulfato ferroso (3,09), do PVP (3,55) e do ácido ascórbico (2,23) é ácido, como era esperado em função de suas características estruturais. Por outro lado, o citrato de sódio apresenta pH básico (7,89) e a água deionizada, levemente básica (6,6). As condutividades dos reagentes estão em conformidade com os valores reportados na literatura: o citrato de sódio apresenta 96,2 mS/cm e o sulfato ferroso, 80,4 mS/cm. Ambos, mesmo após diluição, mantêm alta condutividade, o que é coerente com sua elevada dissociação em solução aquosa. Os demais reagentes apresentaram condutividade significativamente menor, não sendo necessária diluição para a medição.

*Tabela 1 - pH e condutividade dos reagentes*

	Água Deionizada	Sulfato Ferroso	Citrato de Sódio	PVP	Ácido Ascórbico
pH	6,6	3,09	7,89	3,55	2,23
Condutividade (mS/cm)	0,26	80,4*	96,2*	0,8	23

\*para uma diluição de 10 vezes.

*Fonte: Autora*

Na Tabela 2, observa-se o comportamento das misturas dos reagentes. A combinação inicial do citrato de sódio com o sulfato ferroso elevou o pH da solução para 4,73, indicando um equilíbrio ácido-base parcial. A adição subsequente de PVP não alterou significativamente o pH, enquanto a introdução do ácido ascórbico, com pH mais baixo, tornou a solução mais ácida. Em relação à condutividade, observou-se uma diminuição progressiva com a adição dos novos reagentes: o valor inicial era de 74 mS/cm, reduzindo-se para 56,4 mS/cm e, por fim, para 31,4 mS/cm. Essa queda era esperada, uma vez que a concentração dos reagentes com maior capacidade condutiva foi diluída ao longo das etapas de mistura.

Na Tabela 2, observa-se o comportamento das misturas dos reagentes. A combinação inicial do citrato de sódio com o sulfato ferroso elevou o pH da solução para 4,73, indicando um equilíbrio ácido-base parcial. A adição subsequente de PVP não alterou significativamente o pH, enquanto a introdução do ácido ascórbico, com pH mais baixo, tornou a solução mais ácida. Em relação à condutividade, observou-se uma diminuição progressiva com a adição dos novos reagentes: o valor inicial era de 74 mS/cm, reduzindo-se para 56,4 mS/cm e, por fim, para 31,4 mS/cm. Essa queda era esperada, uma vez que a concentração dos reagentes com maior capacidade condutiva foi diluída ao longo das etapas de mistura.

*Tabela 2 - pH e condutividade das misturas*

	Sulfato ferroso+ Citrato de Sódio	Sulfato ferroso+ Citrato de Sódio + PVP	Todos os reagentes
pH	4,73	4,74	3,58
Condutividade (mS/cm)	74*	56,5*	31,4*

\*para uma diluição de 10 vezes.

Fonte: Autora

Os dados obtidos por meio do monitoramento horário da solução (Tabela 3) indicam uma estabilidade significativa ao longo do tempo, particularmente no que se refere ao pH. As leves flutuações observadas nos valores de condutividade podem ser atribuídas a variações experimentais, possivelmente decorrentes de erros operacionais ou fatores aleatórios inerentes ao processo de medição.

*Tabela 3 - pH e condutividade acompanhamento de hora em hora*

	Hora 1	Hora 2	Hora 3	Hora 4	Hora 5
pH	3,58	3,58	3,57	3,58	3,58
Condutividade (mS/cm)	31,6*	37,2*	33*	33,2*	32,1*

\*para uma diluição de 10 vezes.

Fonte: Autora

#### 4. CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado, observou-se que o monitoramento do pH e da condutividade é uma etapa fundamental na síntese de nanopartículas de ferro, sendo que esses parâmetros mantiveram-se estáveis ao longo do tempo. As pequenas variações registradas podem ser atribuídas a erros operacionais e/ou flutuações aleatórias durante o processo experimental. O método empregado demonstrou ser simples, eficiente e economicamente viável.

A estabilidade observada nos valores de pH e condutividade da solução contendo nanopartículas de sulfato ferroso sugere que a composição permaneceu inalterada, indicando boa estabilidade química — um fator favorável à sua potencial aplicação.

Recomenda-se, contudo, a continuidade do estudo com análises complementares de caracterização morfológica e estrutural das nanopartículas, bem como testes de aplicação específicos, a fim de avaliar sua funcionalidade e desempenho em sistemas reais.

## **5. REFERÊNCIAS**

1. JÚNIOR, A. **Síntese Verde E Caracterização De Nanopartículas De Cobre.** Porto Alegre, RS, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/240861/001113517.pdf?sequence=1>.
2. GONTIJO, L. A. P. et al. **pH effect on the synthesis of different size silver nanoparticles evaluated by DLS and their size-dependent antimicrobial activity.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 25, 11 dez. 2020.
3. KREMER, I. S.; Vieira, M. C. C.; Correa Neres, M. A.; Da Rosa, E.; Boita, J. **Hybrid electricity generation through residue-based nanogenerator.** Renewable Energy 2024, 221, 119870. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119870>.

## **SELIN - SEPARADOR DE LIXO INTELIGENTE**

Clara Brito Costa de Oliveira\*, Fernanda Luísa Vasconcelos da Silva\*, Isadora Finatto Candeia\*, Maria Eduarda dos Santos Arnhold\* e Raissa Vargas Gall\*

### **Resumo**

A presente experiência relata o desenvolvimento e a aplicação do Separador de Lixo Inteligente (SELIN), um dispositivo prototipado entre fevereiro de 2022 e dezembro de 2023, com o objetivo de auxiliar catadores e profissionais de seleção de resíduos na classificação de lixo, reduzindo esforço físico e erros de triagem. A metodologia adotada envolveu três fases de prototipação e teste: (1) construção do SELIN 1.0 com LEGO Mindstorms e programação em EV3 para validação conceitual, (2) implementação do SELIN 2.0 em MDF e acrílico acoplado a sistema de visão computacional baseado em redes neurais para classificação inicial de materiais reutilizáveis, e (3) desenvolvimento do SELIN 3.0, integrando sensores de umidade, indutivos e capacitivos e um motor micro servo controlado por Arduino Mega (C++) para identificação automática e separação acionada de resíduos orgânicos, metálicos e não metálicos. Os protótipos foram submetidos a testes de bancada e simulações de linha de triagem, avaliando a precisão de classificação, tempo de resposta e ergonomia. Espera-se que os resultados contribuam para a melhoria das condições de trabalho, com redução de riscos ocupacionais e aumento da eficiência na reciclagem.

### **Abstract**

The lack of knowledge regarding waste separation hinders the work of those involved in waste sorting activities. Waste pickers perform this task daily, facing a series of risks due to the unhealthy nature of their work. To contribute to the well-being of these workers, the Intelligent Waste Separator (SELIN) project was conceived in February 2022, aiming to assist waste pickers through technological resources. As part of this initiative, three robotic matrices were developed. It is expected that the project's results will help these workers, who face difficulties related to excessive physical effort and incorrectly separated waste in their daily tasks.

**Keywords:** Waste separation; recycling; SELIN; robotics; technology.

### **1. INTRODUÇÃO**

A geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil atingiu aproximadamente 83,4 milhões de toneladas em 2022, com taxa de reciclagem em torno de 3,4%, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2023). Além do baixo percentual de reaproveitamento, os catadores enfrentam jornadas extenuantes e condições de trabalho insalubres, expondo-se a riscos biológicos, químicos e físicos que podem comprometer sua saúde (SILVA et al., 2022). Estudos recentes apontam que a falta de conhecimento sobre separação correta e a ausência de tecnologias acessíveis agravam esses problemas, resultando em maior tempo de triagem e desperdício de materiais potencialmente recicláveis (OLIVEIRA; LOPES, 2021).

---

\* Escola SESI de Ensino Médio José Pedro Fernando Piovan, São Leopoldo, RS, Brasil

Diante desse cenário, tecnologias de automação e inteligência artificial têm sido propostas como soluções para otimizar a classificação de resíduos e proteger os trabalhadores. Inspirado por iniciativas internacionais de triagem automatizada, o projeto Separador de Lixo Inteligente (SELIN) foi idealizado em fevereiro de 2022, com o propósito de desenvolver protótipos escalonáveis e de baixo custo para apoiar as cooperativas de catadores. Nas seções seguintes, são descritas as três matrizes robóticas (SELIN 1.0, 2.0 e 3.0), seus componentes estruturais, algoritmos de detecção e resultados preliminares de desempenho.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto teve início a partir de um plano de aula de Matemática, no qual os alunos estudavam a utilização da placa de programação GogoBoard, integrando conceitos de tecnologia e lógica ao currículo escolar. A partir dessa atividade inicial, o projeto seguiu um processo contínuo de desenvolvimento ao longo de dois anos, com ajustes realizados conforme necessário, especialmente na fase de prototipagem, em busca de soluções mais eficientes. Entre março e dezembro, foi estruturado um cronograma de ações voltado à pesquisa, criação e apresentação do projeto, incluindo participações em feiras científicas, palestras e outras exibições públicas. Esses passos foram considerados fundamentais para o êxito da iniciativa.

*Figura 1: SELIN presente no Desafio de Sustentabilidade dos Hospitais de Clínica de Porto Alegre (HCPA) no Instituto Caldeira.*



*Fonte: Elaborado pelas autoras.*

A prototipagem exigiu tempo para testes e para entender as necessidades das regiões. Cada um dos protótipos foi projetado com foco em um campo específico de uso. A terceira matriz, uma caixa sinalizadora com sensores e motor, direciona o resíduo para o local de descarte adequado, atendendo às necessidades dos trabalhadores de usinas de reciclagem, com o objetivo de tornar o ambiente de trabalho mais seguro e reduzir riscos como contaminação e dificuldades respiratórias.

O objetivo do desenvolvimento do dispositivo, juntamente com a pesquisa, é facilitar o trabalho na seleção de resíduos. Espera-se que o protótipo seja produzido em grande escala, atendendo eficazmente às demandas das usinas de reciclagem. A implementação do SELIN visa aprimorar conhecimentos em robótica, programação, matemática, biologia e ecologia, com base em fontes teóricas consultadas.

- Artigo: Melhoria no processo de triagem de materiais recicláveis a partir da implementação de tecnologias simples - MACCARINI, Adelino Carlos; HERNÁNDEZ, Ricardo Hernández. Melhoria no processo de triagem de materiais recicláveis a partir da implementação de tecnologias simples. Synergismus Scientifica UTFPR, v. 2, n. 1, 2007. Site: ancat.org.br - Associação Nacional dos Catadores.

- Artigo: Gestão Social do Lixo em BH: A Tecnologia Como Ferramenta de auxílio na Coleta Seletiva do Lixo na Cidade - DA CRUZ, Luiz Carlos et al, 2020. GESTÃO SOCIAL DO LIXO EM BH: A TECNOLOGIA COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO NA COLETA SELETIVA DO LIXO NA CIDADE.

## 2.1 SELIN 1.0

A matriz robótica protótipo SELIN 1.0 foi a primeira criação do grupo em abril de 2022 com o objetivo de ser empregada em fábricas de reciclagem para apoiar os separadores de resíduos. A estrutura se baseia em uma esteira com um sensor para identificar resíduos, efetuando a separação. Após a pré-seleção realizada pelos catadores, eles terão uma noção do conteúdo que será coletado. que entrarão em contato, usando os EPIs adequados e sem terem sido contaminados. enfermidades transmitidas por esses resíduos. A sua estrutura foi montada com legos, um brinquedo motorizado. Um motor de tamanho médio, um sensor de cor e uma garra que passou por várias alterações até chegar ao seu estado atual. conclusão para utilização. Na parte de funcionamento do SELIN 1.0, foi utilizado a programação LEGO MINDSTORMS EV3, que se opera através de blocos de programação que são arrastados e encaixados nas Telas de Programação. Os blocos são categorizados por cor e função.

## 2.2 SELIN 2.0

O protótipo SELIN 2.0 foi desenvolvido para a exposição do Hospital das Clínicas de Porto Alegre (HCPA) com o objetivo de aprimorar a separação de resíduos hospitalares e domésticos. Construído em MDF e acrílico, o robô tem formato de paralelepípedo e utiliza a placa GOGO BOARD para sua programação. Sensores sensíveis ao toque acionam seu motor para direcionar corretamente os resíduos, permitindo sua aplicação em diferentes espaços sociais, como escolas, parques e residências. A segunda versão do protótipo foi projetada no software CAD SolidWorks, incorporando redes neurais e câmeras para identificação de resíduos com base em fotografias tiradas de diversos ângulos. Durante os testes, percebeu-se que o protótipo enfrentava desafios na programação da placa e na compatibilidade da câmera e da lente utilizadas. Apesar de a separação dos resíduos ter sido realizada, o funcionamento autônomo ainda não foi completamente alcançado, exigindo a operação por um membro do grupo. O uso de sensores de toque foi mantido para garantir a eficácia da separação, mas melhorias são necessárias para tornar o sistema totalmente independente e eficiente.

## 2.3 SELIN 3.0

O protótipo SELIN 3.0 foi cuidadosamente planejado e desenvolvido no software CAD SolidWorks, com o objetivo de realizar a separação independente de resíduos por meio de sensores de reconhecimento. Utilizando uma placa Arduino Mega programada em C++, o sistema integra diferentes sensores para identificar os materiais: um sensor indutivo para detectar superfícies condutoras, um sensor capacitivo para objetos não metálicos, um sensor infravermelho para interferências eletromagnéticas e um sensor de umidade para resíduos naturais. Com formato de paralelepípedo e parte superior levemente inclinada, o design do protótipo facilita o movimento dos resíduos. Quando um detrito é detectado pelos sensores, os motores servos são ativados para abrir as portas e direcionar corretamente o material para seu respectivo recipiente. O sistema permite a separação eficiente de plásticos, metais, vidros e resíduos orgânicos, otimizando o processo de reciclagem e descarte adequado.

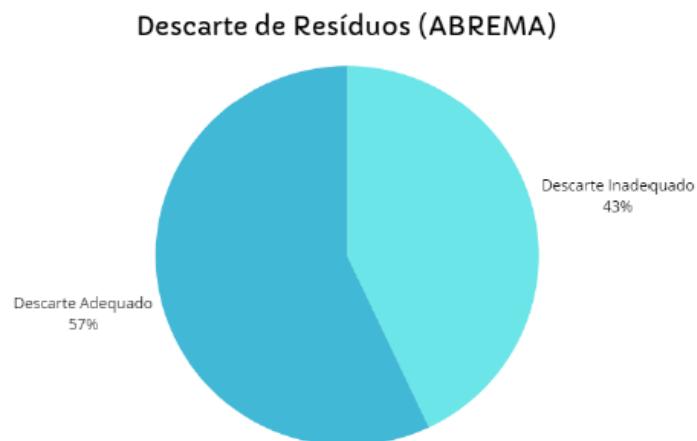
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de resultados do SELIN baseou-se, principalmente, nos três protótipos descritos: 1.0, 2.0 e 3.0, na avaliação teórica de sua estrutura e funcionalidades, demonstrando o progresso das habilidades do projeto na identificação e separação de resíduos. Desde a primeira versão com LEGO até a versão 3.0, que inclui diversos sensores (umidade, indutivo, capacitivo e infravermelho) e um motor servo programado em C++ (Arduino Mega), o SELIN se apresenta como uma solução cada vez mais avançada e adequada às necessidades da reciclagem contemporânea.

Através de simulações onlines e estudos de viabilidade, foi possível identificar o potencial do dispositivo em facilitar o trabalho dos profissionais que atuam na seleção de resíduos, bem como em eliminar possíveis problemas como contaminação, ferimentos e mal-estar. Além de contribuições significativas em circunstâncias desfavoráveis, como inundações, que, historicamente, afetam negativamente as atividades de reciclagem, como visto nas inundações de 2024 no Rio Grande do Sul.

O SELIN, ao incentivar a correta separação de materiais recicláveis, auxilia na diminuição de resíduos em lixões e aterros, contribuindo para a conservação do solo e dos recursos de água. Este ponto de vista ambiental é fortalecido pelos alicerces teóricos do projeto, que engloba ideias de sustentabilidade, tecnologia e compromisso social. Visto que, cerca de 43% de todo o lixo gerado no país tiveram descarte irregular, apontado na pesquisa Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, em 2023.

Gráfico 1 - Descarte de Resíduos



Fonte: Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente - ABREMA 2023

A análise de resultados do projeto SELIN, mesmo sem testes práticos, demonstrou sua relevância e potencial como uma solução inovadora para facilitar o trabalho dos profissionais que lidam com a seleção de resíduos. Os conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento do projeto em robótica, programação, matemática, biologia e ecologia foram fundamentais para o aprimoramento do dispositivo e para sua possível implementação em larga escala, contribuindo para a promoção da sustentabilidade no processo de reciclagem de resíduos.

Ainda que o projeto SELIN tenha progredido, ainda há lacunas significativas a serem vencidas para que sua eficácia total seja alcançada. Vários tipos de detritos não são claramente detectados pelos sensores e algoritmos atuais, o que dificulta uma triagem integral e automatizada.

Essa barreira se deve tanto à diversidade de materiais encontrados no lixo quanto às restrições dos sensores em identificar determinadas propriedades físicas e químicas específicas de certos resíduos. Para expandir a abrangência e eficácia do sistema, em novos estudos em outros níveis de graduação, é imprescindível criar novos sensores e algoritmos de reconhecimento capazes de reconhecer uma gama mais extensa de resíduos, incluindo os de composição mais intrincada.



*Banner do evento*

**Fonte:** Site do evento

#### 4. CONCLUSÕES

Conclui-se que através de um sistema automatizado e pensado nas demandas dos separadores, o SELIN facilita a triagem de materiais, reduzindo o impacto ambiental e contribuindo para uma economia circular. Além dos benefícios ecológicos, o projeto também tem potencial para influenciar políticas públicas e transformar a cultura do descarte e reciclagem nas comunidades onde for implementado, incentivando práticas mais conscientes e sustentáveis. Portanto, o SELIN surge como uma solução prática e necessária para os desafios contemporâneos de resíduos, com efeitos sociais, econômicos e ambientais positivos.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALVES, Ana Terezinha Jaques et al. Reciclagem: educar para conscientizar. Anais do II Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. UNICRUZ, 2012. Disponível em: < <https://home.unicruz.edu.br/seminario/downloads/anais/cchc/reciclagem%20educar%20para%20conscientizar.pdf> > Acesso em: 03/11/2022

BORBA, Laila Machado; DO NASCIMENTO SILVA, Aída Cristina. O descarte incorreto de resíduos sólidos e sua influência na saúde pública. **CONSELHO EDITORIAL**, p. 8. Disponível em: < [https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/66095832/E\\_book\\_Direito\\_Ambiental\\_e\\_Residuos-with-cover-page-v2.pdf](https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/66095832/E_book_Direito_Ambiental_e_Residuos-with-cover-page-v2.pdf) > Acesso em: 03/11/2022

BRINGHENTI, Jacqueline R.; GÜNTHER, Wanda M. Risso. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 16, p. 421-430, 2011. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/esa/a/tXswjvzFzYf7RKYWD6sNN7D/?lang=pt> > Acesso em: 08/06/2023

CALIXTO BRUNO In: Época O Globo. Disponível em: < <https://epoca.oglobo.globo.com/> > Acesso em: 03/11/2022 COLLINS, H. (1990). Artificial experts Cambridge: MIT Press. Disponível em: < <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/94155> > Acesso em: 10/11/2022

LIMA, Clarice Silva. Os riscos e as vulnerabilidades vinculadas aos catadores de lixo. **Revista Terceiro Incluído**, v. 3, n. 2, p. 57-71, 2013. Disponível em: < <https://revistas.ufg.br/teri/article/view/29798> > Acesso em: 09/11/2022

RIBEIRO, Helena; BESEN, Gina Rizpah. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso. **InterfacEHS**, v. 2, n. 4, p. 1-18, 2007. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/profile/Helena-Ribeiro/publication/242243074> > Acesso em: 10/11/2022

QUINO, Jurandy Gomes; MOURA, Geraldo Barbosa. Aspectos econômicos e financeiros da separação de resíduos sólidos urbanos. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 9, n. 2, p. 28, 2014. < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7381694> >

NASCIMENTO, Victor Fernandez et al. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 10, n. 4, p. 889-902, 2015. < <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/NrqL6pPNpMRShCvQbKPWDhg/?lang=pt> >

# AURORA V: UMA LINGUAGEM DE MANIPULAÇÃO DE EQUAÇÕES EM TEMPO REAL

João Henrique de Siqueira Jari da Silva\*, Leonardo Medeiros Hunter\*

## Resumo

Apresentamos o Aurora V, um motor computacional eficiente, extensível e de alto desempenho, concebido com base nos princípios da programação funcional. Quando programas sequenciais são executados (Texas Instruments Sitara AM18908; ARM9) de uma sintaxe de alto-nível, foi possível atingir velocidades semelhantes a compiladores de renome como GCC e LLVM. Neste artigo descrevemos a arquitetura deste motor, utilizando uma implementação de referência em Pascal, demonstrando resultados e discutindo planos.

**Palavras-chave:** Ciências da Computação, Matemática, Lógica, Teoria da Computação, Linguagem de Programação, Interpretador, Robótica

## Abstract

We present Aurora V, an efficient, extensible, and high-performance runtime, designed based on the principles of functional programming languages. When executing (Texas Instruments Sitara Am18908; ARM9) sequential programs from a high-level syntax, we achieved performance comparable to popular compilers like GCC and LLVM. In this paper we describe the architecture of this runtime, using a reference implementation in Pascal, demonstrating results and discussing future plans.

**Keywords:** Computer Science, Mathematics, Logic, Computability Theory, Programming Language, Interpreter, Robotics

## 1. INTRODUÇÃO

A história da computação é frequentemente considerada uma extensão da história da matemática, refletindo seus conceitos fundamentais e desenvolvendo-os ao longo de sua evolução natural (Hudak 1989). No entanto, apesar dessa origem comum, muitas linguagens de programação modernas afastaram-se significativamente dessas raízes matemáticas. Esse distanciamento abriu espaço para o ressurgimento de paradigmas baseados em fundamentos matemáticos, em especial o cálculo lambda, que serve como base teórica para a programação funcional e tem ganhado destaque como alternativa robusta para o desenvolvimento de sistemas mais previsíveis, modulares e paralelizáveis.

Cálculo Lambda é um modelo de descrição de funções criado por Alonzo Church, propondo um sistema para definição e aplicação de funções, parâmetros e derivações. Este conceito, apesar de preceder os computadores eletrônicos, é cultuado até hoje como um dos conceitos mais importantes das ciências da computação (Amaral 2023).

Neste artigo, é discutida uma nova abordagem para a descrição de funções, a implementada em um motor computacional feito para sistemas embarcados, priorizando performance e confiabilidade, inspirando-se por conceitos de linguagens como Lisp, OCaml, Rust, Haskell e

\* Colégio Marista Roque Gonçalves

Pascal para uma abordagem ampla e versátil a múltiplas camadas do ecossistema tecnológico. Como uma demonstração desta tecnologia, é proposto também uma sintaxe de alto nível, inspirada pela grafia tradicional da matemática.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A base deste motor está na proposição de um conceito similar ao cálculo lambda, aqui chamado de “sub expressões J”, dos quais definem uma função matemática, seus parâmetros e resultados a partir de uma descrição que trata seus componentes como pequenas “partículas” de uma função muito maior, assim facilitando o tratamento de cada uma das operações.

Cada sub expressão deve pertencer estritamente a um de dois grupos:

**Simples:** Dada por  $\Delta = \{t, x\}$ , declara que está é apenas um valor numérico x pertencente a um grupo t

**Complexa:** Dada por  $J(z, y_i)$ , declara que a atual sub-expressão é uma operação matemática válida, da qual possuí uma matriz de sub-expressões simples  $y_i$ , que serão processados por uma operação z

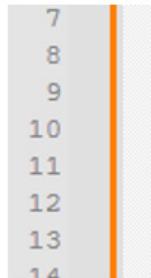
que pode ser classificada em um de três tipos, os quais são:

- Aritmética: Resultado será uma operação matemática
- Lógica: Resultado será uma comparação lógica.
- Relacional: Resultado se comporta como uma matriz, conjunto ou grupo.

Este conceito pode ser exemplificado através da implementação de uma função que calcula a circunferência de um círculo:

$$\begin{aligned} f(r) &= 2\pi r \\ &= J\left(\text{Multiplicação}, [a, b]\right) \\ a &= \{\mathbb{R}, r\} \end{aligned}$$

$$b = J\left(\text{Multiplicação}, \{\mathbb{R}, 2\}, \{\mathbb{R}, \pi\}\right)$$



```
7
8
9
10 { Função para calcular circunferencia }
11 f(r: real): real := ( 2 * M_PI * r )
12
13
14
```

*Figura 1: A função para calcular circunferência convertida para uma linguagem de alto-nível  
Fonte: Autor*

Um método amplamente utilizado na implementação de interpretadores consiste na criação de um analisador sintático, que reduz o código fornecido pelo usuário a um código intermediário, frequentemente associado a uma linguagem de montagem. Essa abordagem abstrai certos conceitos de baixo nível, proporcionando maior robustez ao processo de execução. Contudo, esse método se mostra desafiador em linguagens com características de auto alteração, como o Aurora V, pois a constante recompilação do código pode acarretar problemas de desempenho.

No caso do Aurora V, a solução adotada para contornar as limitações do modelo tradicional de análise sintática é a abstração dos dados de entrada em uma estrutura de árvore de sub expressões. Essa árvore permite a modificação de regiões específicas do código sem a necessidade de recompilar a totalidade do programa. Ao adotar essa abordagem, o interpretador pode realizar alterações localizadas de forma eficiente, promovendo uma execução mais dinâmica e minimizando os custos relacionados à recompilação contínua do código.

**Figura 1 – Diagrama exemplificando o processo de análise sintática do motor Aurora V**

**Fonte:** Autor

Para beneficiar o uso da metodologia Just-In-Time (compilação sobre demanda), foi utilizado o motor de geração dinâmica de código nativo DynASM que traduz os processos demandados pelo Aurora V à linguagem de montagem nativa da plataforma que está sendo utilizada.

Nesse contexto, foi idealizada e demonstrada a implementação de uma Rede Neural Artificial (RNA) com o objetivo principal de avaliar tanto a velocidade quanto a praticidade do interpretador utilizado. Este estudo considerou especialmente os processos característicos de uma RNA, que frequentemente demandam elevado nível de recursividade, o que constitui um desafio computacional significativo.

O modelo escolhido para esta implementação foi o “Perceptron”, também conhecido como modelo McCulloch-Pitts. Este é um dos primeiros modelos de redes neurais artificiais propostos e apresenta como principais características a simplicidade e a capacidade de aprendizado por meio de exemplos. Apesar dessas vantagens, o Perceptron possui limitações em cenários que exigem a separação de padrões não lineares, o que restringe sua aplicabilidade em tarefas mais complexas.

Um dos conceitos fundamentais das RNAs é o “neurônio artificial”, que busca simular, de forma simplificada, o comportamento dos neurônios biológicos. Conforme descrito por Rauber (2005), o neurônio artificial é representado por um modelo matemático que recebe informações de entrada  $x_j$ , associadas a pesos  $w_j$ , os quais determinam a importância relativa de cada entrada no processamento. A combinação linear dessas entradas é expressa pela equação:

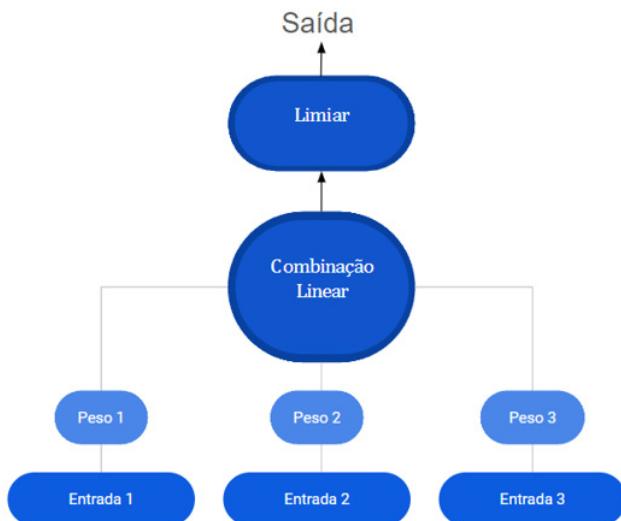
$$net = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_Dx_D = \sum_{j=1}^D w_jx_j$$

Os resultados desta combinação linear net passam por um limiar , que serve como filtro para a ativação lógica do valor de saída y, dado pela função de Heaviside que definirá o valor booleano de v:

- se  $x \geq 0$  então  $\Theta(x) = 1$
- senão  $\Theta(x) = 0$

Dessa forma, a saída final do neurônio é dada por:

$$y = \Theta\left(\sum_{j=1}^d w_j x_j - \mu\right)$$



**Figura 2 – Diagrama explicativo sobre o funcionamento do neurônio artificial McCulloch-Pitts**  
Fonte: Autor

Com o intuito de validar o modelo e realizar testes práticos em relação ao Aurora V, a implementação da rede neural foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação Java. Essa escolha permitiu explorar as capacidades do interpretador na execução de tarefas computacionalmente intensivas, como a avaliação recursiva e a atualização dos pesos da rede, características inerentes às RNAs.

```

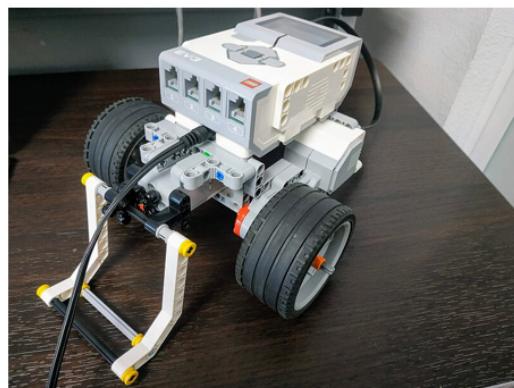
18
19 { Funcao de ativacao }
20 ativar(x: real): real :=
21 ( ((x >= 0)?(1)::(0) ) )
22
23 { Previsao }
24 prever( w: real,
25         i: real,
26         b: real): real := (ativar(w * i + b))
27
28
  
```

**Figura 3 – Captura de tela do código fonte da rede neural para o Aurora V**  
Fonte: Autor

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram baseados na aplicação dos algoritmos de forma independente em cada linguagem, sem a utilização de bibliotecas externas,

Para a execução, foi utilizado um kit de robótica educacional LEGO EV3, combinado com uma distribuição Linux baseada no sistema operacional Debian, chamada Ev3Dev. O Ev3Dev é uma plataforma poderosa e flexível, especialmente desenvolvida para proporcionar uma experiência educacional rica, permitindo o controle e a programação dos robôs EV3.



**Figura 4 – Um exemplo de Robô criado puramente com o kit Lego Mindstorms Ev3**  
**Fonte:** Javier Leiva

O kit de robótica LEGO EV3 utilizado possui as seguintes configurações:

Componente	Nome
CPU (Processador)	ARM926EJ-S Core @ 300 MHz
Memória RAM	64 MB RAM
Armazenamento	16 MB Flash

**Tabela 1 – Tabela indicando as configurações técnicas do controlador do kit LEGO EV3**  
**Fonte:** LEGO Company

A escolha das ferramentas focadas no ramo educacional baseou-se no fato de apresentarem uma configuração técnica muito semelhante àquela utilizada em sistemas embarcados no setor industrial da tecnologia. Essa proximidade técnica possibilita uma transição mais fluida entre os contextos acadêmicos e industriais, favorecendo o entendimento e a aplicação prática dos conceitos estudados.

Durante a análise, foram executados 3 testes, registrando os seguintes resultados, baseando-se na implementação de uma mesma rede neural em Aurora V e Java:

Linguagem	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média de tempo
Aurora V	0.0023647 (s)	0.0030087 (s)	0.0024675 (s)	0.0026136 (s)
JVM (Java)	0.0456060 (s)	0.0489075 (s)	0.0584765 (s)	0.0509966 (s)

**Tabela 2 – Tabela indicando as configurações técnicas do controlador do kit LEGO EV3**

**Fonte:** LEGO Company

#### 4. CONCLUSÕES

Partindo de modelo inherentemente estático de computação, Aurora V provou-se mais eficiente na execução de processos computacionalmente intensivos, como redes neurais. Sua capacidade de integração dinâmica amplia o escopo de aplicações, tornando-a uma solução promissora para sistemas embarcados, ciência dados e robótica por seu projeto e abordagem. Este trabalho cria uma fundação sólida e concisa para linguagens de programação aplicadas em máquinas de baixo-recurso.

## 5. REFERÊNCIAS

HUDAK, P. CONCEPTION, EVOLUTION, AND APPLICATION OF FUNCTIONAL PROGRAMMING LANGUAGES;

AMARAL, A. T. SIMPLELAMBDA: UMA LINGUAGEM FUNCIONAL DIDÁTICA COM TRADUÇÃO PARA O CUBO LAMBDA;

DE LIMA, Daniela; L. CORSO, Leandro. **Aplicação de Inteligência Artificial e Modelos Matemáticos para Previsão de Demanda em uma indústria do ramo plástico.** Scientia cum Industria, [S. I.], v. 8, n. 2, p. 24–29, 2020. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/8122>.

QUEIROZ, Phillippe César Gomes de. **Conhecendo a programação funcional.** 2024. 88 f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/78403>.

RAUBER, Thomas Walter et al. **Redes neurais artificiais.** 2005. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Thomas-Rauber-2/publication/228686464\\_Redes\\_neurais\\_artificiais/links/02e7e521381602f2bd000000/Redes-neurais-artificiais.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Thomas-Rauber-2/publication/228686464_Redes_neurais_artificiais/links/02e7e521381602f2bd000000/Redes-neurais-artificiais.pdf).

# TIPOS DE APOIOS ESTRUTURAIS EM RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Lucas Alves Lamberti\*, Rute Guimarães\*, Carla Fernanda Perius\*

## Resumo

Este estudo explora três tipos fundamentais de apoios estruturais utilizados na engenharia civil: o apoio simples, o apoio duplo e o apoio triplo (engaste). São discutidas as características técnicas de cada tipo de apoio, suas restrições de movimento e rotação, bem como suas aplicações práticas em diferentes estruturas. A análise destaca a importância da seleção adequada dos apoios para garantir a estabilidade e a integridade das construções.

**Palavras-chave:** vínculos, estática, restrição.

## Abstract

This study explores three fundamental types of structural supports used in civil engineering: the simple support, the double support, and the fixed support. The technical characteristics of each type of support, their movement and rotational restraints, as well as their practical applications in different structures, are discussed. The analysis highlights the importance of properly selecting supports to ensure the stability and integrity of constructions.

**Keywords:** constraints, statics, restraint.

## 1. INTRODUÇÃO

Na engenharia estrutural, os apoios são elementos essenciais que determinam como as forças são transmitidas e distribuídas dentro de uma estrutura. A escolha apropriada do tipo de apoio influencia diretamente a estabilidade, a capacidade de carga e a durabilidade da edificação ou infraestrutura<sup>1</sup>.

A pesquisa foi conduzida por meio de revisão bibliográfica de fontes especializadas em engenharia estrutural, incluindo artigos técnicos, manuais e publicações acadêmicas. Este trabalho visa aprofundar o entendimento sobre três tipos principais de apoios: apoio simples, apoio duplo e apoio triplo (engaste), fornecendo uma análise de suas características técnicas e aplicações práticas, com descrições teóricas complementadas por esquemas ilustrativos para melhor compreensão.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O apoio simples, também conhecido como apoio móvel, é caracterizado por restringir o deslocamento em uma direção enquanto permite movimento em outra, além de permitir a rotação do elemento estrutural. Este tipo de apoio é representado simbolicamente por um triângulo com rodas na base, indicando sua capacidade de acomodar movimentos horizontais ou verticais, dependendo da orientação<sup>2</sup> (Figura 1).

\* Universidade Federal de Santa Maria - Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

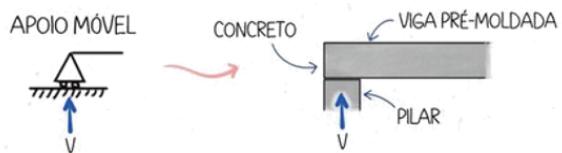


Figura 1 – esquema de apoio simples e reação de apoio  
Fonte: adaptado de Archdaily<sup>3</sup>, 2025.

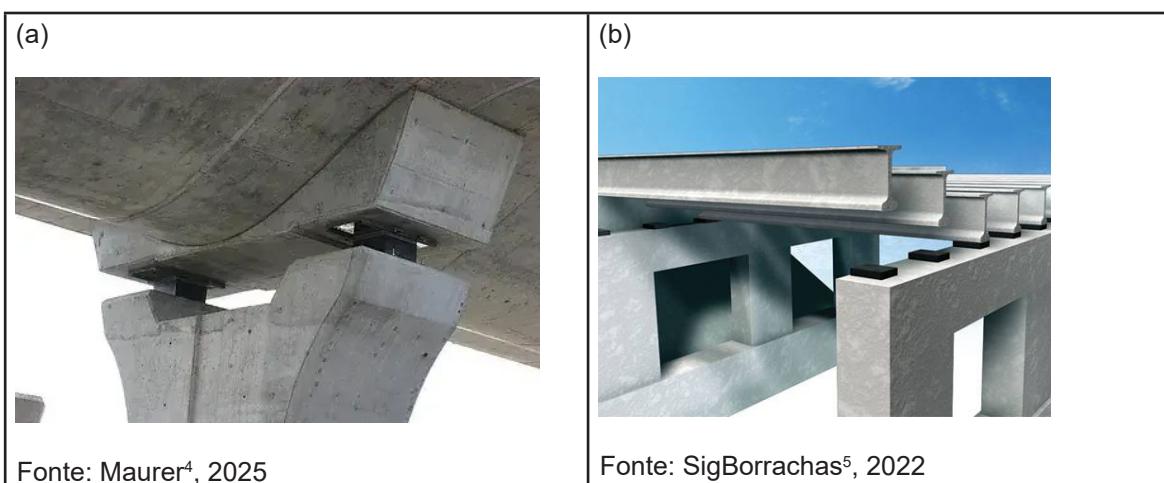
*Figura 1 – esquema de apoio simples e reação de apoio*

*Fonte: adaptado de Archdaily<sup>3</sup>, 2025.*

Suas características técnicas são resumidas da seguinte maneira:

- Restrições: Impede o deslocamento perpendicular à superfície de apoio, permitindo movimento paralelo e rotação.
- Reações de Apoio: Fornece uma reação normal à superfície de apoio (reação V na Figura 1), sem resistência a momentos fletores.

Os apoios simples são comumente utilizados em estruturas que requerem acomodação de movimentos devido a variações térmicas ou outros fatores externos. Por exemplo, em pontes e passarelas (Figura 2a), esses apoios permitem a expansão e contração do tabuleiro sem induzir tensões indesejadas. Em estruturas de concreto pré-moldado, vigas podem ser simplesmente apoiadas sobre pilares utilizando apoios móveis para facilitar a montagem e acomodar movimentos<sup>1</sup> (Figura 2b).



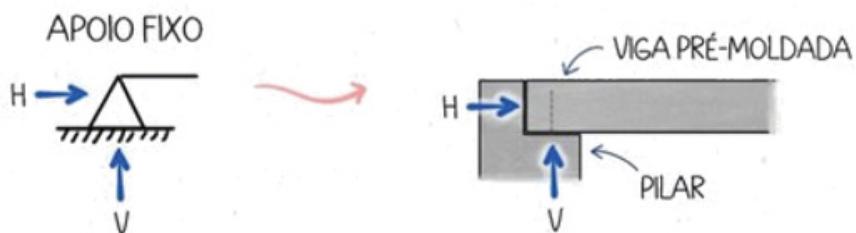
Fonte: Maurer<sup>4</sup>, 2025

Fonte: SigBorrachas<sup>5</sup>, 2022

*Figura 2 – Exemplos práticos de apoio simples*

O apoio duplo, ou apoio fixo, restringe o deslocamento tanto na direção horizontal quanto na vertical, mas permite a rotação do elemento estrutural. Esquematicamente, é representado por um triângulo sem rodas na base, indicando sua capacidade de resistir a movimentos em ambas as direções de translação<sup>1,2</sup> (Figura 3).

**Figura 3 – esquema de apoio duplo e reações de apoio**



*Fonte: adaptado de Archdaily<sup>3</sup>, 2025.*

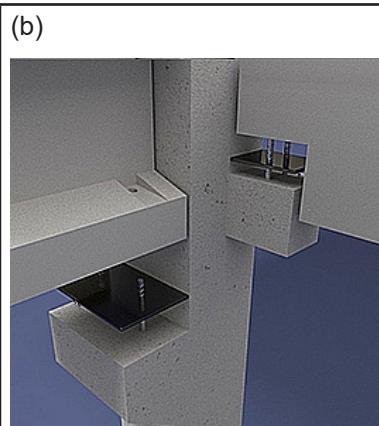
Suas características técnicas são:

- Restrições: Impede deslocamentos horizontais e verticais, permitindo rotação.
- Reações de Apoio: Fornece reações nas direções horizontal e vertical (reações V e H na Figura 3), sem resistência a momentos fletores.

Este tipo de apoio é frequentemente empregado em estruturas que necessitam de maior estabilidade, como cabeceiras de pontes (Figura 4a), viadutos e marquises. Em estruturas pré-fabricadas de concreto, apoios fixos são utilizados para unir elementos estruturais, garantindo a transferência adequada de cargas e restrição de movimentos indesejados<sup>1</sup> (Figura 4b).



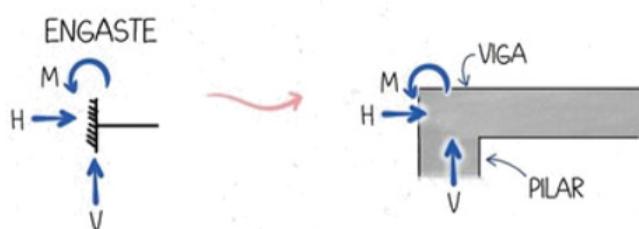
*Fonte: Esménio<sup>6</sup> (2012)*



*Fonte: Toptecborrachas<sup>7</sup> (2025)*

**Figura 4 – Exemplos práticos de apoio duplo**

Já o apoio triplo, conhecido como engaste, é o mais rígido dos apoios, restringindo completamente tanto os deslocamentos quanto as rotações do elemento estrutural. É simbolizado por um triângulo preenchido ou um retângulo, indicando a fixação total do elemento<sup>2</sup>.



**Figura 5 – esquema de engaste e reações de apoio**

*Fonte: adaptado de Archdaily<sup>3</sup>, 2025.*

As características técnicas do apoio triplo são:

- Restrições: Impede todos os tipos de movimento e rotação.
- Reações de Apoio: Fornece reações nas direções horizontal e vertical (reações V e H na Figura 5), além de resistir a momentos fletores (reação M na Figura 5).

Engastes são essenciais em situações que requerem máxima rigidez e fixação, como na conexão de vigas a pilares em edifícios de concreto armado (Figura 6a e 6b). Também são utilizados em estruturas sujeitas a cargas dinâmicas significativas, como torres de transmissão e estruturas industriais, onde a restrição completa de movimentos é crucial para a integridade estrutural<sup>1</sup>.



Fonte: Carluc<sup>8</sup>, 2025



Fonte: Leite<sup>9</sup>, 2015.

*Figura 6 – Exemplos práticos de engaste*

A escolha do tipo de apoio estrutural está intimamente relacionada aos materiais utilizados na construção. Características como comportamento frágil ou dúctil, resistência à tração e compressão, deformabilidade térmica, soldabilidade, entre outras, influenciam diretamente a viabilidade de execução e o desempenho dos diferentes tipos de apoio<sup>1,3</sup>.

Por exemplo, o concreto é amplamente empregado na engenharia civil devido à sua versatilidade e alta resistência à compressão. No entanto, apresenta baixa resistência aos esforços de tração e comportamento frágil, o que exige o uso de armaduras metálicas sempre que se deseja resistir a esforços de flexão, como nos engastes. Nessas situações, como ilustrado na Figura 6, o concreto precisa ser fortemente armado. Já em estruturas pré-moldadas de concreto, é mais comum a utilização de apoios duplos ou simples, pois a execução de engastes fora do canteiro é complexa e pouco prática, especialmente quando as conexões precisam ser rígidas<sup>3</sup>.

Por outro lado, o aço apresenta alta resistência tanto à tração quanto à compressão, elevado grau de ductilidade e comportamento predominantemente elástico dentro de uma ampla faixa de tensões. Além disso, sua facilidade de conexão por soldagem ou parafusamento permite maior flexibilidade na execução dos apoios. Por isso, em estruturas metálicas é comum o uso de apoios simples para acomodar dilatações térmicas, bem como engastes efetivos por meio de soldas rígidas em elementos que requerem continuidade estrutural<sup>3</sup>.

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A compreensão dos diferentes tipos de apoios estruturais e suas características técnicas é fundamental para o desenvolvimento de projetos de engenharia seguros e eficientes. A seleção adequada do tipo de apoio influencia diretamente a distribuição de forças, a estabilidade e a durabilidade da estrutura. Enquanto apoios simples oferecem flexibilidade para acomodar movimentos, apoios duplos proporcionam maior estabilidade, e engastes garantem fixação completa, sendo cada um apropriado para diferentes aplicações conforme as necessidades específicas do projeto.

Este estudo destaca a importância de uma análise criteriosa na escolha dos apoios estruturais, considerando as particularidades de cada tipo e sua aplicação prática na engenharia civil.

#### **4. REFERÊNCIAS**

1. HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais.** 10 ed. São Paulo: Pearson, 2018.
2. BEER, F. P. **Mecânica dos materiais.** 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.
3. ARCHDAILY. **Apoio móvel, fixo e engaste: entenda a diferença entre os tipos de apoio estrutural.** Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/995772/apoio-movel-fixo-e-engaste-entenda-a-diferenca-entre-os-tipos-de-apoio-estrutural>>. Acesso em 14 de fevereiro de 2025.
4. MAURER. **Apoios elastoméricos para máxima flexibilidade.** Disponível em <<https://www.neoprexmaurer.com.br/apoios-elastomericos>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2025.
5. SIGBORRACHAS. **Apoio De Neoprene Fretado de Alta Qualidade.** Disponível em <<https://sigborrachas.com.br/apoio-de-neoprene-fretado/>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2025. São Paulo, 2022.
6. ESMÉNIO, H. M. R. S. **Ponte rainha D. Amélia em risco.** Disponível em <<https://fazerporsalvatra.blogspot.com/2012/04/ponte-rainha-d-amelia-em-risco.html>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2025. Blog Fazer por salvaterra, 2012.
7. TOPTECBORRACHAS. **Aparelhos de apoio.** Disponível em <<https://toptecborrachas.com.br/produto/aparelhos-de-apoio/>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2025. São Paulo, 2025.
8. CARLUC. **Escada Flutuante – Tipos e Execução.** Disponível em <<https://carluc.com.br/arquitetura/escada-flutuante/>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2025.
9. LEITE, G. F. T. **O balanço na arquitetura.** Disponível em <<https://futuraarquiteta.wordpress.com/tag/engaste/>>. Acesso em 11 de fevereiro de 2025. Arquitetura e entretenimento, 2015.

# PANORAMA ATUAL DA PRODUÇÃO DE CONCRETO CELULAR: ESTADO DA ARTE

Luísa Dias Lopes\*; Arthur Batista Bromirsky\*; Jocenir Boita\*; Glauber Rodrigues de Quadros\*; Patrícia Regina Ebani\*; Marcus Paulo de Oliveira\*; Larissa Friedrich\*; Maria Cecília Caldeira Vieira\*; Mateus Amancio Correa Neres\*; Lucas Alves Lambertii\*

## Resumo

Agentes espumígenos são usados no concreto celular para criar bolhas de ar. Eles podem ser sintéticos, que se dissolvem em água, ou protéicos, que criam bolhas ao quebrar proteínas [6]. Os dois principais métodos de mistura do concreto celular são: mistura direta, onde as bolhas se formam no momento da mistura; e a pré-formação de espuma, onde as bolhas são criadas antes e incorporadas na mistura [7].

Com isto, no concreto celular autoclavado (CCA), é feita a adição do pó de alumínio, para que ocorra a reação química, gerando bolhas de gás hidrogênio em sua matriz [4][5]. Por fim, há um método teórico inovador envolvendo eletrólise para formar bolhas controladas de hidrogênio e oxigênio dentro da massa cimentícia [2].

**Palavras-chave:** alvenaria, concreto, blocos.

## Abstract

Foaming agents are used in cellular concrete to create air bubbles. They can be synthetic, which dissolve in water, or protein-based, which create bubbles by breaking down proteins [6]. The two main mixing methods for cellular concrete are: direct mixing, where bubbles form at the time of mixing; and pre-formed foam, where bubbles are created beforehand and incorporated into the mix [7].

In autoclaved cellular concrete (CCA), aluminum powder is added to facilitate a chemical reaction, generating hydrogen gas bubbles in its matrix [4][5]. Finally, there is an innovative theoretical method involving electrolysis to form controlled bubbles of hydrogen and oxygen within the cementitious mass [2].

**Keywords:** masonry, concrete, blocks.

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto celular é um material leve, composto por uma mistura de cimento, água e agregados, no qual se incorporam bolhas de ar por meio de agentes espumígenos ou outros processos [1][6]. Esse tipo de concreto é amplamente utilizado para isolamento térmico e acústico devido à sua densidade reduzida [4].

Existem tipos de concreto celular como:

**Concreto Celular Não-Autoclavado:** Obtido com a adição de agentes espumígenos que criam bolhas de ar na mistura. Após a formação, o material cura naturalmente, sem o uso de autoclave [6][7].

**Concreto Celular Autoclavado:** Utiliza uma mistura com agente expansor, como pó

---

\* Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (LSCnano), Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

de alumínio, que reage com o hidróxido de cálcio, criando bolhas de ar uniformemente distribuídas [4]. Em seguida, a mistura é curada em autoclave, o que aumenta a resistência e melhora suas propriedades de isolamento.

**Concreto Espumado:** Nesse método, uma espuma pré-formada é misturada ao concreto, podendo também ser formada a partir da agitação da mistura [6][7]. Nesse tipo de concreto pode ocorrer variação da densidade, sendo possível adaptá-lo para diversas aplicações [1][4].

A aplicação da eletrólise como método para a geração de bolhas no concreto celular é uma inovação promissora, baseada na dissociação eletroquímica da água em hidrogênio e oxigênio, geralmente na presença de sal (NaCl) como eletrólito. Esse processo permite formar microbolhas de forma controlada na matriz cimentícia, melhorando a uniformidade dos vazios do material, com potencial para reduzir o uso de aditivos químicos e aumentar a sustentabilidade do processo [2][9].

Além disso, os agentes espumígenos podem ser sintéticos ou protéicos. Os sintéticos são feitos a partir de produtos químicos derivados do petróleo e se dissolvem em água, já os proteicos são feitos a partir de ácidos graxos, normalmente fabricados das vísceras de animais [6].

Dessa forma, este trabalho tem como principal objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o concreto celular, abordando seus métodos de produção, agentes espumígenos utilizados e características físicas, bem como discutir inovações recentes que possam contribuir para o avanço na área da construção civil.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este trabalho foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica narrativa, com o objetivo de identificar, organizar e discutir os principais métodos de produção de concreto celular, suas propriedades, aplicações e inovações tecnológicas. A seleção das fontes foi realizada a partir de palavras chaves, utilizando as bases de dados Google Scholar e ScienceDirect, entre os meses de março e maio de 2025.

Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: (i) publicações entre os anos de 2000 e 2025; (ii) estudos que tratem especificamente da produção, propriedades e aplicações do concreto celular; (iii) artigos e capítulos de livro que tivessem dados relevantes. Os critérios de exclusão compreenderam trabalhos parecidos, estudos sem dados relevantes sobre os métodos de produção ou que tratassem de outros tipos de concreto sem relação com o tema proposto. A análise das fontes se deu por leitura, lendo, primeiramente o resumo, se ele se encaixava no tema, seguia-se a leitura até o final, os tópicos pesquisados foram: Tipos de concreto celular (não-autoclavado, espumado e autoclavado), agentes espumígenos e suas classificações, técnicas de incorporação de ar, entre outros. As referências selecionadas foram escolhidas de forma a garantir uma visão ampla na área.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Produção:**

Os blocos autoclavados passam por um processo de cura, em uma autoclave, que utiliza alta pressão e temperatura para aumentar a resistência e estabilidade do material [4][5]. Porém,

nem todo método de fabricação utiliza essa ferramenta. Os blocos espumados, por exemplo, são produzidos sem o uso de autoclave, com a incorporação de agentes espumígenos que formam bolhas de ar diretamente na mistura ou por meio de uma espuma pré-formada [1][6][7]. Aqui também citamos os estudos de formação das bolhas de ar a partir da eletrólise [2]. O concreto celular não-autoclavado tem como suas principais formas de fabricação a mistura direta e a pré-formação de espuma [6].

### **Agentes espumígenos:**

Os agentes espumígenos, sintéticos ou protéicos, é o ingrediente base na produção do concreto celular com o método da mistura direta e mistura pré-formada, ele promove a formação e estabilização de bolhas de ar na matriz cimentícia. No entanto, o aumento da dosagem desses agentes deve ser cuidadosamente controlado, pois a elevação do teor de ar, usando entre 25% e 30% de conteúdo de ar, pode comprometer a resistência mecânica e a durabilidade do material. Quando o conteúdo de ar ultrapassa 30%, demonstra resultados que indicam uma estrutura de poros mais conectada e maior permeabilidade, essa condição contribui para a ocorrência de eflorescências. Além disso, o tipo de agente espumígeno influencia diretamente a estrutura dos poros: os agentes proteicos tendem a formar bolhas menores e mais isoladas, enquanto os sintéticos, podem gerar uma rede de poros mais interligada, aumentando o transporte de umidade e íons. [10]

### **Método de Mistura Direta:**

Neste método, adicionamos um agente espumante diretamente à mistura de concreto. A reação química entre o agente espumante e os outros componentes da mistura gera bolhas de gás durante a agitação, que aumentam o volume da massa, assim formando a estrutura celular do concreto [7]. A simplicidade do processo é uma vantagem, mas exige controle da proporção do agente espumígeno. A resistência mecânica obtida por esse método geralmente varia entre 1 e 3 MPa [6]. Exceder certos limites pode ter como resultado a fragilidade estrutural e aumentar a ocorrência de eflorescências, devido à porosidade excessiva e à migração de sais solúveis para a superfície.

### **Método de Pré-formação de Espuma:**

Neste método, a espuma é pré-formada, utilizando um gerador de espuma e um agente espumante. A espuma pré-formada é então adicionada à massa de concreto ainda fresca, incorporando o ar [6]. As vantagens incluem maior controle sobre a densidade e a distribuição dos poros, melhorando a resistência e a consistência do produto final. A resistência à compressão com este método pode alcançar valores semelhantes ou ligeiramente superiores ao da mistura direta, com variações entre 2 e 5 MPa, a depender do controle de densidade e dos materiais utilizados [7]. No entanto, exige equipamentos específicos, como o gerador de espuma, que aumenta a complexidade do processo.

## **Concreto Celular Autoclavado (CCA):**

O CCA é um concreto leve e poroso, criando bolhas de ar a partir de uma reação química do pó de alumínio e cal hidratada, é produzido com o uso de autoclaves, o que promove a criação de tobermorita, que contribui para o aumento da resistência [4][5].

De modo geral, devido ao processo de autoclavagem, os blocos apresentam uma distribuição de bolhas de ar mais uniforme. A resistência à compressão do CCA, após o tratamento em autoclave, costuma situar-se entre 3 e 7 MPa, dependendo da densidade e da composição da mistura [4][5]. Embora eficiente, esse método requer infraestrutura robusta, maior consumo energético e risco aos colaboradores da empresa, pois o pó de alumínio é tóxico.

## **Método Utilizando eletrólise:**

Não há nada concreto sobre este método, mas o principal diferencial é ter bolhas de ar controladas de hidrogênio e oxigênio na massa de concreto [2], com o objetivo de melhorar o controle sobre os vazios de ar, tamanho e distribuição das bolhas.

Este método inovador é baseado em eletrólise para gerar bolhas, embora ainda esteja em fase experimental, essa tecnologia tem grande potencial para revolucionar, permitindo a produção de concretos celulares de alta qualidade, com maior eficiência e sustentabilidade.

## **4. CONCLUSÕES**

Concluímos que o concreto celular pode ser fabricado com diferentes métodos e técnicas, cada variação desses métodos altera o resultado final. Além disso, essa facilidade em existir variações, abre espaço para estudos para a inovação na área da alvenaria, apontando um futuro promissor na engenharia dos materiais.

O concreto celular fabricado com agente espumígeno é interessante ajustar o teor de ar abaixo de 25% e escolher adequadamente o tipo de agente espumígeno, essas medidas são essenciais para preservar as propriedades mecânicas e a durabilidade do concreto celular a longo prazo.

Desta forma, estas observações indicam que a melhora contínua das técnicas na produção de concreto celular pode levar a evolução quando se trata de qualidade e na eficiência das construções, trazendo sustentabilidade, pois a sustentabilidade está ligada ao menor uso de matérias-primas, redução de gasto energético para produção, ingredientes e a melhora do isolamento térmico, o que pode reduzir a demanda energética nas edificações que utilizarem de blocos de concreto celular para sua construção.

Assim, nenhuma técnica é superior à outra, cada método é adequado para uma variedade de aplicações em alvenaria e isolamento, propondo soluções para diferentes demandas.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1]ALDRIDGE, D. Introduction to foamed concrete: what, why, and how? *Concrete*, [s.l.], 2005.
- [2]HENRIQUE, Rafael Prado; MAINARDI, Mateus Cassin; ESCREMIN, João Vicente. Geração controlada de gás hidrogênio por eletrólise. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, CONGRESSO DE PROFESSORES E CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO – UNIC, 3., 2016, Canoinhas. Anais [...]. Canoinhas: Universidade do Contestado, 2016. v. 3, n. 1.
- [3]JONES, M. R.; MCCARTHY, A. Utilization of waste glass in foamed concrete. *Cement and Concrete Research*, [S.I.], v. 35, n. 4, p. 109–115, 2005.
- [4]KURTZ, M.; TRETTIN, R. Aerated concrete in construction – properties and applications. *Construction and Building Materials*, [S.I.], v. 36, p. 957–964, 2012.
- [5]NEVILLE, A. M. *Properties of concrete*. 5. ed. London: Pearson, 2011.
- [6]PANESAR, D. K. Cellular concrete properties and the effect of synthetic and protein foaming agents. *Construction and Building Materials*, [S.I.], v. 44, p. 575–584, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.024>.
- [7]RAMAMURTHY, K.; NAMBIAR, E. K. K.; RANJANI, G. I. S. A classification of studies and properties of foamed concrete. *Cement and Concrete Composites*, [S.I.], v. 31, n. 6, p. 388–396, 2009.
- [8]UFSC. Virtuhab. Bloco de concreto celular. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/252149>. Acesso em: 23 out. 2024.
- [9]MIT NEWS. New approach suggests path to emissions-free cement. 2019. Disponível em: <https://news.mit.edu/2019/carbon-dioxide-emissions-free-cement-0916>. Acesso em: 29 maio 2025.

# **INTERNET DAS COISAS E INCLUSÃO SOCIAL: UMA PROPOSTA PARA O MONITORAMENTO REMOTO DE ATIVIDADES FÍSICAS EM CADEIRANTES**

Arthur Sandri Lunkes\*, Charles Rech\*, Mathias Verдум de Almeida\*, André Francisco Caldeira\*,  
Simone Ferigolo Venturini\*\*

## **Resumo**

A evolução tecnológica proporcionou muitas melhorias que agregaram significativamente para a humanidade, como a internet, que vem revolucionando diversos processos, através de uma comunicação praticamente instantânea. O uso da Internet das Coisas veio para automatizar processos, tornando o compartilhamento de informações mais dinâmico. O objetivo deste projeto foi implementar essa melhoria em um protótipo de treino para cadeirantes, permitindo o compartilhamento de dados durante a prática de exercícios em diversos ambientes. Seu desempenho é quantificado e compartilhado simultaneamente em “nuvem” enviando o resultado para um treinador ou profissional da saúde para ser avaliado, visando alcançar novos limites físicos ou para avaliação médica. Com essa melhoria espera-se auxiliar pessoas com deficiência (PcD) entregando um dispositivo que seja acessível, que possa ser usado para exercícios e treinamento em ambientes adequados.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas, Cadeirantes, Exercícios Físicos.

## **Abstract**

The technology evolution brought much improvements that added significantly for humanity, like the internet, which came to revolutionize a lot of processes from industrial to communications. The use of internet of things comes automate processes, making data sharing more dynamic. The objective of this project is to implement this improvement in a training device for wheelchair users, allowing the shared of date during the practice of physicals exercise in differents environments. Your performance is quantified and shared simultaneously with the cloud, the results are sent for a trainer or healthcare professional to rate it, with the objective to reach new physicals limits or to medical evaluation. Through this upgrade is hoped to contribute to the live of the people with disabilities making a prototype that is affordable, that can be used to practicing exercise and training in suitable environments.

**Keywords:** Internet of Things, Wheelchair users, physical exercises.

## **1. INTRODUÇÃO**

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a qualidade de vida possui uma ampla variedade de fatores que a influenciam, envolvendo o bem-estar físico, mental, espiritual, psicológico e emocional<sup>1</sup>. Como exemplo, a obesidade é uma condição que afeta diretamente esses fatores e consequentemente a qualidade de vida, podendo ser prevenida e tratada com exercícios físicos<sup>2</sup>. Além da prevenção da obesidade, a inserção de uma rotina de treinamento, como da natação, mostra melhorias físicas e biológicas, beneficiando a qualidade

\* Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil

\*\* Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria

de vida<sup>3</sup>.

Fora a prática de exercícios físicos, o desempenho que o cadeirante consegue exercer com sua cadeira de rodas, também influencia em sua qualidade de vida<sup>4</sup> podendo ser agravada com a falta de acessibilidade em ambientes públicos, impedindo a sua locomoção e independência.

Logo, fica evidente que a falta de desempenho com a cadeira de rodas agregado com a falta de exercícios físicos influencia negativamente na vida dos cadeirantes, necessitando de meios para se alterar essa realidade. Portanto, visa-se instrumentar o protótipo utilizando a Internet das Coisas para auxiliar na prática de exercícios dos cadeirantes e realizar a quantificação do desempenho físico, seja para desenvolvimento pessoal ou para exames médicos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Normalmente para se medir o desempenho na forma de potência de um carro, é utilizado um dinamômetro, existindo vários modelos na bibliografia. Ele usa as forças contrárias ao movimento do automóvel para medir o desempenho e sua origem varia bastante, desde motores elétricos, uso de correntes de Foucault, atrito, massas iniciais e vazão de água<sup>5</sup>. Estes equipamentos podem ser usados tanto para quantificar o desempenho de máquinas quanto para quantificar o desempenho físico de pessoas, que neste caso seriam cadeirantes<sup>6</sup>.

Para obter a potência, foi desenvolvido um código no Arduino IDE (software para desenvolver códigos de programação para alguns microcontroladores) para um microcontrolador ESP32, monitorando as rotações no eixo do protótipo através de um encoder (sensor que mede rotação), a fim de contabilizar as rotações. Posteriormente, utiliza-se a internet para mandar os dados para uma planilha do google, proporcionando o acesso rápido.

Através da implementação no microcontrolador, é medido a variação da posição em função do tempo, a fim de achar a velocidade e a variação da mesma, para obter a aceleração. Para o cálculo do torque, é multiplicada a aceleração angular e a carga resistiva total (atrelada com a inércia do rolo e da massa sob o dinamômetro) e, para chegar na potência, é multiplicado o torque pela velocidade angular<sup>7</sup>.

O desempenho físico, além da potência, pode ser medido pelo número de MET (equivalente metabólico). Durante a atividade física, o corpo gasta energia proporcional à massa corporal e ao consumo de oxigênio, relação que define o MET<sup>8</sup>.

Estudos determinaram o gasto energético médio por atividade (1 kcal/kg/hora), permitindo a comparação do desempenho individual. Pessoas com deficiência motora apresentam gasto energético diferente (MET WC = 0,992 kcal/kg/hora)<sup>9</sup>.

**Tabela 1 - Gastos energéticos**

Código da atividade	MET WC	Descrição da atividade
90165	2.4	Treadmill Wheeling 2.2-2.9 km/h
90166	2.8	Treadmill Wheeling – 3.0-3.9 km/h
90167	3.4	Treadmill Wheeling – 4.0-4.9 km/h
90168	3.4	Treadmill Wheeling –5.8 km/h
90169	3.5	Treadmill Wheeling –6.0 km/h
90170	4.2	Treadmill Wheeling –7.0 - 7.9 km/h

**Fonte:** Compendium of Physical Activities

Como mostrado na tabela 1, o número de MET é conhecido para esses intervalos, ou seja, é necessário ter um equipamento à parte para medir o número de MET por meio da respiração, comparando o valor do usuário em relação à média. Desse modo, através dos dois valores é possível ter o desempenho do cadeirante quantificado, tendo assim, conhecimento do seu nível físico.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos motivos que levaram o projeto a escolher o google planilhas para servir de armazenamento é porque a maioria dos servidores disponíveis para IoT (internet das coisas) é pago. Entretanto, alguns possuem uma versão gratuita com restrições e o google planilhas possuía uma limitação diária razoável. Além disso, é de fácil acesso e prático para a manipulação dos dados.

No primeiro modelo, foi utilizado um ESP32 para fazer o processo de manipular e enviar, citado anteriormente, e o resultado é mostrado na tabela 2. Entretanto, ocorreu um atraso significativo no envio dos dados, evidenciado pelo tempo em que cada dado chegou na planilha. Esse atraso foi causado pelo próprio funcionamento, ocasionando a perda de muitas informações.

*Tabela 2 - Resultados apenas do ESP32*

Tempo (s.10 <sup>-3</sup> )	Velocidade (RPM)	Aceleração (rad/s <sup>2</sup> )	Torque (N/m)	Potência (W)
6875	0	2,13784	0,45597	0,00049
11372	0	0	0	0
12089	0	0	0	0
12589	-1,166	-122,1731	-26,05767	1,5918
13089	-24,250	-2417,2810	-515,56964	623,1383
13589	-40,500	-1701,6959	-362,94614	308,8119

Para evitar esse problema, foi utilizado um computador para armazenar os dados temporariamente durante a etapa de leitura e, quando terminado os ensaios, os valores seriam novamente enviados para o ESP32 armazená-los na nuvem. Logo, os dados são compartilhados para o computador por meio da comunicação serial e voltam da mesma maneira. O resultado é apresentado na tabela 3.

*Tabela 3 - Resultados com comunicação serial*

Tempo (s.10 <sup>-3</sup> )	Velocidade (RPM)	Aceleração (rad/s <sup>2</sup> )	Torque (N/m)	Potência (W)
3.894,00	0,00	0,00	-30,10	41,59
3.924,00	0,00	0,00	45,38	0,00
3.954,00	19,44	22,18	0,00	0,00
*	8,33	14,54	*	*
4.780,00	22,22	-48,48	4,75	5,65
4.810,00	8,33	-14,54	-15,84	45,38

Por mais que o tempo esteja coerente com a diferença estabelecida no código para calcular a velocidade, outro problema que surgiu foi a perda de dados na comunicação serial. Essa perda fica evidente na tabela 3, na linha indicada com asterisco (\*).

Ainda que a comunicação não tenha funcionado corretamente é possível identificar melhorias que possam solucionar o problema, como a utilização de um microcontrolador com um cartão de memória que poderia armazenar os dados, descartando a comunicação serial. Outra futura integralização é a de um equipamento para medir o número de MET para tornar completa a quantificação do desempenho físico.

#### **4. CONCLUSÕES**

O protótipo do dispositivo para exercícios evoluiu significativamente, agora com sistema de quantificação de desempenho físico e comunicação via Internet das Coisas. As limitações encontradas estão sendo corrigidas para que, em breve, possa ser produzido e gerar impacto social positivo na vida dos cadeirantes.

## **5. REFERÊNCIAS**

- 1.WHOQOL- WHOQOL user manual (p. 11) - **Division of Mental Health and Prevention of Substance Abuse World Health Organization** - 2012.
- 2.MOTA, Gustavo R. da; ZANESCO, Angelina. Leptina, ghrelina e exercício físico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 51, p. 25-33, 2007.
- 3.MEDEIROS, Marina dos Santos de et al. **Estudo de caso de um programa individualizado de natação em cadeirante portador de poliomielite: análise de parâmetros bioquímicos, qualidade de vida e capacidade física funcional**. Revista Brasileira de Ciências do Esporte, v. 40, p. 94-99, 2018.
- 4.GOMES, F. Aline; BAMBERG, Maria Luiza; MACHADO, B. Renata; NEDEL, S. Sheila; FILIPPIN, T. Nadiesca; MARTINS, S. Juliana. **Habilidade de desempenho em cadeira de rodas afetam a qualidade de vida de pessoas com deficiência**. Revista Disciplinarum Scientia,v. 18, n. 3, 2017.
- 5.GARCÍA, Luis Perchín. **Diseño Mecánico de un banco de potencia para la prueba del prototipo** de la Shell Eco-marathon. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso.
- 6.RECH, Charles et al. **Dinamômetro Inercial para Avaliação do Desempenho Físico de Cadeirantes**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 2, p. 12834-12849, 2021.
- 7.STRELOW, Arthur Emilio Missio. Dimensionamento de um dinamômetro inercial para PCD cadeirantes. 2021.
- 8.COLLINS, Eileen G. et al. **Energy cost of physical activities in persons with spinal cord injury**. Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 42, n. 4, p. 691-700, 2010.
- 9.**Compendium of Physical Activities**, adult wheelchair compendium, 2024

# **CONCRETO CELULAR: REDUZINDO PEGADAS ECOLÓGICAS COM RESÍDUOS INDUSTRIAS E AGROINDUSTRIAS**

Marcus Paulo de Oliveira\*; Arthur Batista Bromirsky\*; Larissa Friedrich\*; Luísa Dias Lopes\*;  
Maria Cecília Caldeira Vieira\*; Mateus Amancio Correa Neres\*; Glauber Rodrigues de  
Quadros\*; Patrícia Regina Ebani\*; Lucas Lambert\*; Jocenir Boita\*.

## **Resumo**

Este trabalho aborda a busca por alternativas sustentáveis na construção civil frente aos impactos ambientais da produção tradicional de cimento. Apresenta o concreto celular (CA) como solução inovadora, utilizando resíduos agroindustriais e industriais (como cinzas, rejeitos minerais e cerâmicas recicladas) para substituir agregados convencionais (areia). Discute-se o potencial técnico e econômico desse material, e a contribuição para a redução de descarte inadequado de resíduos. O estudo explora ainda metodologias de produção, vantagens comparativas e alinhamento com princípios de sustentabilidade global, oferecendo insights para uma construção civil mais limpa e eficiente.

Palavras chaves: Concreto Aerado; Cinza da Casca de Arroz; Cerâmica vermelha; Pó de Ágata.

## **Abstract**

This work addresses the search for sustainable alternatives in civil construction to counter the environmental impacts of traditional cement production. It introduces aerated concrete (CA) as an innovative solution, utilizing agro-industrial and industrial waste (such as ashes, mineral tailings, and recycled ceramics) to replace conventional aggregates (sand). The technical and economic potential of this material is discussed, along with its contribution to reducing improper waste disposal. The study further explores production methodologies, comparative advantages, and alignment with global sustainability principles, providing insights for a cleaner and more efficient construction industry.

Keywords: Aerated Concrete; Rice Husk Ash; Red Ceramic; Agate Powder.

## **1. INTRODUÇÃO**

Desde que o cimento se consolidou como base da construção civil, sua produção tem sido associada a impactos ambientais significativos, sendo responsável por 5% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, conforme dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) em 2010. Apesar de o setor no Brasil ter reduzido 18% das emissões de carbono entre 1990 e 2021, ainda persistem 572 kg de CO<sub>2</sub> emitidos por tonelada de cimento produzida anualmente – valor abaixo da média mundial de 611 kg CO<sub>2</sub>/t anual (SNIC, 2022). Diante disso, a solução não está na eliminação do material, mas na busca por inovações tecnológicas que integrem eficiência produtiva, aplicação prática e redução de danos ambientais.

Além dos impactos da produção de cimento, o descarte inadequado de resíduos industriais agrava questões ambientais. No Estado de São Paulo, por exemplo, 0,8 a 1,3 milhão de toneladas anuais de cerâmica vermelha defeituosa são descartadas (Garcia et al., 2015). Setores como a lapidação de pedras geram rejeitos como pó de ágata (AG) (Passuello et al., 2019), enquanto

---

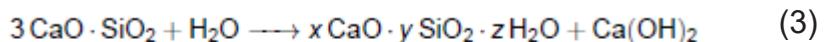
\* Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (LSCnano), Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

a agroindústria produz cinza de casca de arroz (CCA) (20% de todo o volume após queima), frequentemente destinada a aterros, contaminando solo, água e ar (Pouey, 2006). A ausência de valor econômico atribuído a esses subprodutos incentiva práticas de descarte inadequado, já que se mostram financeiramente mais vantajosas e menos burocráticas.

Perante estas problemáticas, o CA é um meio que une ambas as soluções em um novo produto leve e resistente, onde a baixa quantidade de cimento e a possibilidade do uso de rejeitos como sua matéria-prima fazem com que o torne um material de propriedades superiores a seus semelhantes. No estudo de Silva et al. (2018), onde a produção do CA em diferentes dosagens de seu agente espumígeno é evidenciado não só a permanência, mas também a melhora de suas principais características como o baixo peso, boa resistência e trabalhabilidade. Portanto, configurando-se como o elemento diferenciador e estruturante do CA, o agente espumante é o principal responsável. Com isso, percebemos a sustentabilidade e a vantagem econômica da produção do CA. Apresentados os desafios ambientais da produção de cimento e do descarte inadequado de resíduos industriais, bem como o potencial do CA como solução, o próximo capítulo detalhará seu princípio básico e metodologia de produção necessária para seu funcionamento.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A presença de microbolhas de ar, uniformemente distribuídas por toda a sua matriz, confere ao CA sua principal distinção em relação ao concreto convencional. Para isso, foi utilizado agente espumante que deve fazer a reação química capaz de liberar algum tipo de gás, como o hidrogênio, durante a reação química. O método mais comum é a utilização do pó fino de alumínio como o agente espumante; a reação com a presença de água e cimento faz com que bolhas de hidrogênio sejam formadas e liberadas dentro da massa fresca. E, para isso, segundo Ferreira (1986), é necessário que ocorra a seguinte reação:



E ainda a produção do CA mais barata pode ser feita com tipos de cimento mais acessíveis, ou, em outras palavras, de baixa qualidade, que são aqueles com pouca concentração de hidróxido de cálcio. É então adicionada à mistura a quantidade de espumante correspondente à proporção (Ferreira, 1986).

A escolha dos agregados segundo Ferreira (1986), podem ser de diferentes tipos, sejam agregados industrializados leves expandidos ou outros agregados naturais e de baixo peso, desde que na escolha do agregado tenha sido considerado seu peso específico, que deve ser inferior ao do CA, pois caso contrário a formação do concreto dará origem a outro tipo de concreto. Desse modo, os agregados escolhidos foram inspirados nos estudos de Rosso et al. (2018), Pedro (2017) e Ludwing (2014), que respectivamente são a cerâmica vermelha triturada, AG e CCA.

Com isto, foram realizados 3 experimentos, onde em cada um foi utilizado um agregado distinto, com o objetivo de avaliar seu crescimento. O método de fabricação foi o mesmo para cada experimento, incluindo a quantidade de seus respectivos ingredientes (com exceção do

CCA, que devido a sua baixíssima densidade, foi realizada então uma comparação de volume seco), dos quais são: água, cimento, pó de alumínio, areia, cal e agregado. A mistura dos componentes precisou ser dividida em duas etapas: a primeira é a mistura dos componentes secos (exceto o pó de alumínio) e separada em um recipiente distinto, já a segunda parte foi a mistura da água à temperatura ambiente com o pó de alumínio, também separado em outro local. Por conseguinte, os dois reagentes foram incorporados e misturados por aproximadamente 20 segundos, conforme testes anteriores.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nos três experimentos, é possível observar o crescimento em todos os diferentes agregados, indicando assim que a aplicabilidade desses agregados, variando apenas seu valor de viés econômico envolvido em seu transporte. O tempo de cura não teve variações significativas, entretanto, este trabalho avaliou blocos CA que foram secos em natura. Desse modo, é possível inferir que esta estimativa de tempo de cura pode ter sido influenciada pelo ambiente.

Considerando a versatilidade na incorporação de diferentes agregados, mantendo características essenciais como o peso e a sustentabilidade do processo. Essa adaptabilidade não apenas reforça o potencial do material como uma alternativa verde na construção civil, ao permitir o uso de resíduos industriais ou recursos locais, mas também destaca sua capacidade de atender a demandas variadas de projetos e recursos disponíveis.

### **4. CONCLUSÕES**

O desenvolvimento do CA apresentado neste estudo demonstra ser uma alternativa viável e sustentável para reduzir os impactos ambientais associados à produção de cimento e ao descarte inadequado de resíduos industriais. A substituição de agregados tradicionais por insumos, não apenas minimiza a dependência de recursos naturais, mas também transforma passivos ambientais em componentes estratégicos para a construção civil.

Em síntese, este estudo comprova o potencial técnico do concreto celular e destaca seu papel estratégico como material de transição para uma construção civil sustentável e eficiente, em pleno alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. A inovação está em sua capacidade de converter desafios ambientais em soluções viáveis, abrindo caminho para um futuro em que sustentabilidade e alto desempenho andam lado a lado.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] ALI, T.; SAAND, A.; BANGWAR, D. K.; BULLER, A. S.; AHMED, Z. Mechanical and durability properties of aerated concrete incorporating rice husk ash (RHA) as partial replacement of cement. *Crystals*, v. 11, n. 6, p. 604, 2021. DOI: 10.3390/crust11060604. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/crust11060604>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- [2] CASTRO, A. L.; SANTOS, R. F. C.; GONÇALVES, K. M.; QUARCIANI, V. A. Influence of the particle size and reactive silica content in the pozzolanic activity of a sugar cane straw ash. *Cerâmica*, v. 63, n. 366, p. 236-243, 2017. DOI: 10.1590/0366-69132017633652036. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0366-69132017633652036>. Acesso em: 25 fev 2025.
- [3] FERREIRA, Oswaldo Aguiar Rocha. *Concretos Leves: o concreto espumoso*. 1986. X f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-30072024-073022/publico/OswaldoAguiarRochaFerreiraDissert.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- [4] GARCIA, E.; CABRAL JUNIOR, M.; QUARCIANI, V.A.; CHOTOLI, F. F. Estudo de propriedades tecnológicas de materiais cerâmicos com incorporação de resíduos industriais. *Cerâmica*, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 1847-1854, 2015. DOI: 10.1590/0366-69132015613581847. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/fJtfrdH8GGXxsZHp7rHYwJH/>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- [5] LUDWIG, Douglas Giongo. *Concreto com adição de cinza de casca de arroz*. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, Lajeado, 2014. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/79f6fb2-5281-4b4ba45d-2a1061ebaa9e/content>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- [6] PASSUELLO, Ana Carolina et al. Avaliação de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos com substituição parcial de agregados por resíduos de construção. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 24, n. 2, e-0697, 2019. DOI: 10.1590/S1517-707620190002.0697. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/Zd7J9JybSMnyMPqknBBRDvs/?lang=pt#>. Acesso em: 25 fev 2025.
- [7] PEDRO, Rudimar. *Produção de blocos de concreto celular usando espumígeno de ácidos graxos de coco e resíduos de pedras roladas de ágata*. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Orientadora: Rejane Maria Candiota Tubino; Coorientador: Rodrigo de Almeida Silva. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/163466/001022293.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 fev 2025.
- [8] PONEY, Maria Tereza Fernandes. *Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico*. 2006. 345 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Orientadora: Denise C. Coitinho Dal Molin; Coorientador: Carlos Pérez Bergmann. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7733/000554896.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 fev 2025.

[9] ROSSO, F. et al. Desenvolvimento de bloco celular cerâmico usando pó de alumínio como agente gerador de poros. *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 377-383, out./dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/2176-1523.12345>. Acesso em: 24 fev. 2025.

[10] SILVA, Cledson André de Oliveira et al. Caracterização de compósitos cimentícios com incorporação de resíduos industriais. *Matéria (Rio de Janeiro)*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, e-0325, 2017. DOI: 10.1590/S1517-707620170001.0325. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/z8qQ9d5ptG5pvbDF3m9ZhDt/?lang=pt>. Acesso em: 25 fev 2025.

[11] SNIC (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CIMENTO). Relatório Anual 2010. 2010. Disponível em: [http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio\\_anual/rel\\_anual\\_2010.pdf](http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2010.pdf). Acesso em: 25 fev. 2025.

[12] SNIC (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE CIMENTO). Relatório Anual 2022. 2022. Disponível em: [http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio\\_anual/rel\\_anual\\_2022.pdf](http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2022.pdf). Acesso em: 25 fev. 2025.

[13] WERLE, Ana Paula; KAZMIERCZAK, Claudio de Souza; KULAKOVSKI, Marlova Piva. Carbonatação em concretos com agregados reciclados de concreto. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. e-0015, 2011. DOI: 10.1590/S1678-86212011000200015. Disponível em:<https://www.scielo.br/j/ac/a/r5R8dv3YzSKrNTjTny4yvBk/?lang=pt>. Acesso em: 25 fev. 2025.

## **ROBÓTICA NA MEDICINA**

Davi Cirolini Milbradt\*, César Henrique Silveira Engelmann\*, Luiza Simon Machado\*,  
Maria Valentina Dias Ausani\*, Manuela Sanmartin Fontoura\*

### **Resumo**

A Robótica é um ramo da engenharia que envolve a concepção, projeto, fabricação e operação de robôs com o objetivo de criar máquinas inteligentes que possam auxiliar o ser humano de diversas maneiras em várias áreas, dentre elas, a medicina. Desde o surgimento de robôs na medicina, por volta de 1985, muitas aplicações vêm sendo desenvolvidas para facilitar cirurgias, exames e a detecção de doenças. Dentre as vantagens da robótica na medicina estão os robôs que permitem que cirurgiões façam operações delicadas com movimentos precisos e controlados. Há também outras vantagens da robótica em cirurgias como velocidade, precisão, repetição, confiabilidade e boa relação custo/benefício. Desta forma, este trabalho tem como objetivo a construção de um protótipo de robô, mais precisamente, um braço mecânico com movimentos que simulem a execução de funções de auxílio numa cirurgia. Para isso, foram utilizados componentes eletrônicos como Arduino Uno (cérebro do robô), Protoboard, fios, cabos, servos motores e o software do Arduino para a programação. Também foram necessários materiais como madeira, cano de PVC, cola e papel para a construção de uma base para a fixação do braço mecânico. Pretende-se, com essa atividade educativa, explorar e ilustrar a importância da robótica na área da saúde e seu impacto na medicina da atualidade, melhorando a qualidade de vida de pacientes, reduzindo tempo de hospitalização e diminuição de erros durante procedimentos invasivos. Esses avanços aumentam a qualidade do atendimento, sem substituir o toque humano da medicina.

Palavras-chave: robótica, medicina, cirurgia, programação, inovação.

### **Abstract**

Robotics is a branch of engineering that involves the conception, design, manufacture and operation of robots with the aim of creating intelligent machines that can assist humans in various ways in various areas, including medicine. Since the emergence of robots in medicine, around 1985, many applications have been developed to facilitate surgeries, examinations and disease detection. Among the advantages of robotics in medicine are robots that allow surgeries to perform delicate operations with precise and controlled movements. There are also other advantages of robotics in surgeries such as speed, precision, repetition, reliability and good cost/benefit ratio. Thus, this work aims to build a prototype robot, more precisely, a mechanical arm with movements that simulate the execution of assistive functions in surgery. To achieve this, electronic components such as Arduino Uno (the robot's brain), breadboard, wires, cables, servo motors and Arduino software were used for programming. Materials such as wood, PVC pipe, glue and paper were also needed to build a base for attaching the mechanical arm. The aim of this educational activity is to explore and illustrate the importance of robotics in the health field and its impact on modern

---

\* Colégio Sinodal Barão do Rio Branco, Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil

medicine, improving the quality of life of patients, reducing hospital stays and reducing errors during invasive procedures. These advances increase the quality of care without replacing the human touch of medicine.

**Keywords:** robotics, medicine, surgery, programming, innovation.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento de robôs na medicina, por volta de 1985, muitas aplicações vêm sendo desenvolvidas, revolucionando procedimentos cirúrgicos, exames diagnósticos e detecção de doenças. Na sequência, mencionam-se diferentes aplicações relacionadas ao avanço da robótica na medicina.

Um exemplo é o robô Da Vinci, que permite que cirurgiões façam operações delicadas com movimentos precisos e controlados. Outro exemplo são os robôs assistentes em hospitais, que ajudam a transportar medicamentos ou amostras, liberando tempo para os profissionais cuidarem diretamente dos pacientes. Outras vantagens da utilização de robôs em cirurgias são velocidade, precisão, repetição, confiabilidade e boa relação custo/benefício. Um exemplo desta aplicação é um braço robótico que sustenta um endoscópio com uma câmera durante uma cirurgia e não sofre nenhuma fadiga, não apresentará tremores e realizará o seu trabalho adequadamente.

Em uma cirurgia robótica o robô é quem executa o procedimento cirúrgico controlado por um programa de computador. Neste caso, o cirurgião participa no planejamento do procedimento, mas é um mero observador na execução do mesmo. Com isso assegura-se, entre outras coisas, que não existirão desvios na trajetória planejada, tem-se alta segurança com velocidade e manobras totalmente precisas<sup>1</sup>.

A telecirurgia implica um cirurgião operando de uma unidade remota, podendo ser de uma sala ao lado ou a milhares de quilômetros. Isso é feito através de braços robóticos e mediante uma interface que combina retroalimentação visual, auditiva e tátil. Os movimentos das mãos do cirurgião são reproduzidos fielmente pelos braços mecânicos. O cirurgião tem inclusive a sensação de tato e resistência dos tecidos que o braço mecânico está manipulando.

Outro exemplo de aplicação da robótica está presente na realização da endoscopia, que desde 2001 é utilizado o robô “pílula”, que faz todo o caminho pelo sistema digestivo do paciente sem a necessidade de anestesia ou intervenção humana. Esse robô faz várias fotos de todo o sistema digestivo, permitindo o diagnóstico pelo médico responsável.

Embora a robótica na medicina tenha avançado muito e com perspectivas de um futuro promissor, a tecnologia encara obstáculos com os custos de produção. Mesmo com o alto custo, a tecnologia robótica para medicina veio para ficar, trazendo muitos benefícios para os tratamentos de saúde e qualidade de vida para os pacientes.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro robô programável, Unimate, foi criado em 1961 para mover peças de metal escaldante de uma máquina de fundição, tornando-se o primeiro braço robótico a ser produzido em massa para automação de fábricas<sup>2</sup>. Inspirados nesta criação e com o objetivo de demonstrar como a robótica pode ser útil na medicina, foi realizada a construção de um braço mecânico que

simula movimentos que auxiliam num procedimento cirúrgico, utilizando uma boneca de pano.

Inicialmente, o objetivo era construir um braço robótico completo, incluindo uma mão com todos os cinco dedos, porém, devido a complexidade e o alto custo do projeto, não foi possível realizar a construção desse protótipo. Então, foi decidido que, para representar uma mão robótica, seria construído um braço mecânico com uma espécie de pinça que pudesse retirar uma peça “infectada” e colocar a peça “saudável”. Para a construção dessa pinça, foi utilizado um Arduino Uno<sup>1</sup>, que consiste de um microcontrolador que controla todo o robô, uma protoboard<sup>2,3</sup> fios de diferentes cores e tamanhos, placas de madeira, um cano PVC e papelão.



*Protótipo construído  
Fonte: os autores*

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A atividade educativa realizada através da construção do protótipo do braço mecânico teve como meta ilustrar de forma simples a importância da robótica na área da saúde e seu impacto na medicina nos dias atuais.

Através da pesquisa bibliográfica realizada para a execução deste trabalho, verificaram-se inúmeras aplicabilidades da robótica na medicina, trazendo mais inteligência à prática em saúde. Com ampla capacidade de avaliar, agrupar e classificar dados, os robôs possibilitam a simplificação e otimização da rotina médica, resultando em decisões médicas e de gestão feitas de forma mais assertiva.

Entretanto, não se podem ignorar os desafios enfrentados para sua ampla utilização, como o alto custo e a necessidade de especialização, sendo importante avaliar cuidadosamente cada caso para determinar se a cirurgia robótica é a melhor opção<sup>3</sup>.

Ressalta-se que a tecnologia não substitui e nunca substituirá o contato ou o conhecimento humano, mas deve ser usada a favor de melhorar o processo, tornando-o mais seguro e eficaz.

### 4. CONCLUSÕES

A robótica na medicina tem revolucionado a forma como os procedimentos médicos são realizados, trazendo avanços significativos na precisão, segurança e eficiência dos tratamentos. Os robôs cirúrgicos permitem operações minimamente invasivas, reduzindo o tempo de recuperação dos pacientes e minimizando riscos de infecção. Além disso, a automação na medicina tem aprimorado diagnósticos, tornando-os mais rápidos e precisos, por meio de inteligência artificial e aprendizado de máquina.

<sup>1</sup> Arduino Uno é uma placa que permite controlar luzes, motores, sensores e outros componentes eletrônicos.  
<sup>2</sup> Protoboard é uma placa usada para montar circuitos eletrônicos sem precisar soldar.

Outro grande benefício da robótica é sua aplicação na reabilitação, com próteses inteligentes e exoesqueletos que melhoram a mobilidade de pacientes com deficiência física.

Além disso, robôs denominados assistivos ajudam idosos e pessoas com mobilidade reduzida em suas rotinas diárias. A telecirurgia, possibilitada pela robótica, permite que especialistas operem pacientes a quilômetros de distância, democratizando o acesso a procedimentos médicos avançados.

Apesar dos desafios, como altos custos e necessidade de treinamento especializado, a robótica na medicina permanece evoluindo rapidamente. O futuro promete avanços ainda maiores, tornando os tratamentos mais acessíveis, eficazes e personalizados. Dessa forma, a robótica contribui para a medicina moderna, promovendo mais qualidade de vida e inovação na área da saúde.

## 5. REFERÊNCIAS

1. LISBOA, Bárbara T. **Robótica e medicina.** Disponível em [https://ufsj.edu.br/portalrepositorio/File/orcv/materialdeestudo\\_roboticaemedicina.pdf](https://ufsj.edu.br/portalrepositorio/File/orcv/materialdeestudo_roboticaemedicina.pdf) Acesso em 19/10/2024.
2. **Robótica: O que é, histórico, tipos e aplicações.** Engenharia Híbrida, 2022. Disponível em: <https://www.engenhariahíbrida.com.br/post/robotica-o-que-ehistorico-tipos-aplicacoes>. Acesso em 19/10/2024.
3. **Como a Robótica está mudando a Medicina.** GRD1. Conecta, 2020. Disponível em: <https://gr1d.io/2022/03/24/entenda/#:~:text=O%20resultado%20de%20utilizar%20rob%C3%B4s,em%20cirurgias%20vem%20crescendo%20muito>. Acesso em 18/10/2024.

# MATERIAIS AVANÇADOS PARA APLICAÇÕES EM ELETRÔNICA E ENGENHARIA MECÂNICA: INOVAÇÕES EM CONDUTIVIDADE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Matheus Amancio Correa Neres\*, Arthur Batista Bromirsky\*, Larissa Friedrich\*, Luísa Dias Lopes\*, Marcus Paulo de Oliveira\*, Maria Cecília Caldeira Vieira\*, Glauber Rodrigues de Quadros\*, Lucas Lambert\*, Patricia Regina Ebani\* Jocenir Boita\*

## RESUMO

Este capítulo realiza uma análise teórica de um estudo que exporou o potencial do PVA (Poliálcool Vinílico) dopado com partículas de ferro para criar materiais com propriedades condutivas e sensoriais, evidenciando que a incorporação de nanopartículas de ferro pode transformar o PVA em um material condutor/semitrizador, com resistência elétrica variável sob estímulos como luz infravermelha e capacidade de geração de energia, abrindo caminho para aplicações inovadoras, como sensores, células solares e eletrônicos flexíveis, utilizando métodos de síntese acessíveis e materiais ambientalmente seguros. Este estudo apresenta possibilidades de avanço na pesquisa, sugerindo novas perspectivas para o desenvolvimento do material, como a melhoria da condutividade e da eficiência energética por meio da combinação do PVA com outros materiais, como grafeno ou nanotubos de carbono, além da investigação da impressão 3D para fabricação de componentes eletrônicos integrados, eliminando a necessidade de soldagem e reduzindo custos. Outra proposta é a exploração de propriedades adicionais, como biodegradabilidade e resposta a múltiplos estímulos (luz, calor, pressão), visando aplicações em wearables e dispositivos médicos, transformando o PVA dopado em uma solução versátil e sustentável para os desafios tecnológicos do futuro.

**Palavras-chave:** Polímeros condutivos, PVA dopado, Avanços tecnológicos.

## ABSTRACT

This chapter conducts a theoretical analysis of a study that explored the potential of PVA (Polyvinyl Alcohol) doped with iron particles to create materials with conductive and sensory properties, demonstrating that the incorporation of iron nanoparticles can transform PVA into a conductor/semitrizator material, with electrical resistance that varies under stimuli such as infrared light and the ability to generate energy, paving the way for innovative applications such as sensors, solar cells, and flexible electronics, using accessible synthesis methods and environmentally safe materials. This study presents possibilities for advancing research, suggesting new perspectives for material development, such as optimizing conductivity and energy efficiency by combining PVA with other materials like graphene or carbon nanotubes, as well as investigating 3D printing for the fabrication of integrated electronic components, eliminating the need for soldering and reducing costs. Another proposal is the exploration of additional properties, such as biodegradability and response to multiple stimuli (light, heat, pressure), targeting applications in wearables and medical devices, transforming doped PVA into a versatile and sustainable solution for future technological challenges.

**Keywords:** Conductive polymers, Doped PVA, Technological advancements.

\* Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (LSCnano), Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia, enquanto campo de estudo, teve seu marco conceitual na década de 1950, com a palestra “There's Plenty of Room at the Bottom”, proferida pelo físico Richard Feynman. Nessa ocasião, Feynman propôs a manipulação de materiais em escala atômica, abrindo caminho para o desenvolvimento de tecnologias que exploram as propriedades únicas dos nanomateriais. Desde então, a nanotecnologia tem revolucionado diversas áreas, incluindo a ciência dos materiais, a medicina e a eletrônica, permitindo a criação de estruturas com funcionalidades inéditas e desempenho superior.

Nesse contexto, o estudo intitulado *Multifunctional polymers: a new frontier in conductivity and energy generation for advanced electronics*, desenvolvido por Franco et al. (2025), explora o potencial de polímeros multifuncionais, em particular o Poliálcool Vinílico (PVA) dopado com partículas de ferro, para aplicações em eletrônica avançada. A pesquisa investigou a transformação do PVA, tradicionalmente um isolante elétrico, em um material condutor/semitrizador por meio da incorporação de nanopartículas de ferro. Essa abordagem permitiu a criação de um material flexível, de baixo custo e ambientalmente seguro, com propriedades condutivas e sensoriais.

O estudo foi conduzido utilizando técnicas avançadas de caracterização, como difração de raios X (XRD) e microscopia eletrônica de varredura (SEM), que confirmaram a formação de estruturas nanométricas de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e ferro metálico (Fe) no material dopado. Essas estruturas conferiram ao PVA propriedades únicas, como a variação da resistência elétrica sob estímulos de luz infravermelha e a capacidade de geração de energia. Tais características abrem novas possibilidades para aplicações em sensores, células solares e dispositivos eletrônicos flexíveis, alinhando-se às demandas por tecnologias sustentáveis e de alto desempenho.

Além disso, o estudo propõe o aperfeiçoamento do material por meio da combinação do PVA com outros nanomateriais, como grafeno e nanotubos de carbono, visando melhorar sua condutividade e eficiência energética. Outra perspectiva explorada é a utilização de impressoras 3D para fabricação de componentes eletrônicos integrados, eliminando a necessidade de soldagem e reduzindo custos de produção. Essas propostas destacam o potencial do PVA dopado como uma solução versátil e inovadora para os desafios tecnológicos do futuro.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Este trabalho realiza uma análise crítica e prospectiva do estudo de Franco et al. (2025), que investigou o potencial do Poliálcool Vinílico (PVA) dopado com partículas de ferro para aplicações em eletrônica avançada. O trabalho original evidenciou que a incorporação de nanopartículas de ferro confere ao PVA propriedades condutivas na faixa semicondutora, além de sensibilidade à luz infravermelha, com possíveis aplicações em sensores e dispositivos flexíveis. A metodologia deste capítulo baseia-se em uma revisão sistemática da literatura, identificando oportunidades para expandir e aprimorar as descobertas de Franco et al. (2025), respaldadas por pesquisas consolidadas na área de polímeros funcionais.

Um dos avanços propostos é a melhoria da condutividade elétrica do PVA dopado, que, embora promissora, apresenta resistência superior à de polímeros condutivos convencionais. Estudos como o de Kim et al. (2021) sugerem que a adição de nanotubos de carbono ou grafeno à matriz polimérica pode reduzir a resistência em até 80%, criando redes condutivas interconectadas. Essa abordagem, já validada em sistemas como o polipirrol, poderia ser adaptada ao PVA,

mantendo sua flexibilidade e baixo custo. Além disso, a literatura aponta que a funcionalização do PVA com grupos químicos específicos, como sulfônicos, ampliaria sua resposta a múltiplos comprimentos de onda, viabilizando sensores multiespectrais para monitoramento ambiental ou diagnóstico médico (ZHANG et al., 2022).

Outro aspecto a ser explorado é a escalabilidade do método de síntese. Franco et al. (2025) utilizaram técnicas acessíveis, como difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura (MEV), mas não abordaram a viabilidade de produção em larga escala. Trabalhos recentes destacam que a impressão 3D de polímeros condutivos, combinada com plastificantes biodegradáveis, podem tornar mais eficiente a fabricação de componentes eletrônicos personalizados, reduzindo custos e resíduos (Lewis et al., 2021). Adicionalmente, a substituição parcial de partículas de ferro por nanopartículas de celulose, derivadas de biomassa, melhoraria a biodegradabilidade do compósito, alinhando-o a princípios de sustentabilidade (ABIDIAN et al., 2022).

A integração do material em dispositivos reais também merece maior aprofundamento. Franco et al. (2025) mencionaram aplicações em eletrônicos flexíveis, mas não exploraram testes de durabilidade mecânica ou estabilidade térmica. A literatura indica que a combinação do PVA condutivo com substratos de silicone ou tecidos inteligentes pode viabilizar wearables, como roupas com sensores de temperatura, desde que submetido a protocolos de validação já estabelecidos para polímeros funcionais (GUPTA et al., 2022; PARK et al., 2021).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou o potencial do PVA dopado com partículas de ferro, explorado por Franco et al. (2025), como material multifuncional para eletrônica avançada. Os resultados do estudo original destacaram sua condutividade semicondutora e resposta à luz infravermelha, abrindo caminho para sensores flexíveis e dispositivos de geração de energia. No entanto, lacunas como resistência elétrica elevada e ausência de testes de escalabilidade apontam para oportunidades de aprimoramento.

A combinação do PVA com grafeno ou nanotubos de carbono (KIM et al., 2021) surge como estratégia para reduzir a resistência e ampliar a eficiência energética. Já a impressão 3D (LEWIS et al., 2021) pode viabilizar fabricação personalizada de componentes, reduzindo custos e resíduos. A substituição parcial de partículas de ferro por nanopartículas de origem biológica, como celulose (ABIDIAN et al., 2022), alinharia o material à economia circular, enquanto a integração em substratos flexíveis (GUPTA et al., 2022) permitiria aplicações em wearables e dispositivos médicos.

Embora teóricas, essas propostas oferecem um roteiro claro para pesquisas futuras, equilibrando inovação e sustentabilidade. O PVA dopado ilustra como materiais acessíveis podem impulsionar tecnologias emergentes, desde que acompanhados de investimentos em aperfeiçoamento e validação prática. Em um cenário de demandas globais por eletrônicos verdes, este trabalho reforça a urgência em unir funcionalidade, escalabilidade e responsabilidade ambiental.

#### **4. AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de expressar seus sinceros agradecimentos ao Professor Doutor Jocenir Boita pela orientação técnica, suporte e contribuições valiosas ao longo deste trabalho. Agradecemos também ao Laboratório de Síntese e Caracterização de Nanomateriais (LSCnano) pela infraestrutura e recursos disponibilizados para a realização das pesquisas. Reconhecemos o apoio financeiro e institucional do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), fundamental para o desenvolvimento deste projeto. Por fim, manifestamos nossa gratidão à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelo ambiente acadêmico propício à pesquisa e inovação.

## 5. REFERÊNCIAS

- ABIDIAN, M. R. et al. **Sustainable Conductive Polymers: Challenges and Opportunities for Green Electronics**. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, v. 10, p. 1234-1245, 2022.
- CHAUDHARY, M. L.; PATEL, P.; GUPTA, R. K. **Route for the Synthesis of Conducting Polymers and Their Characteristics**. In: [S. I.]: Informa, 2024. p. 14–28.
- DE ANDRADE, G. A. **Synthesis and Morphology of Conducting Polymers**. In: [S. I.]: ACS Symposium Series, 2023. p. 9–27.
- FERDOUSI, B. N.; ISLAM, Mohy Menul; ISLAM, Md. Mominul. **Electrochemical Properties of Conducting Polymers**. [s. l.], p. 47–64, 2024.
- FEYNMAN, R. P. **There's Plenty of Room at the Bottom**. Caltech Engineering and Science, 1959.
- FRANCO, Gabriel Martins; KREMER, Ingridi dos Santos; VIEIRA, Maria Cecília Caldeira; RIGUE, Josué Neroti; BOITA, Jocenir. **Multifunctional polymers: a new frontier in conductivity and energy generation for advanced electronics**. Next Materials, [S. I.], v. 6, p. 100476, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949822824003745>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- GUPTA, R. K. et al. **Conductive Polymer Composites for Flexible Electronics: A Review on Challenges and Opportunities**. Composites Part B: Engineering, v. 231, p. 109876, 2022.
- HAN, M. et al. **Electrically Conductive Polymers for Additive Manufacturing**. ACS Applied Materials & Interfaces, [s. l.], 2024.
- JOHN, J. P.; PADMANABHAN, R. G. **Conducting polymers for electronic applications**. In: [S. I.: s. n.], 2024. p. 426–444.
- JOHN, J.; G, P. **Conducting polymers for electronic applications**. In: [S. I.: s. n.], 2024. p. 426–444.
- KIM, Y. et al. **Recent Progress in Conductive Polymers for Flexible Electronics: A Comprehensive Review**. Progress in Polymer Science, v. 115, p. 101430, 2021.
- LEWIS, J. et al. **3D Printing of Conductive Polymers: Challenges and Opportunities**. Advanced Functional Materials, v. 31, p. 2101234, 2021.
- MASOOD, M. et al. **Recent Progress, Challenges, and Opportunities of Conducting Polymers for Energy Storage Applications**. ChemistrySelect, [s. l.], v. 9, n. 23, 2024.
- MOLNAR, E. et al. **Comprehensive Study of Mechanical, Electrical and Biological Properties of Conductive Polymer Composites for Medical Applications through Additive Manufacturing**. Polymers, v. 16, n. 18, p. 2625, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym16182625>.
- PARK, S. et al. **Advances in Conductive Polymers for Energy Harvesting: A Critical Review**. Nano Energy, v. 89, p. 106123, 2021.

RAYAR, A. et al. **Organic conjugated polymers and their nanostructured composites: Synthesis methodologies and electrochemical applications.** [s. l.], 2024.

SIVAKARTHI, G. et al. **Intelligent Street Light Management and Monitoring System with IoT Integration.** [s. l.], p. 1–6, 2024.

ZHANG, L. et al. **Conductive Polymer-Based Sensors: A Critical Review and Future Perspectives.** Sensors and Actuators B: Chemical, v. 367, p. 131567, 2022.

# EFEITO DA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR NA PRODUTIVIDADE E NO TEOR DE PROTEÍNA DA SOJA

Vitor Maus Spies\*, Zanandra Boff de Oliveira\*\*, Rafaela Fauth Bisol\*, Carlos Eduardo da Silva \*, Pedro Eduardo Fischer Boeno\*, Reyel Kiefer Unfer\*

## Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar e comparar os componentes de rendimento, a produtividade e o teor de proteína de 10 cultivares de soja com e sem a irrigação suplementar, as condições meteorológicas de um ano agrícola de El Niño (2023/24) em Cachoeira do Sul. O experimento foi realizado a campo na área experimental da Uergs, cujo o solo é classificado com Argissolo Vermelho. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso no esquema fatorial (2 x 10), sendo o fator “A” dois regimes hídricos (irrigado e sequeiro) e o fator “B” 10 cultivares de soja com grupo de maturidade relativa (GMR) variando de 5,0 a 6,5, em três repetições. A colheita foi realizada dia 18/04/24 de uma área 3 m<sup>2</sup> por parcela. Obteve-se o peso de mil grãos (PMG em g), o número de vagens e o número de grãos por vagem. A análise do teor de proteína foi realizada pelo método Kjeldahl em laboratório. A lâmina aplicada de 121 mm, otimizou o desempenho agronômico da soja, com um aumento médio de 53% no número de vagens por planta, que contribuíram para o incremento de 14% na produtividade média. A irrigação contribui para um acréscimo médio de 6,3% no teor de proteína dos grãos de soja, que foi de 39,1% para a soja irrigada e de 36,8 % para a soja de sequeiro.

**Palavras-chave:** suplementação hídrica; Glycine max M.; qualidade de grãos.

## Abstract

The study aimed to evaluate and compare the yield components, productivity and protein content of 10 soybean cultivars with and without supplementary indirect, under the environmental conditions of an El Niño agricultural year (2023/24) in Cachoeira do Sul. The experiment was carried out in the field in the Uergs experimental area, whose soil is classified as Red Argisol. The experiment was conducted in a randomized block experimental design in a factorial scheme (2 x 10), with factor “A” being two water regimes (irrigated and rainfed) and factor “B” being 10 soybean cultivars with relative maturity group (GMR) ranging from 5.0 to 6.5, in three repetitions. The harvest was carried out on 04/18/24 from an area of 3 m<sup>2</sup> per plot. Obtain the weight of a thousand grains (PMG in g), the number of pods, and the number of grains per pod. The protein was made using the Kjeldahl method in the laboratory. The applied blade of 121 mm optimized the agronomic performance of soybeans, with an average increase of 53% in the number of pods per plant, which resulted in a 14% increase in average productivity. Honesty contributes to an average increase of 6.3% in the protein content of soybeans, which was 39.1% for irrigated soybeans and 36.8% for rainfed soybeans.

**Keywords:** water supplementation; Glycine max M.; grain quality.

\* Estudante do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

## **1. INTRODUÇÃO**

O potencial produtivo da soja está diretamente ligado a disponibilidade hídrica. No entanto, o regime de chuvas pode variar de um ano para outro, resultando em déficit hídrico, comprometendo a produtividade. Além disso, esses fenômenos têm se intensificado com as mudanças climáticas, gerando padrões de precipitação mais extremos, aumentando as dificuldades na tomada de decisão do produtor. Neste contexto, a irrigação suplementar vem como uma alternativa para minimizar ou suprimir os impactos destas condições climáticas e contribuir com a manutenção/eleição da produtividade desta cultura (ASSMAN; OLIVEIRA, 2023; BALANSIN, et al., 2024). Além disso, há um grande número de cultivares de soja disponíveis no mercado, com diferentes pacotes tecnológicos e duração de ciclo de desenvolvimento. Sendo a escolha da cultivar uma das principais definições do manejo que pode definir o sucesso da produtividade da lavoura, principalmente em áreas irrigadas. Pois, há cultivares mais responsivas a este manejo, conforme Pigatto; Oliveira e Knies (2023). Assim, o estudo teve como objetivo avaliar e comparar os componentes de rendimento, a produtividade e o teor de proteína de 10 cultivares de soja com e sem a irrigação suplementar, na safra 2023-24 em Cachoeira do Sul.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi realizado na área experimental da Uergs, cujo o solo é classificado com Argissolo Vermelho, conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso no esquema fatorial (2 x 10), sendo o fator “A” dois regimes hídricos (irrigado e sequeiro) e o fator “B” 10 cultivares de soja com grupo de maturidade relativa (GMR) variando de 5,0 a 6,5, em três repetições. A semeadura foi no dia 25/11/23 na densidade de 311.000 sementes ha<sup>-1</sup>. A irrigação foi realizada por um sistema de aspersão convencional baseada em informações do balanço hídrico do solo. A colheita foi realizada dia 18/04/24 de uma área 3 m<sup>2</sup> por parcela. O peso obtido foi corrigido para uma umidade de 13% e adequado para um hectare (kg ha<sup>-1</sup>), dessa mesma amostra obteve-se o peso de mil grãos (PMG em g). Ainda, definiu-se os componentes rendimento (número de vagens e o número de grãos por vagem). A análise do teor de proteína foi realizada pelo método Kjeldahl em laboratório. As variáveis foram submetidas à análise estatística pelo software Sisvar.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Observou-se para o ano agrícola de 2023/24, que embora sob a influência do El Niño com um acumulado de chuvas ao longo do ciclo da soja de 661,2 mm, a irrigação suplementar foi necessária. A lâmina aplicada de 121 mm, otimizou o desempenho agronômico da soja (Tabelas 1 e 2).

Cultivar	Vagens planta <sup>-1</sup>			Média cultivares
	Sequeiro	Irrigado		
BMX TROVAO I2X	53,0 b A*	128,7 a A		90,8 A
BMX ZEUS IPRO	51,7 b A	101,3 a B		76,5 A
DM 56I59 IPRO	46,7 b A	86,0 a C		66,3 B
PIONEER 95R70 CE	45,0 a A	58,0 a C		51,5 B
SOYTECH 580 I2X.	62,0 a A	74,3 a C		68,2 B
HO TIBAGI I2X	50,3 b A	71,3 a C		60,8 B
NEO610 IPRO	56,7 a A	57,0 a C		56,8 B
TMG 6123 IPRO	44,7 b A	75,0 a C		59,8 B
BMX NEXUS 12X.	65,7 b A	84,3 a C		75,0 A
BMX FURIA CE	64,0 b A	90,7 a B		77,3 A
<b>Média Irrigação</b>	<b>54,0 b</b>	<b>82,7 a</b>		

Tabela 1- Resultado do número de vagens por plantas obtido para as diferentes cultivares, com e sem irrigação  
suplementar \*Números seguidos por letras minúsculas (colunas) não diferem entre si ( $P<0,05$ ) pelo teste de Tukey  
e números seguidos por letras maiúsculas (linhas) não diferem entre si pelo teste de Scott Knot.

Fonte: autores, 2024.

Cultivar	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )			Média cultivares
	Sequeiro	Irrigado		
BMX TROVAO I2X	4.033,94 b B	4.519,36 a B		4.276,65 B
BMX ZEUS IPRO	4.688,77 b A	5.253,00 a A		4.970,89 A
DM 56I59 IPRO	3.997,45 b B	5.007,87 a A		4.502,66 A
PIONEER 95R70 CE	4.618,29 a A	4.860,60 a A		4.739,44 A
SOYTECH 580 I2X.	3.718,41 b B	4.398,48 a B		4.058,45 B
HO TIBAGI I2X	3.667,35 a B	4.068,67 a B		3.868,01 B
NEO610 IPRO	4.284,63 b B	5.022,24 a A		4.653,43 A
TMG 6123 IPRO	4.115,85 b B	4.930,43 a A		4.523,14 A
BMX NEXUS 12X.	4.494,10 a A	4.650,67 a B		4.572,38 A
BMX FURIA CE	3.826,89 b B	4.541,88 a B		4.184,39 B
<b>Média Irrigação</b>	<b>4.144,57 B</b>	<b>4.725,32 a</b>		

Tabela 2- Resultado da produtividade da soja obtido para as diferentes cultivares, com e sem irrigação  
suplementar \*Números seguidos por letras minúsculas (colunas) não diferem entre si ( $P<0,05$ ) pelo teste de Tukey  
e números seguidos por letras maiúsculas (linhas) não diferem entre si pelo teste de Scott Knot.

Fonte: autores, 2024.

A irrigação contribui para um acréscimo médio de 6,3% no teor de proteína dos grãos de soja, que foi de 39,1% para a soja irrigada e de 36,8 % para a soja de sequeiro. As cultivares mais tardias (GMR 6.4 e 6.5) apresentaram menor teor de proteína (33%) na área de sequeiro, enquanto na área irrigada, o teor de proteína foi superior a 37% e chegou a 40,5% (Tabela 3).

Cultivar	Proteína (%)		Média cultivares
	Sequeiro	Irrigado	
BMX TROVAO I2X	38,3 a A	39,5 a A	38,9 A
BMX ZEUS IPRO	37,8 a A	39,4 a A	38,6 A
DM 56I59 IPRO	37,6 b A	40,5 a A	39,0 A
PIONEER 95R70 CE	38,5 a A	37,8 a A	38,1 A
SOYTECH 580 I2X.	37,6 a A	38,5 a A	38,1 A
HO TIBAGI I2X	33,7 b B	39,2 a A	36,5 B
NEO610 IPRO	38,1 a A	39,9 a A	39,0 A
TMG 6123 IPRO	39,8 a A	37,6 a A	38,7 A
BMX NEXUS 12X.	33,6 b B	39,2 a A	36,4 B
BMX FURIA CE	32,5 b B	39,0 a A	35,8 B
<b>Média Irrigação</b>	<b>36,8 b</b>	<b>39,1 a</b>	

Tabela 3- Resultado do teor de proteína dos grãos de soja obtido para as diferentes cultivares, com e sem irrigação suplementar \*Números seguidos por letras minúsculas (colunas) não diferem entre si ( $P<0,05$ ) pelo teste de Tukey e números seguidos por letras maiúsculas (linhas) não diferem entre si pelo teste de Scott Knot.

Fonte: autores, 2024

#### 4.CONCLUSÕES

A lâmina de irrigação aplicada de 121 mm, otimizou o desempenho agronômico da soja, com um aumento médio de 53% no número de vagens por planta, que contribuíram para o incremento de 14% na produtividade, em comparação a soja de sequeiro. Além, disso a irrigação contribui para um acréscimo médio de 6,3% no teor de proteína dos grãos de soja, que foi de 39,1% para a soja irrigada e de 36,8 % para a soja de sequeiro.

## **5. REFERÊNCIAS**

1. ASSMAN, J., & OLIVEIRA, Z. B. **simulação do balanço hídrico sequencial e da necessidade de irrigação para a cultura da soja em vinte anos agrícolas.** Revista Irriga, 28(1), 164–175. (2023). <https://doi.org/10.15809/irriga.2023v28n1p164-175>
2. BALANSIN, A., OLIVEIRA, Z. B. DE., KNIES, A. E., & BOTTEGA, E. L. **Recomendação da necessidade de irrigação para a cultura da soja utilizando parâmetros do balanço hídrico observados e ferramentas de simulação.** Brazilian Journal of Development, 10(6), e70338, 2024, <https://doi.org/10.34117/bjdv10n6-023>

# **RECOMENDAÇÃO DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTURA DA SOJA UTILIZANDO PARÂMETROS OBSERVADOS E FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO**

Luíza Seibert\*, Zanandra Boff de Oliveira\*\*, Pedro Eduardo Fischer Boeno\*, Reyel Kiefer Unfer \*, Ana Luíza Canto da Silva\*, Rafaela Fauth Bisol\*, Vitor Maus Spies\*

## **RESUMO**

O presente estudo tem como objetivos verificar os impactos da irrigação na produtividade da soja e comparar a metodologia realizada no experimento, partir do monitoramento da umidade do solo com sensor Time Domain Reflectometry (TDR), com a simulação do balanço hídrico pelo modelo Cropwat – FAO, para a safra 2022/2023 em Cachoeira do Sul/RS. O estudo foi dividido em uma etapa de campo e uma de simulação. A necessidade de irrigação recomendada a partir das informações do conteúdo volumétrico de água do solo, monitorado com sensores TDR, resultou em uma lâmina acumulada ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja de 295,6 mm, que contribui para o incremento de todos os componentes de rendimento e na produtividade, que foi 77 % superior à da soja não irrigada. A simulação da necessidade de irrigação pelo modelo Cropwat, com parâmetros observados (solo, clima e cultura), mas sem a aferição do balanço hídrico com dados de umidade volumétrica, resultou em uma maior lâmina acumulada de 405 mm, bem superior a realizada. Demonstrando assim, a importância do monitoramento da água no solo para a definição da necessidade de irrigação, baseado a tomada de decisão na demanda hídrica real da cultura.

**Palavras-chave:** Cropwat, TDR, *Glycine max* M.

## **Abstract**

The present study aims to verify the impacts of irrigation on soybean productivity and compare the methodology used in the experiment, based on soil moisture monitoring with a Time Domain Reflectometry (TDR) sensor, with the simulation of the water balance using the Cropwat – FAO model, for the 2022/2023 harvest in Cachoeira do Sul/RS. The study was divided into a field stage and a simulation stage. The recommended irrigation need based on information on soil volumetric water content, monitored with TDR sensors, resulted in an accumulated depth of 295.6 mm throughout the soybean development cycle, which contributes to the increase in all yield components and productivity, which was 77% higher than that of non-irrigated soybeans. The simulation of the need for irrigation using the Cropwat model, with observed parameters (soil, climate and crop), but without measuring the water balance with volumetric moisture data, resulted

\* Estudante do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

in a higher accumulated depth of 405 mm, much higher than that achieved. Thus, demonstrating the importance of monitoring soil water to define the need for irrigation, based on decision-making based on the actual water demand of the crop.

**Keywords:** Cropwat, TDR, *Glycine max* M.

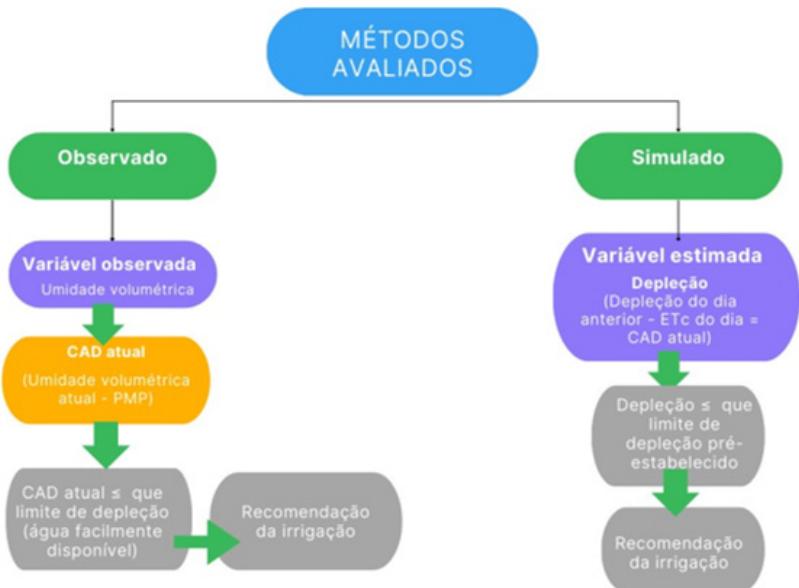
## 1. INTRODUÇÃO

A irrigação desempenha um papel fundamental na agricultura, permitindo a distribuição artificial de água nas lavouras quando as condições climáticas não são favoráveis. Essa ferramenta possibilita ao produtor rural criar o cenário hídrico ideal para o desenvolvimento das culturas, garantindo o retorno esperado. Dentre as estratégias adotadas para a recomendação da necessidade de irrigação dos cultivos, destaca-se o método do balanço hídrico, uma abordagem que calcula as entradas e saídas de água em uma área específica, considerando variáveis como variação no armazenamento de água no solo, precipitação, evaporação, infiltração e escoamento superficial (CAMARGO; CAMARGO, 2000). Contudo, o cálculo do balanço hídrico, que deve ser diário para fins de manejo de irrigação, é bastante complexo por envolver um elevado número de variáveis. Neste contexto, os modelos de simulação de balanço hídrico são ferramentas que podem contribuir para a recomendação da necessidade da irrigação, a exemplo o modelo Cropwat (FAO), que utiliza informações e metodologias de cálculo baseadas nos boletins FAO 56 e FAO 33 (FAO, 2023).

Dessa forma, o presente estudo tem como verificar os impactos da irrigação na produtividade da soja e comparar a metodologia realizada no experimento, partir do monitoramento da umidade do solo com sensor TDR, com a simulação do balanço hídrico pelo modelo Cropwat – FAO, para a safra 2022/2023 em Cachoeira do Sul/RS.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi dividido em uma etapa de campo e uma de simulação. No experimento de campo, realizou-se a coleta e todas as informações necessárias para o cálculo do balanço hídrico: referentes à cultura (altura, estádios de desenvolvimento fenológico, profundidade de raízes e fração de cobertura do solo), ao solo (granulometria, capacidade de água disponível, conteúdo inicial de água no solo no dia da semeadura), e ao clima (evapotranspiração de referência, e chuvas). Assim como, todo o manejo de irrigação (baseado no monitoramento da umidade volumétrica com sensor TDR) e a análise de produtividade da soja (vagem por planta, grãos por vagem, peso de mil grãos e produtividade em kg ha<sup>-1</sup>). Na etapa de simulação realizou-se a estimativa da recomendação da necessidade de irrigação com o modelo Cropwat utilizando os dados obtidos à campo, conforme ilustra o fluxograma (Figura 1).



*Figura 1 – Fluxograma de variáveis obtidas para cada método avaliado.*

*Fonte: autores*

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ano agrícola 2022/23 caracterizou-se pelo déficit hídrico, pois as chuvas somaram apenas 151 mm ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja. Assim, a irrigação realizada (método observado) resultou em uma lâmina acumulada ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja de 295,6 mm, distribuída em 19 eventos de irrigação (Figura 2). As irrigações proporcionaram incrementos no peso de mil grãos (9 %), no número de grãos por vagem (13 %), no número de vagens por planta (90 %) e na produtividade da soja (77 %), que passou de 2.473,60 kg ha<sup>-1</sup> sem o uso da irrigação para 4.370,80 kg ha<sup>-1</sup> com o uso da irrigação (Tabela 1). Com isso, fica evidente a importância da irrigação suplementar para elevar a produtividade da soja nesta região, corroborando com resultados de Oliveira et al. (2021), Pigatto et al. (2023) e Machado et al. (2023), que indicam para esta mesma região, incrementos de produtividade em mais de 100% com o uso da irrigação suplementar, variável em função da época de semeadura e do tipo de cultivar.

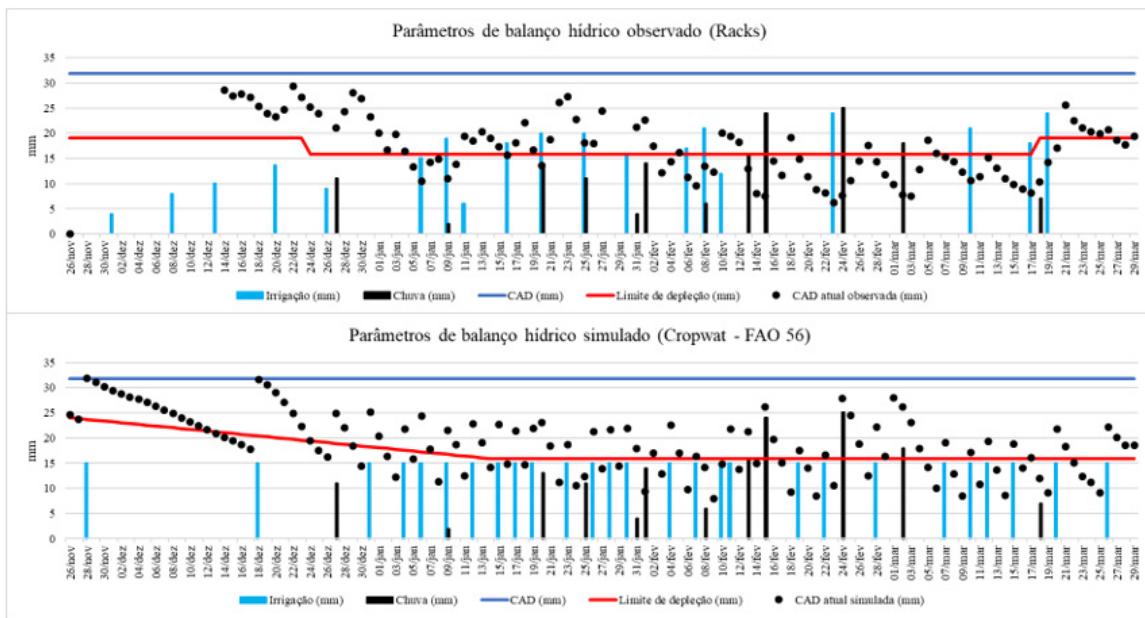


Figura 2 – Parâmetros do balanço hídrico da soja observados durante o ciclo e simulados (Cropwat).

Fonte: autores

Componente	Irrigado	Sequeiro
Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	4.370,80	2.473,60
Vagens por planta	55,70	29,30
Grãos por vagem	2,70	2,40
PMG (g)	215,00	198,00

Tabela 1 – Resultado dos componentes de produtividade e da produtividade da soja.

Fonte: autores

A necessidade de irrigação simulada pelo modelo Cropwat resultou em uma maior lâmina acumulada (405 mm) em comparação a realizada (Figura 2). A diferença nos valores observados e simulados de lâmina de irrigação, pode ser atribuída a fatores como a definição da profundidade de exploração radicular e a resposta da cultura ao estresse hídrico. O modelo Cropwat considerada uma evolução diária na camada de exploração do sistema radicular e o manejo realizado considerou esta camada fixa por períodos (linha do limite de depleção na Figura 2), o que resultou em uma maior camada de exploração radicular no período de rápido crescimento da cultura (20/12 a 3/01) e, assim, mais água armazenada e menor necessidade de irrigação neste período em comparação a simulada. Por outro lado, às plantas em condições de campo, submetidas às condições de temperaturas elevadas e à redução do armazenamento de água solo, realizam o fechamento estomático, uma resposta adaptativa para reduzir a perda de água por transpiração, ou seja, menor demanda hídrica real em comparação à estimada. Demonstrando que a modelagem pode ser uma ferramenta útil, pois facilita o cálculo do balanço hídrico, mas o monitoramento da umidade volumétrica é imprescindível para as correções necessárias na lâmina de irrigação, em função de ajustes fisiológicos que as plantas podem realizar, não identificados por métodos empíricos.

#### **4. CONCLUSÕES**

A irrigação de 295,6 mm realizada na cultura da soja a partir do monitoramento do conteúdo volumétrico de água por sensores TDR, contribui para o incremento de todos os componentes de rendimento e na produtividade, que foi 77 % superior à da soja não irrigada. A simulação da necessidade de irrigação pelo modelo Cropwat com dados observados à campo (solo, clima e cultura), mas sem a aferição da umidade volumétrica, resultou em uma maior lámina acumulada de 405 mm. Demonstrando assim, a importância da tomada de decisão de quando e quanto irrigar, baseada na demanda hídrica real da cultura, para maximizar o uso da água na agricultura.

## 5. REFERÊNCIAS

- 1.CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.
2. FAO. **Climate change and food security: Risks and responses**. 2015. ISBN 978-92-5-108998-9. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/i5188e/I5188E.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- 3.OLIVEIRA, Z.B., EDUARDO KNIES, A., BOTTEGA, E.B., SILVA, C.B, & TEXEIRA GOMES, J.I. Influência da irrigação suplementar na produtividade de cultivares de soja para a safra e safrinha 2018-19 e 2019-20 na região central do RS. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.2, p. 15580-15595, fev. 2021.
4. MACHADO, B. L. R.; OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; BOTTEGA, E. L.; SARETTA, E. Estratégias de manejo o aumento da produtividade da soja na região central do RS. In: VIEIRA, A.; SILVA, L. F.; OLIVEIRA, V.C. (org.). **Ciências agrárias**: Debates emblemáticos e situação perene 2. 2. ed. Ponta Grossa: Atena, 2023. p. 46-48.
- 5.PIGATTO, G.; OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E. K. Desempenho agronômico de cultivares de soja com a utilização da irrigação suplementar na safra 2022-2023. **Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, Passo Fundo, 2023. Disponível em: <https://plantiodireto.com.br/artigos/1552>. Acesso em: 08 Nov. 2024.

# INCREMENTO PRODUTIVO DA SOJA PELA IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR EM CINCO ANOS AGRÍCOLAS

Juliano Arthur Drescher\*, Zanandra Boff de Oliveira\*\*, Luis Felipe Baranzelli\*, Beatriz Mariana\*, Luíza Seibert\*, Bruno Gabriel Mayerhofer\*, Rafael Rohrs Borges\*

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da irrigação suplementar na produtividade da soja em cinco anos agrícolas com diferentes padrões metrológicos, na região central do estado do Rio Grande do Sul. Foram instalados experimentos a campo nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22 e 2022/23, na área experimental da Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), localizada no distrito de Três Vendas, no município de Cachoeira do Sul-RS, Brasil. A cultivar analisada foi a BMX Garra com semeadura no mês de novembro em todos os anos agrícolas. A irrigação foi por aspersão convencional a partir da recomendação realizada pelo cálculo do balanço hídrico e monitoramento da umidade volumétrica do solo. As lâminas de irrigação acumuladas a longo do ciclo da soja variaram entre 70 e 244 mm, respectivamente, para os anos agrícolas 2018/19 (El Niño) e 2022/23 (La Niña), aumentando entre 334,8 e 2.238,3 kg ha<sup>-1</sup> a produtividade da soja. A irrigação suplementar (na média de cinco anos agrícolas) proporcionou aumento no número de vagens por planta (29,8%), na massa de mil grãos (7,52 %) e na produtividade (51,8%), demonstrando ser uma tecnologia de fundamental importância para a manutenção e elevação de tetos produtivos na região central do RS.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, manejo agrícola, suprimento hídrico.

## Abstract

The objective of this work is to evaluate the influence of supplementary irrigation on soybean productivity in five agricultural years with different metrological standards, in the central region of the state of Rio Grande do Sul. Field experiments were carried out in the agricultural years 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22 and 2022/23, in the experimental area of the Agricultural Station of the State University of Rio Grande do Sul (UERGS), located in the district of Três Vendas, in the municipality of Cachoeira do Sul-RS, Brazil. The cultivar analyzed was BMX Garra, sown in November in all agricultural years. Irrigation was by conventional sprinkler based on the recommendation made by calculating the water balance and monitoring the volumetric soil moisture. Irrigation depths accumulated throughout the soybean cycle varied between 70 and 244 mm, respectively, for the agricultural years 2018/19 (El Niño) and 2022/23 (La Niña), increasing between 334.8 and 2,238.3 kg ha<sup>-1</sup> soybean productivity. Supplementary irrigation (on average over five agricultural years) provided an increase in the number of pods per plant (29.8%), the mass of one thousand grains (7.52%) and productivity (51.8%), proving to be a technology of

\* Estudante do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

fundamental importance for the maintenance and elevation of production ceilings in the central region of RS.

**Keywords:** *Glycine max*, agricultural management, water supply.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* M.) é uma cultura de grande importância mundial devido a sua composição e gama de aplicações industriais. Além disso, os avanços tecnológicos agrícolas aliados a modernos sistemas de produção potencializaram a produtividade e rentabilidade desta cultura. Apesar das lavouras de soja brasileiras possuírem alto grau de tecnificação, a baixa disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura ainda representa a maior limitação para a obtenção do máximo potencial produtivo das lavouras.

O impacto do déficit hídrico sobre a produtividade da soja depende da intensidade, duração e época de ocorrência do déficit em relação ao ciclo de desenvolvimento da cultura, além da sensibilidade da cultivar (NEUMAIER et al., 2020). A ausência de chuva na fase reprodutiva é um problema frequente na soja e causa redução da produtividade em nove a cada vinte safras no Rio Grande do Sul (RS) (MATZENAUER; BARNI e MALUF, 2003). Esta condição de variabilidade anual das chuvas, é no RS, bastante associada ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), que a fase quente (El Niño) apresenta chuvas acima da média climatológica para a região sul do Brasil, e a fase fria chamada (La Niña), apresenta chuvas abaixo da média climatológica. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da irrigação suplementar na produtividade da soja em cinco anos agrícolas, com diferentes padrões metrológicos, nas condições edafoclimáticas da região central do Rio Grande do Sul.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram instalados experimentos a campo nos anos agrícolas 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22 e 2022/23, em área experimental da Estação Agronômica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), localizada no distrito de Três Vendas, no município de Cachoeira do Sul-RS, Brasil, cujo solo é um Argissolo Vermelho. A cultivar analisada foi a BMX Garra, com semeadura no mês de novembro, em todos os anos agrícolas. A irrigação foi realizada por aspersão convencional a partir da recomendação realizada pelo cálculo do balanço hídrico conforme Allen et. al, (1998) e monitoramento da umidade volumétrica do solo.

A colheita das plantas foi realizada de forma manual, na região central de cada parcela, com três a quatro repetições (dependendo do ano agrícola), totalizando área colhida de 3 m<sup>2</sup> por parcela. Após a colheita, procedeu-se a trilha, a limpeza, a determinação da umidade e a pesagem dos grãos. A massa dos grãos foi corrigida para umidade de 13% e então estimada para hectare (kg ha<sup>-1</sup>), destas mesmas amostras foi determinada a massa de mil grãos (MMG) (g), a partir da contagem de 1000 grãos, os quais foram pesados e corrigidos para umidade de 13%. Para análise dos componentes de rendimento, foram colhidas aleatoriamente quatro plantas de cada parcela para serem processadas a mão, com o intuito de determinar o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre os anos agrícolas avaliados, o ano agrícola 2018/19 foi marcado pela atuação do fenômeno El Niño e os demais pela ocorrência do fenômeno La Niña, classificando-o como moderado entre 2019/20 e 2021/22 e fraco em 2022/23 (GGWEATHER, 2022). Ainda, que este tenha sido o ano com maior restrição hídrica dentre os avaliados. Neste contexto, as lâminas de irrigação acumuladas a longo do ciclo da soja variaram entre 70 e 244 mm, respectivamente, para os anos agrícolas 2018/19 (El Niño) e 2022/23 (Lã Niña), conforme apresenta a Tabela 1.

A irrigação suplementar contribuiu para um aumento na produtividade da soja entre 334,8 e 2.238,3 kg ha<sup>-1</sup> a produtividade da soja (Tabela 2). Na média dos cinco anos, a irrigação proporcionou aumento no número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de 29,8, 7,52 e 51,8%, respectivamente. A produtividade média da soja nos cinco anos agrícolas foi de 4848,21 kg ha<sup>-1</sup> com a irrigação e de 3193,23 kg ha<sup>-1</sup> sem a irrigação, demonstrando-se uma tecnologia de fundamental importância para a manutenção e elevação de tetos produtivos na região central do RS. Machado et al. (2023), obtiveram incremento médio de produtividade da soja de 198% (cultivar Raio), 72 % (cultivar Garra) e de 51 % (cultivar Zeus), utilizando a irrigação suplementar na região central do RS, no ano agrícola 2021-22.

Período	Kc	Lâmina de irrigação (mm)				
		2018 / 2019	2019 / 2020	2020 / 2021	2021 / 2022	2022 / 2023
Inicial	0,1	14	12	27	27	12
Rápido cresc./ vegetativa	interpolar 0,1 a 1,15	14	60	56	73	72
Média/reprodutiva	1,15	42	45	60	90	139
Final	interpolar de 1,15 a 0,3	0	12	25	0	21
<b>Irrigação total (mm)</b>		<b>70</b>	<b>129</b>	<b>168</b>	<b>190</b>	<b>244</b>
<b>Chuva total (mm)</b>		<b>686</b>	<b>313</b>	<b>426</b>	<b>394</b>	<b>152</b>
<b>Lâmina total acumulada (mm)</b>		<b>756</b>	<b>442</b>	<b>594</b>	<b>584</b>	<b>396</b>

Tabela 1 – Coeficiente de cultivo (Kc) e lâminas de irrigação por subperíodo do ciclo de desenvolvimento da soja e chuvas acumuladas no ciclo para os cinco anos agrícolas avaliados

Fonte: autores

Componentes	Irrigado	Sequeiro
	2018/19	
Vagens planta <sup>-1</sup>	62,84	51,91
Grãos vagem <sup>-1</sup>	2,28	2,04
MMG	166,64	156,28
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	4.493,0	4.158,2
2019/20		
Vagens planta <sup>-1</sup>	65,06	52,56
Grãos vagem <sup>-1</sup>	2,30	2,43
MMG	180,02	162,06
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	3.863,3	2.651,6
2020/21		
Vagens planta <sup>-1</sup>	86,38	61,13
Grãos vagem <sup>-1</sup>	2,19	2,22
MMG	207,15	196,01
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	6.882,5	4.042,50
2021/22		
Vagens planta <sup>-1</sup>	30,88	27,75
Grãos vagem <sup>-1</sup>	2,10	2,10
MMG	221,99	247,74
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	4.146,0	2.495,9
2022/23		
Vagens planta <sup>-1</sup>	68,33	37,67
Grãos vagem <sup>-1</sup>	2,20	2,24
MMG	231,82	175,08
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	4.856,1	2.617,6

Tabela 2 – Resultado dos componentes de fendimento e da produtividade da soja para os cinco anos agrícolas avaliados.

Fonte: autores

#### 4. CONCLUSÕES

O potencial de produtividade da soja em cada ano agrícola é influenciado pela disponibilidade hídrica adequada, pela boa disponibilidade de radiação solar (dias de céu límpido) e pela temperatura do ar, dentro da faixa adequada para o desenvolvimento da cultura, condições estas com associação direta ao ENOS. Assim, a necessidade de irrigação é maior e tem maior impacto na produtividade da soja em anos sob a influência da La Niña.

A irrigação suplementar (na média de cinco anos agrícolas) proporcionou aumento no número de vagens por planta (29,8%), na massa de mil grãos (7,52 %) e na produtividade (51,8%), demonstrando ser uma tecnologia de fundamental importância para a manutenção e elevação de tetos produtivos na região central do RS.

## 5. REFERÊNCIAS

1. ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO, 1998, (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 06 set. 2023.
2. GGWEATHER. **El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI).** Half Moon Bay:Ggweather, 2024. Disponível em: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em:17 out. 2023
3. 2.NEUMAIER, N., FARIA, J.R.B., NEPOMUCENO, A.L., MERTZ-HENNING, L.M., FOLONI, J.S.S., MORAES, L.A.C., & GONCALVES, S.L. **Ecofisiologia da soja.** Brasília: Embrapa soja, 2020.
4. MACHADO, B. L. R.; OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E.; BOTTEGA, E. L.; SARETTA, E. Estratégias de manejo o aumento da produtividade da soja na região central do RS. In: VIEIRA, A.; SILVA, L. F.; OLIVEIRA, V.C. (org.). **Ciências agrárias:** Debates emblemáticos e situação perene 2. 2. ed. Ponta Grossa: Atena, 2023. p. 46-48.
5. MATZENAUER, R.; RADIN, B.; MALUF, J. R. T. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p.323-331, 2018.

# PRODUTIVIDADE E EXIGÊNCIAS BIOCLIMÁTICAS DE CULTIVARES DE SOJA NO ANO AGRÍCOLA 2023/24

Bruno Gabriel Mayerhofer\*, Zanandra Boff de Oliveira\*\*, Carlos Eduardo da Silva\*, Pedro Eduardo Fischer Boeno\*, Ana Luíza Canto da Silva\*, Reyel Kiefer Unfer\*

## RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a soma térmica acumulada (STac) para o subperíodo semeadura – floração (SE – R1) e floração – colheita (R1 – CO) e, a produtividade de 15 cultivares de soja de distintos grupos de maturidade relativa (GMR) para a safra 2023-2024, em Cachoeira do Sul. O experimento foi instalado na área experimental da UFSM. A STac para a subperíodo SE – R1 variou entre 495,9 e 625,9 GDA e, para o subperíodo R1 – CO de 791,6 a 1.124,2 GDA, totalizando para o ciclo entre 1.417,6 a 1.633,3 GDA. Houve diferenças na duração dos subperíodos entre as cultivares com a mesma duração do ciclo total, bem como a duração maior do ciclo para cultivares de menor GMR e vice-versa. As cultivares BMX Zeus e GH 2258, cuja STac para completar o ciclo foi de 1.633,3 GDA, foram as mais produtivas com 4.852,1 kg ha<sup>-1</sup>. Enquanto, cultivares de ciclo mais precoce (1.417,6 GDA) apresentaram produtividade média inferior (3.604,2 kg ha<sup>-1</sup>). Dessa forma, o presente estudo demonstra a importância de avaliar as exigências bioclimáticas da soja para o posicionamento das cultivares.

**Palavras-chave:** soma térmica, produtividade, *Glycine max* L.

## Abstract

This study aimed to evaluate the accumulated thermal sum (STac) for the soybean subperiod – flowering (SE – R1) and harvest (R1 – CO) and the productivity of 15 soybean cultivars from different relative maturity groups (RMG) for the 2023-2024 harvest, in Cachoeira do Sul. The experiment was installed in the UFSM experimental area. The STac for the SE – R1 subperiod varied between 495.9 and 625.9 GDA and, for the R1 – CO subperiod, from 791.6 to 1,124.2 GDA, totaling for the cycle between 1,417.6 and 1,633.3 GDA. There were differences in the duration of subperiods between cultivars with the same total cycle duration, as well as a longer cycle duration for cultivars with lower GMR and vice versa. The cultivars BMX Zeus and GH 2258, whose STac to complete the cycle was 1,633.3 GDA, were the most productive with 4,852.1 kg ha<sup>-1</sup>. Meanwhile, cultivars with an earlier cycle (1,417.6 GDA) had lower average productivity (3,604.2 kg ha<sup>-1</sup>). Thus, the present study demonstrates the importance of evaluating the bioclimatic criteria of soybeans for the positioning of cultivars.

\* Estudante do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Keywords:** thermal sum, productivity, *Glycine max* M.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* M.) é uma cultura de grande importância mundial devido a sua composição e gama de aplicações industriais. Além disso, os avanços tecnológicos agrícolas aliados a modernos sistemas de produção potencializaram a produtividade e rentabilidade desta cultura tornando-a uma das principais *commodities* do mundo. O clima, entre os fatores de produção agrícola, é o de mais difícil controle e de maior impacto sobre a obtenção de máximas produtividades da cultura. Os estresses abióticos, como o déficit ou excesso hídrico, as temperaturas muito altas ou baixas, entre outros podem influenciar a produtividade da soja.

A soja requer uma quantidade significativa de água durante seu ciclo de desenvolvimento, variando entre 450 a 800 mm, dependendo das condições climáticas e do manejo da cultura (ZANON et al., 2016). A temperatura ideal para o desenvolvimento da planta está em torno de 30°C (NEUMAIER, 2020), tendo o crescimento vegetativo pequeno ou nulo a temperaturas menores ou iguais a 13°C. Neste sentido, a soma térmica é um método utilizado para relacionar a temperatura do ar e o desenvolvimento vegetal. Por outro lado, o conhecimento do GMR é fundamental para a adequação de uma cultivar de soja em relação ao clima da região. Cultivares de GMR maior possuem ciclo mais longo e cultivares de GMR mais baixo possuem ciclos mais curtos. Desse modo, objetivou-se avaliar a soma térmica acumulada para o subperíodo semeadura – floração (SE – R1) e floração – colheita (R1 – CO) e, a produtividade de quinze cultivares de soja de distintos grupos de maturidade relativa (GMR) para a safra 2023-24, em Cachoeira do Sul.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área experimental da UFSM Cachoeira do Sul (longitude de -52,96, latitude de -30,01 e altitude de 79,2 m), cujo solo é um Argissolo Vermelho. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso com quinze tratamentos e três repetições, os tratamentos foram constituídos das cultivares de soja com GMR variando de 4.8 a 6.5, respectivamente: PIONEER 95Y02 IPRO, BMX TROVÃO I2X, PIONEER 95R21E, NEO 510 IPRO, PIONEER 95R40, BMX ZEUS IPRO, DM 56I59 IPRO, PIONEER 95R70, BMX VÊNUS CE, PIONEER 95Y95 IPRO, HO TIBAGI I2X, GH 2258 IPRO, TMG 7362 IPRO, BMX NEXUS e PIONEER 97Y70 CE

A semeadura foi no dia 28/11/23 com conjunto trator/semeadora utilizando-se o espaçamento entrelinhas de 0,45 m e 14 sementes por metro linear. Realizou-se a análise fenológica semanal das plantas. O acompanhamento das variáveis meteorológicas foi feito por meio de uma estação meteorológica automática instalada ao lado do experimento. O cálculo da soma térmica diária

(ST d) foi realizado com a temperatura média do ar subtraída da basal da cultura ( $13^{\circ}\text{C}$ ) e partir desta calculou-se a soma térmica acumulada (STac) em graus dias acumulados (GDA).

A colheita foi entre 26/03 e 18/04/24, na qual foram arrancadas e processadas as plantas da área central de cada parcela e determinou-se o peso de mil grãos (PMG em g), o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). As variáveis (PMG, o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a produtividade) foram submetidas à análise estatística, sendo a análise da variância (teste F) e análise complementar pelo teste de “Scott Knott”, realizadas pelo software Sisvar com nível de 5% de probabilidade de erro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo do ciclo de desenvolvimento da soja a temperatura média do ar variou entre  $11,0$  e  $40,5\ ^{\circ}\text{C}$ , indicando a ocorrência de temperaturas fora do limite ideal para a cultura (NEUMAIER, 2020). As chuvas acumuladas de 687,4 mm, superaram a evapotranspiração da cultura, porém houve um período de distribuição irregular e em menor quantidade (jan-fev), quando a cultura estava em fase reprodutiva, o que pode ter impactado negativamente na produtividade da soja.

A ST ac para a subperíodo SE – R1 variou entre 495,9 e 625,9 GDA e, para o subperíodo R1 – CO de 791,6 a 1.124,2 GDA, totalizando para o ciclo entre 1.417,6 a 1.633,3 GDA. Houve diferenças na duração dos subperíodos entre as cultivares com a mesma duração do ciclo total, bem como a duração maior do ciclo para cultivares de menor GMR e vice-versa, conforme demonstra a Figura 1.

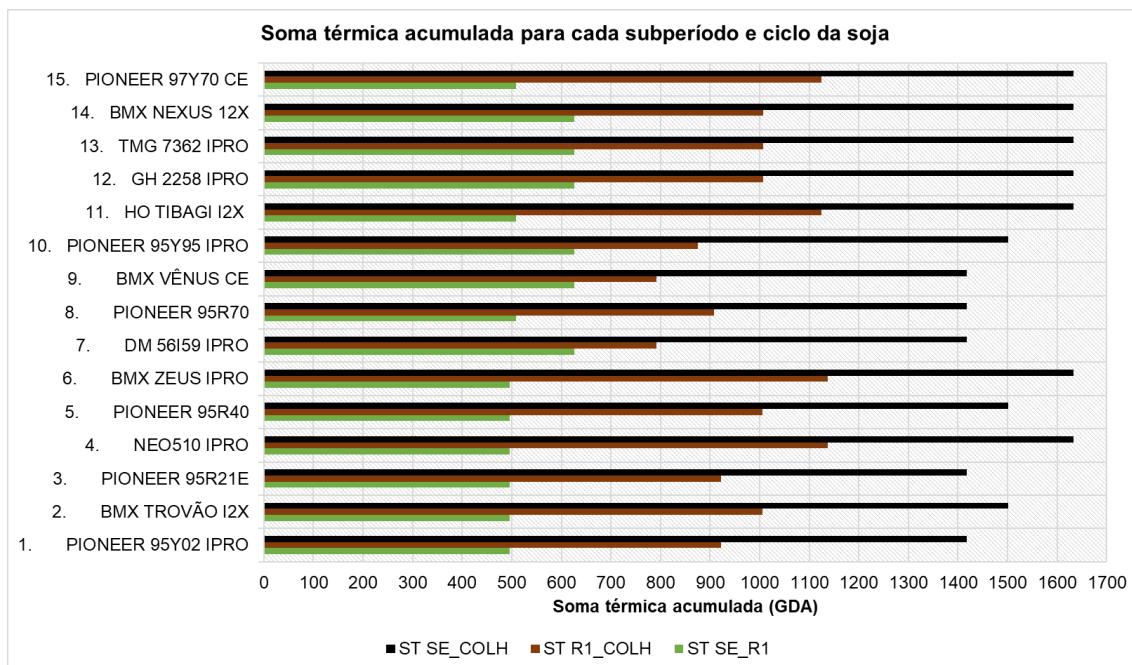


Figura 1 – Soma térmica (GDA) para os subperíodos: semeadura – floração (SE – R1); floração – colheita (R1 – CO) e semeadura a colheita (SE-CO).

Fonte: autores

As cultivares BMX Zeus e GH 2258, cuja STac para completar o ciclo foi de 1.633,3 GDA, foram as mais produtivas com a produtividade média de 4.852,1 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). Estas cultivares apresentaram valor intermediários nos componentes de rendimento.

Cultivares	Vagem planta <sup>-1</sup>			Grãos vagem <sup>-1</sup>	PMG (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		ST ac ciclo (GDA)	
PIONEER 95Y02 IPRO	71,0	b*	2,34	b	193,8	a	3.820,8	c	1.417,6
BMX TROVÃO I2X	76,3	b	2,29	b	185,6	a	3.876,9	c	1.501,1
PIONEER 95R21E	82,0	a	2,00	c	183,2	a	3.362,4	c	1.417,6
NEO510 IPRO	56,7	c	2,33	b	196,4	a	4.337,4	b	1.633,3
PIONEER 95R40	72,3	b	2,47	a	180,3	a	4.062,3	b	1.501,1
BMX ZEUS IPRO	87,0	a	2,52	a	187,5	a	4.884,8	a	1.633,3
DM 56I59 IPRO	81,3	a	2,27	b	179,4	a	3.820,0	c	1.417,6
PIONEER 95R70	47,7	d	2,35	b	163,7	b	2.738,4	d	1.417,6
BMX VÊNUS CE	83,7	a	2,17	c	149,6	b	3.352,9	c	1.417,6
PIONEER 95Y95 IPRO	67,0	b	2,39	b	163,6	b	3.392,6	c	1.501,1
HO TIBAGI I2X	69,0	b	2,38	b	184,8	a	4.061,2	b	1.633,3
GH 2258 IPRO	66,0	b	2,40	b	186,4	a	4.819,4	a	1.633,3
TMG 7362 IPRO	52,0	c	2,13	c	199,2	a	3.873,3	c	1.633,3
BMX NEXUS	113,0	a	2,10	c	149,8	b	4.526,1	b	1.633,3
PIONEER 97Y70 CE	90,3	a	2,18	c	189,0	a	3.997,6	b	1.633,3

Tabela 1 – Resultado dos componentes de rendimento e da produtividade das cultivares de soja. \*números seguidos por letras iguais nas linhas não diferem estatisticamente entre si.

Fonte: autores

Enquanto cultivares de ciclo mais precoce (1.417,6 GDA) apresentaram menor produtividade média de 3.604,2 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). Oliveira et al. (2021) avaliando o desempenho de diferentes cultivares na mesma região de estudo, observou que em anos com déficit hídrico elevado como o de 2019-20, não houve diferenças entre cultivares. Pigatto; Oliveira e Knies (2023), observaram diferenças médias de 558 kg ha<sup>-1</sup> entre grupos de cultivares mais e menos produtivas, em um quantitativo de 22 cultivares em área de sequeiro, na mesma região de estudo.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse estudo indicam que a classificação do GMR da cultivar disponibilizada pelas empresas pode ter variações em função das condições bioclimáticas da região. Pois, cultivares de GMR baixo, apresentaram soma térmica tanto no subperíodo (SE a R1) quanto no ciclo total, mais elevada que cultivares de GMR mais alto e, vice-versa. Assim, a determinação da soma térmica é importante para a análise da duração do ciclo das cultivares e melhor compreensão da influência das práticas de manejo.

Nas condições em que o experimento foi realizado as cultivares BMX Zeus e GH 2258

(ciclo de 1.633,3 GDA) foram as mais produtivas com 4.852,1 kg ha<sup>-1</sup>. Enquanto, cultivares de ciclo mais precoce (1.417,6 GDA) apresentaram menor produtividade média (3.604,2 kg ha<sup>-1</sup>).

A partir dos resultados obtidos recomenda-se aos produtores rurais e técnicos que escolham a cultivar de soja baseada em informações regionais de produtividade e duração de ciclo, para maximizar a produtividade das suas lavouras e racionalizar o uso de insumos.

## 5. REFERÊNCIAS

1. NEUMAIER, N., FARIAS, J.R.B., NEPOMUCENO, A.L., MERTZ-HENNING, L.M., FOLONI, J.S.S., MORAES, L.A.C., & GONCALVES, S.L. **Ecofisiologia da soja**. Brasília: Embrapa soja, 2020.
2. OLIVEIRA, Z.B., EDUARDO KNIES, A., BOTTEGA, E.B., SILVA, C.B, & TEXEIRA GOMES, J.I. Influência da irrigação suplementar na produtividade de cultivares de soja para a safra e safrinha 2018-19 e 2019-20 na região central do RS. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.2, p. 15580-15595, fev. 2021.
3. PIGATTO, G.; OLIVEIRA, Z. B.; KNIES, A. E. K. Desempenho agronômico de cultivares de soja com a utilização da irrigação suplementar na safra 2022-2023. **Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**, Passo Fundo, 2023. Disponível em: <https://plantiodireto.com.br/artigos/1552>. Acesso em: 08 Nov. 2024.
4. ZANON, A. J.; STRECK, N.A.; GRASSINI, P. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. **Agronomy Journal**, v. 108, p.1447-1454, 2016.

# **PRODUTIVIDADE DA SOJA COM SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA E LUMINOSA NA SAFRA 2023/24**

Ana Luíza Canto da Silva\*, Zanandra Boff de Oliveira\*\*, Paulo César Vargas Luz\*\*, Alexander Nagorsny\*, Bruno Gabriel Mayerhofer\*, Rafael Rohrs Borges\*

## **RESUMO**

Este estudo objetivou analisar os componentes de rendimento e a produtividade da soja com suplementação luminosa (com diferentes espectros) e hídrica na safra 2023/24, em Cachoeira do Sul – RS. O experimento foi instalado na área experimental da UFSM. A cultivar BMX Zeus (GMR 5.5) foi semeada no dia 28/11/23 com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e 14 sementes por metro linear. Utilizou-se 5 luminárias LED contendo diferentes espectros, sendo estas: Red+Far Red (L1), Red+Blue (2), White (3), Far Red (L4), Red+Blue SG4 (L5). O manejo foi de 25 min de fotoperíodo extra no período compreendido entre v3 a v12/13 (29/11/23 a 15/01/24), uma pausa para soja entrar em floração (R1), após o retorno da em 20/02/24 (R5) que perdurou até 10/04/24(R8). A irrigação foi por um sistema de gotejamento superficial instalado na entrelinha de cultivo e o manejo baseou-se no balanço hídrico do solo. Os tratamentos avaliados foram: T1 (L1+irrigação), T2 (L2+irrigação), T3 (L3+irrigação), T4 (L4+irrigação), T5 (L5+irrigação), T6 (apenas com irrigação) e T7 (testemunha). A irrigação suplementar (161 mm) e a suplementação luminosa proporcionaram incrementos positivos nos componentes de rendimento e na produtividade da soja em comparação a testemunha. A máxima produtividade obtida de 143,2 sacas ha<sup>-1</sup> foi no T4.

**Palavras-chave:** tecnologias de produção, produtividade, *Glycine max M.*

## **Abstract**

This study aimed to analyze the yield components and productivity of soybeans with light (with different spectra) and water supplementation in the 2023/24 harvest, in Cachoeira do Sul – RS. The experiment was installed in the UFSM experimental area. The cultivar BMX Zeus (GMR 5.5) was sown on 11/28/23 with a row spacing of 0.45 m and 14 seeds per linear meter. We used 5 LED luminaires containing different spectrums, namely: Red+Far Red (L1), Red+Blue (2), White (3), Far Red (L4), Red+Blue SG4 (L5). The management was 25 min of extra photoperiod in the period between v3 to v12/13 (11/29/23 to 01/15/24), a break for soybeans to enter diesel (R1), after the return of on 20/ 02/24 (R5) which lasted until 10/04/24 (R8). The irony was due to a superficial drip system installed between the cultivation rows and management based on the soil's water balance. The studies evaluated were: T1 (L1+irrigation), T2 (L2+irrigation), T3 (L3+irrigation), T4 (L4+irrigation), T5 (L5+irrigation), T6 (irrigation only) and T7 (control). The additional supplement (161 mm) and light supplementation provided positive increases in the yield components and soybean productivity compared to the control. The maximum productivity obtained of 143.2 bags ha<sup>-1</sup> was in T4.

**Keywords:** production technologies, productivity, *Glycine max M.*

\* Estudante do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

## **1. INTRODUÇÃO**

A oferta de luz varia tanto diariamente quanto conforme as estações do ano e a latitude de localização da área. Dessa forma, a suplementação luminosa é uma estratégia que contribui para que as plantas se tornem mais eficientes no processo de fotossíntese. Ademais, para lavouras de maior porte, a suplementação luminosa está associada a um pivô de irrigação que serve como suporte para a fixação das lâmpadas e para o fornecimento da energia. Assim, a associação destas duas práticas de manejo: iluminação, tanto no período noturno quanto em dias nublados, maximizando o processo fotossintético e controlando o fotoperíodo, e a irrigação, para a suplementação hídrica em períodos de déficit hídrico. A deficiência hídrica é cada vez mais recorrente no RS, em função das maiores ocorrências de eventos extremos, atribuídos a mudança climática e, também, pela maior frequência da ocorrência de La Niñas nos últimos anos.

Neste contexto, essas duas tecnologias podem somar a um sistema produtivo cada vez mais moderno e contribuir para altos ganhos de produtividade por área. O aumento da produção de forma vertical, contribui para uma maior eficiência dos recursos produtivos e traz ganhos econômicos e sociais. Com base nisso, o presente estudo objetivou analisar os componentes de rendimento e a produtividade da soja com suplementação luminosa (com diferentes espectros) e hídrica na safra 2023/24, em Cachoeira do Sul – RS.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi instalado na área experimental da UFSM Cachoeira do Sul (longitude de -52,96, latitude de -30,01 e altitude de 79,2 m), cujo o solo é um Argissolo Vermelho. A cultivar BMX Zeus (GMR 5.5) foi semeada no dia 28/11/23 com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e 14 sementes por metro linear. Os tratamentos de iluminação foram aplicados em faixas de 1,8 m x 1,5 m. Utilizou-se 5 luminárias LED contendo diferentes espectros, sendo estas: Red+Far Red (L1), Red+Blue (2), White (3), Far Red (L4), Red+Blue SG4 (L5). O manejo foi de 25 min de fotoperíodo extra no período compreendido entre v3 a v12/13 (29/11/23 a 15/01/24), uma pausa para soja entrar em floração (R1), após o retorno da em 20/02/24 (R5) que perdurou até 10/04/24(R8). A irrigação foi por um sistema de gotejamento superficial instalado na entrelinha de cultivo e o manejo baseou-se no balanço hídrico do solo, conforme Allen et al. (1998), para manter a capacidade de água disponível com a fração de esgotamento de 40%. Assim, os tratamentos avaliados foram: T1 (L1+irrigação), T2 (L2+irrigação), T3 (L3+irrigação), T4 (L4+irrigação), T5 (L5+irrigação), T6 (apenas com irrigação) e T7 (testemunha). A colheita foi no dia 18/04/24, na qual foram arrancadas e processadas as plantas da área central de cada parcela e determinou-se o peso de mil grãos (PMG em g), o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$  / 60: sacas  $\text{ha}^{-1}$ ).

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Ao longo do ciclo de cultivo o acumulado de chuvas foi de 661,2 mm, superando a evapotranspiração (ETc) da cultura acumulada que foi de 519,0 mm. Ainda assim, foram

necessários 121,0 mm de irrigação suplementar para suprir a demanda hídrica da cultura nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 1), quando a demanda hídrica é máxima ( $K_c = 1,10$ ). De acordo com Taiz; Zeiger (2013), déficits hídricos durante a floração e o enchimento de grãos podem provocar o fechamento dos estômatos e a murcha das folhas, aumentando a queda de flores e provocando o abortamento de vagens.

A irrigação suplementar e a suplementação luminosa proporcionaram incrementos positivos nos componentes de rendimento e na produtividade da soja em comparação a testemunha (T7). A produtividade mais alta (143, 2 sacas  $ha^{-1}$ ) foi obtida no T4. Sendo que, o incremento de produtividade no T4 foi 51,8 sacas  $ha^{-1}$  em comparação ao T7. Enquanto, o incremento apenas pela irrigação suplementar (T6) foi de 24,1 sacas  $ha^{-1}$  em comparação ao T7. Por outro lado, a adição da suplementação luminosa com a irrigação (T4) incrementou em 27,8 sacas  $ha^{-1}$  em comparação a lavoura irrigada apenas (T6). Na figura 1 é possível observar, também, a elevação no número de grãos por vagem e no PMG com a suplementação luminosa, especialmente no T4 e T5. Em estudo similar, mas apenas testando a suplementação luminosa Lange et al. (2024), avaliando espectro: luz vermelha (630 a 660 nm) e azul, (430 a 460 nm) e tempos de suplementação luminosa (0, 15, 30 e 60 minutos), não observaram influencia na produtividade e componentes de rendimento da cultura da soja. Indicando, que a disponibilidade hídrica é o principal limitante a produtividade da cultura e que as duas práticas (suplementação hídrica e luminosa) devem estar associadas.

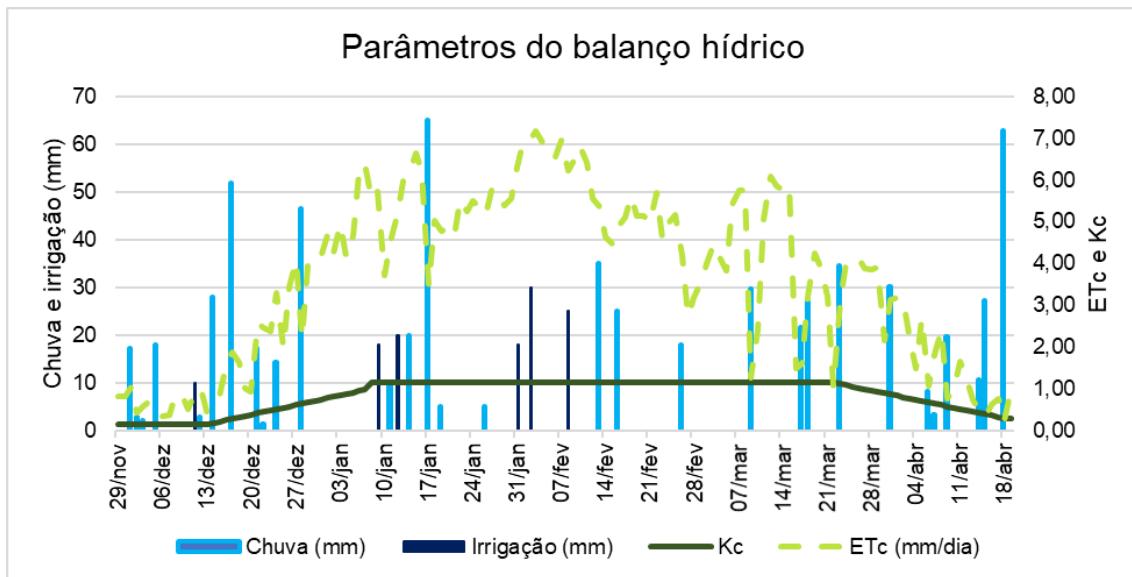


Figura 1 – Parâmetros do balanço hídrico durante o ciclo de cultivo da soja.

Fonte: autores

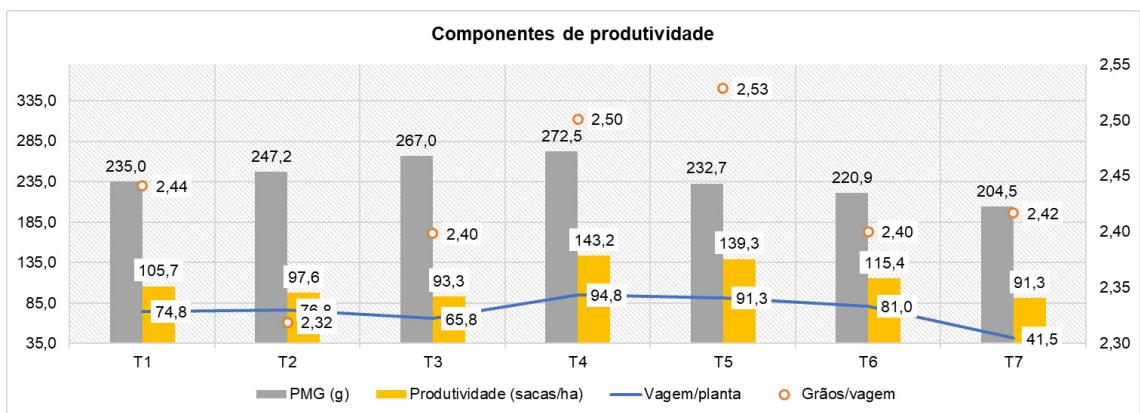


Figura 2 – Resultado dos componentes de rendimento e da produtividade das cultivares de soja.

Fonte: autores

#### 4. CONCLUSÕES

A irrigação suplementar e a suplementação luminosa proporcionaram incrementos positivos nos componentes de rendimento e na produtividade da soja em comparação a testemunha. A produtividade da soja foi máxima de 143,2 sacas ha<sup>-1</sup> foi no T4 (irrigação suplementar + suplementação luminosa Far Red), seguida de 139,3 sacas ha<sup>-1</sup> no T5 (irrigação suplementar + suplementação luminosa Red+Blue SG4).

## 5. REFERÊNCIAS

- 1.ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998, (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 06 Set. 2024.
- 2.LANGE,L.; MULLER, J.G.; BARNANRDI, N.D.C.; TRENTIN, F., AGOSTINETTO, D. Avaliação de componentes de rendimento e produção de sementes de soja em função de diferentes tempos de suplementação luminosa. **Anais** [...] XXXIII CIC Congresso de Iniciação Científica da UFPel. Disponível em: [https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2024/CA\\_05121.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2024/CA_05121.pdf). Acesso em: 06 Set. 2024.
- 3.TAIZ L, ZEIGER E. **Fisiologia Vegetal**. 5th. edn. Porto Alegre, Artmed, 2013.

# **ANÁLISE COMPUTACIONAL DE TEMPERATURA ATRAVÉS DA CAPACIDADE TÉRMICA DA ABSORÇÃO DE CALOR DE UMA PEÇA SOLDADA**

Luan Henrique Pastuchenko\*, Ederval de Souza Lisboa\*\*, Anderson Dal Molin\*\*

## **Resumo**

Este estudo apresenta uma análise computacional da temperatura em peças soldadas, enfatizando a importância do controle da temperatura final para garantir a qualidade e a integridade das juntas soldadas. Através da modelagem 3D no Autodesk Inventor® e simulações térmicas no Ansys®, visando auxiliar uma empresa metalmecânica na identificação da temperatura média final das peças para controle a fim de minimizar possíveis defeitos como trincas e distorções, assim utilizando resultados obtidos para demonstrar que a simulação computacional é uma ferramenta eficaz para processos na fabricação e melhorar a durabilidade das peças.

Palavras-chave: Ansys®, Temperatura, Simulação.

## **1. INTRODUÇÃO**

A temperatura final do material após a soldagem é crucial na engenharia, pois influencia diretamente a qualidade e a integridade das juntas soldadas. Controlar essa temperatura é essencial para evitar defeitos como trincas, distorções e alterações na microestrutura, que podem comprometer as propriedades mecânicas e a durabilidade da solda. Assim a partir do seguinte relatório, será possível validar a temperatura final de uma peça após uma solda, e dentro da margem de erro, obter resultados satisfatórios com suas equações estudadas na física.

## **2. PROBLEMA PROPOSTO**

Dentro da indústria a técnica de soldagem é amplamente utilizada para fabricação, visando isso uma empresa metalmecânica de cachoeira do sul do ramo de produção de peças para maquinários agrícolas busca não ter que enfrentar desafios relacionados à integridade e durabilidade de suas juntas soldadas, com isso a empresa precisa entender e controlar a temperatura final das peças após a soldagem para garantir a qualidade das juntas e minimizar defeitos. A empresa deseja validar a implementação de um sistema de monitoramento e controle térmico que permita a análise precisa da temperatura final e sua influência nas propriedades das juntas soldadas.

### **2.1 OBJETIVOS:**

- A) Identificar a Temperatura média final da peça:** Determinar a faixa de temperatura final que resulta nas juntas soldadas.
- B) Modelagem 3D:** Identificar a Temperatura média final da peça: Determinar a faixa de temperatura final que resulta nas juntas soldadas.
- C) Analise Térmica através do Ansys®:** Desenvolver o modelo 3D para a simulação computacional afim de validar o cálculo da temperatura e localizar a zona da solda e a zona termicamente afetada.

### **2.2 PEÇAS:**

Foram utilizadas duas peças de extensão de peneira para colheitadeiras sendo uma cantoneira e um suporte.

\* Acadêmico de Engenharia Mecânica, Universidade federal de Santa Maria campus Cachoeira do Sul Rod. Taufik Germano, nº 3013, 96503-205, Rio Grande do Sul, Brasil

Email: luan.pastuchenko@acad.ufsm.br

\*\*Docente do Curso de Engenharia Mecânica, Universidade federal de Santa Maria campus Cachoeira do Sul Rod. Taufik Germano, nº 3013, 96503-205, Rio Grande do Sul, Brasil

Email: ederval.lisboa@ufsm.br e anderson.molin@ufsm.br



*Figura 1 – Cantoneira*

*Fonte: Autor*



*Figura 1 – Suporte*

*Fonte: Autor*



*Figura 3 – Posição de encaixe*

*Fonte: Autor*

### **3. DESENVOLVIMENTO**

O cálculo da temperatura final de uma peça após a soldagem e a determinação de sua capacidade térmica são cruciais para entender e controlar o comportamento térmico e mecânico do material durante um processo térmico assim podemos seguir os princípios fundamentais da física utilizando as equações necessárias para realizar essas determinações.

**Capacidade Térmica:** A capacidade térmica ( $Q$ ) de um material indica a quantidade de calor necessária para alterar sua temperatura e é dada pela multiplicação da massa do material pela capacidade térmica específica do material ( $c$ ) e da variação de temperatura ( $\Delta T$ ):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T [1] \quad (1)$$

Onde:

$Q$  é a quantidade de calor (J)

$m$  é a massa do material (kg)

$c$  é a capacidade térmica específica do material (J/kg . K)

$\Delta T$  é a variação de temperatura (K)

Como estamos utilizando um aço estrutural para a simulação, sua capacidade térmica específica do material já é tabelada, sendo aproximadamente 125 (J/kg·K).

### 3.1 Determinação da Temperatura Final

Para determinar a temperatura final ( $T_f$ ) após a soldagem, podemos calcular através da energia introduzida no metal base utilizando a equação:

$$E = \frac{\eta \cdot V \cdot I}{v} [2]$$

Considerando a quantidade total de calor ( $Q$ ) introduzida pelo processo de soldagem é determinada pela potência da fonte de solda ( $P$ ) e o tempo de aplicação ( $t$ ) mas ao invés do tempo podemos usar o rendimento térmico do processo ( $\eta$ ) para calcular quanta energia está sendo transferida alterando para esse cálculo:

$$Q = P \cdot \eta [1] \quad (2)$$

$$P = A \cdot V [1] \quad (3)$$

Onde:

$\eta$  = rendimento térmico do processo (%)

$I$  = corrente de soldagem (A)

$V$  = tensão do arco elétrico (V)

Para determinarmos os valores usaremos o padrão do equipamento, sendo uma máquina de solda Sumig – Eagle 380S (MAG/MIG). [6]

*Tabela 1. Parâmetros de soldagem para o processo numérico e experimental*

Parâmetros	Valores
Tensão do arco	Entre 33 V e 34 V
Corrente	Entre 155 A e 220 A
Velocidade de Soldagem (Deslocamento)	10 mm/s
Rendimento	80%

Assim ficamos com:

$$Q = (155 \cdot (33,5)) \cdot 0,8 \quad (4)$$

$$Q = 4154W \quad (5)$$

Usando a equação da capacidade térmica:

$$Q = mc(T_f - T_i) [1] \quad (6)$$

Podemos rearranjar para isolar a temperatura inicial ( $T_i$ )

$$T_f = T_i + Q/(m \cdot c) \quad (7)$$

Considerando uma temperatura inicial de 295°K (22°C), além da massa de valor aproximado há 400g (0,4Kg), com esses dados podemos determinar a temperatura final:

$$\begin{aligned} T_f &= 295^{\circ}\text{K} + 4154/(0,4 \cdot 125) \\ T_f &= 378,08^{\circ}\text{K} \end{aligned} \quad (8)$$

#### 4 Analise pelo software

Para desenvolver o trabalho foi utilizado dois softwares, o Autodesk Inventor 2025©, um software de modelagem CAD para a criação das peças 3D, e o ANSYS 2024© que utiliza o método dos elementos finitos (MEF) para simulação.

*Análise computacional de temperatura através da capacidade térmica da absorção de calor de uma peça soldada*

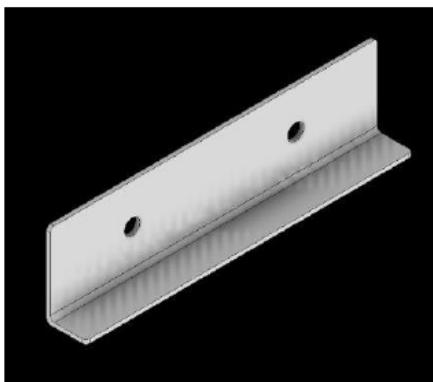


Figura 4 - Suporte 3D

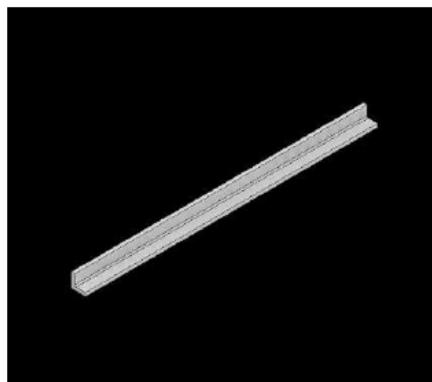


Figura 5 - Cantoneira 3D

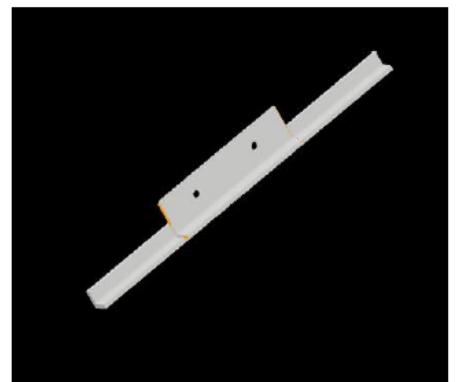


Figura 6 - Montagem 3D

Fonte: Autor

Fonte: Autor

Fonte: Autor

Após a modelagem no Autodesk Inventor 2025© passamos para o Ansys 2024© para selecionar a geometria e selecionar o material, foi utilizado o “Structural Steel” (aço estrutural) como material base da geometria.

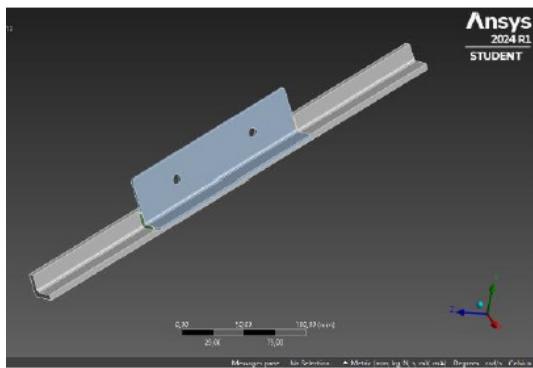


Figura 7 - Geometria no Ansys 2024

Fonte: Autor

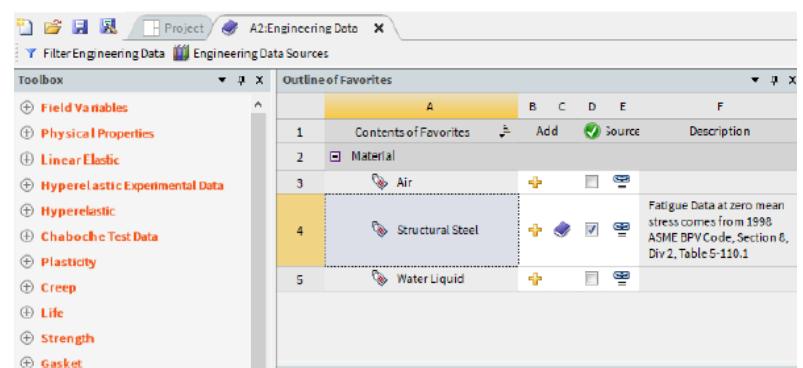


Figura 8 – Seleção de Material no Ansys 2024

Fonte: Autor

Foi selecionado a opção de análise “Transient Thermal” para adicionar o fator tempo na análise térmica, houve a renomeação das partes da geometria além das áreas de contato para selecionar todas com contato “bonded” para não haver deslizamento.

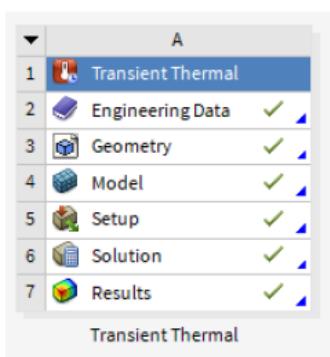


Figura 9 – Analise Térmica

Fonte: Autor

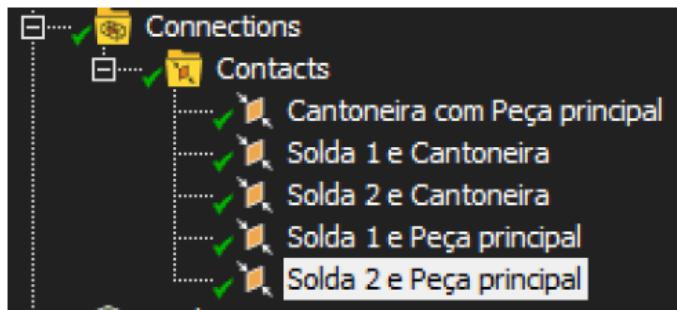


Figura 10 – Áreas de contato

Fonte: Autor

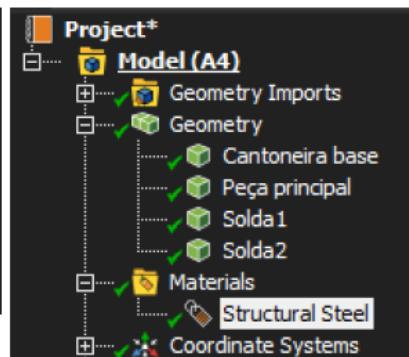


Figura 11 – Partes da geometria

Fonte: Autor

Antes de colocar os dados para a simulação foi criado uma malha de 2mm devida a espessura das chapas das peças.



Figura 12 – Desenvolvimento da malha

Fonte: Autor

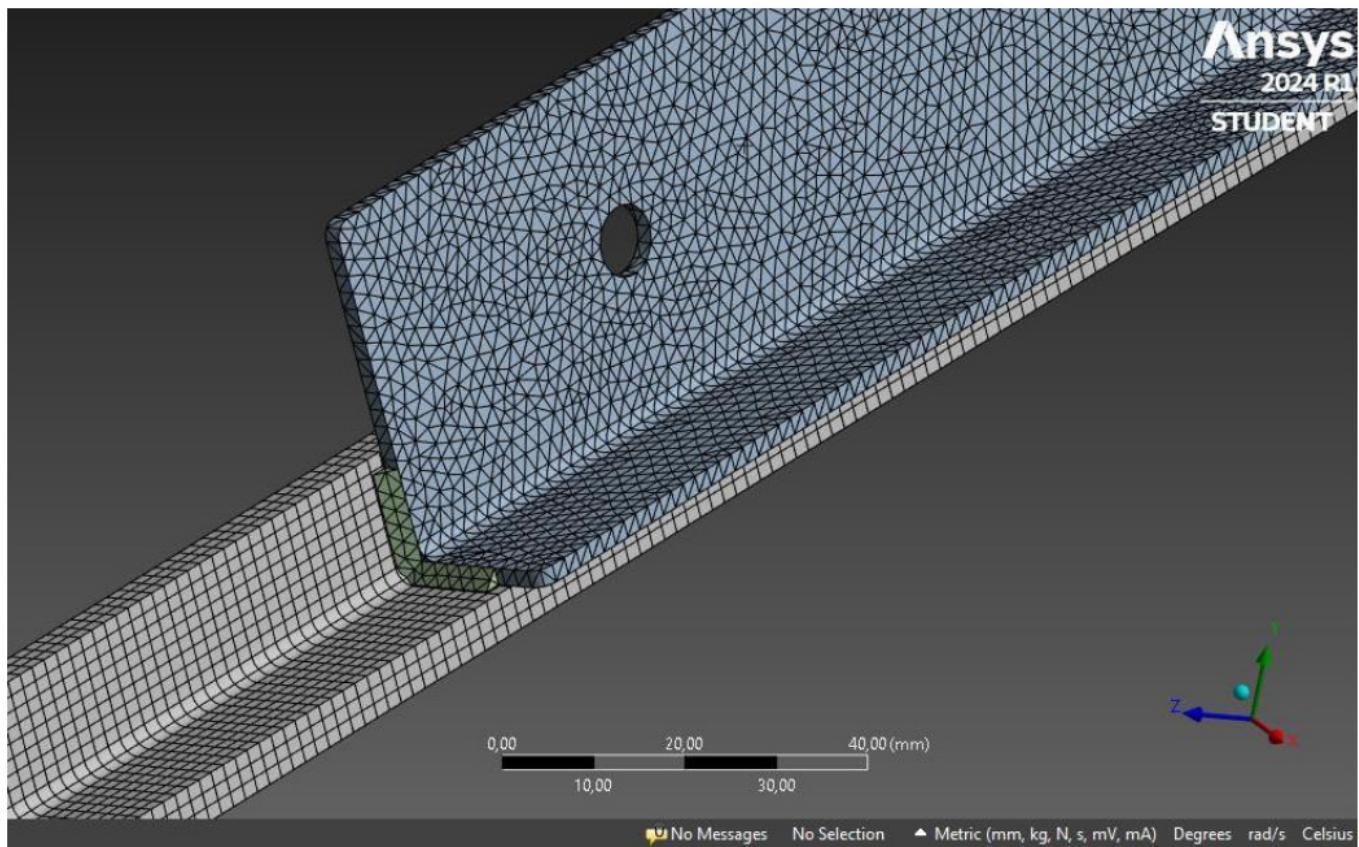


Figura 13 - Malha aproximada

Fonte: Autor

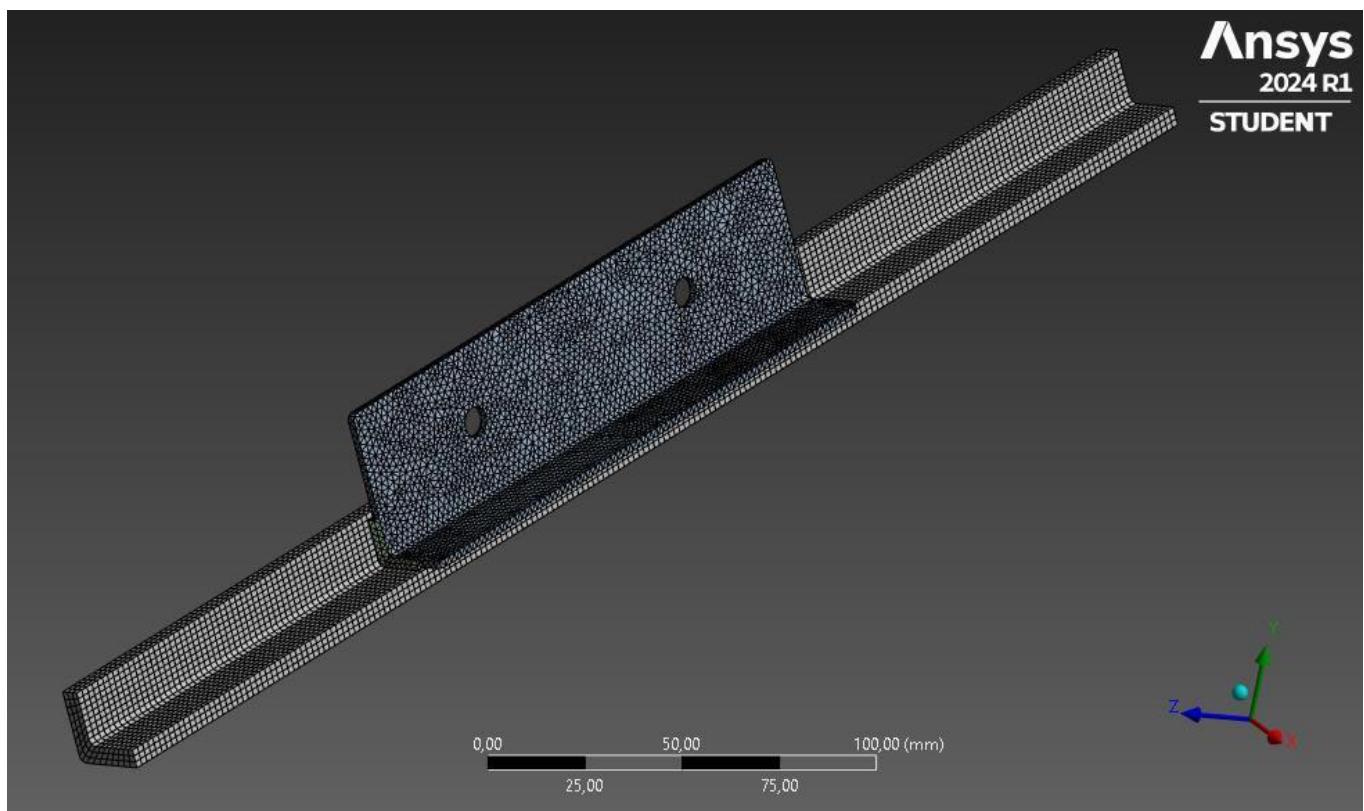


Figura 14 - Malha peça inteira

Fonte: Autor

Depois da geração da malha na geometria foi inserido os dados de temperatura inicial, o tempo e o fluxo de calor para depois selecionar como resultado da simulação a temperatura e por fim o “solve”.

*Análise computacional de temperatura através da capacidade térmica da absorção de calor de uma peça soldada*

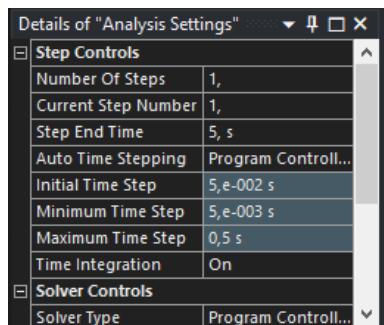


Figura 15 - Tempo

Fonte: Autor

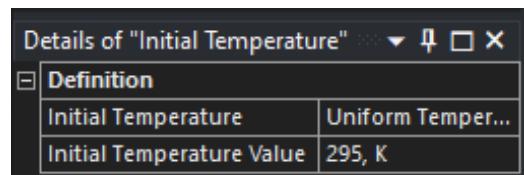


Figura 16 – Temperatura inicial

Fonte: Autor

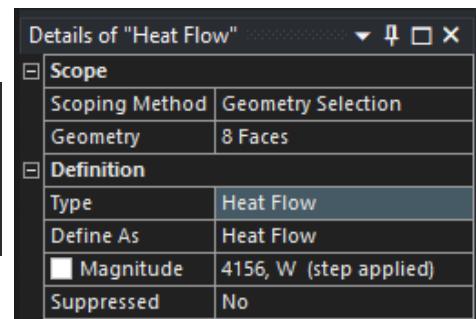


Figura 17 – Fluxo de Calor

Fonte: Autor

A árvore do projeto ficou definida como mostra a figura abaixo:

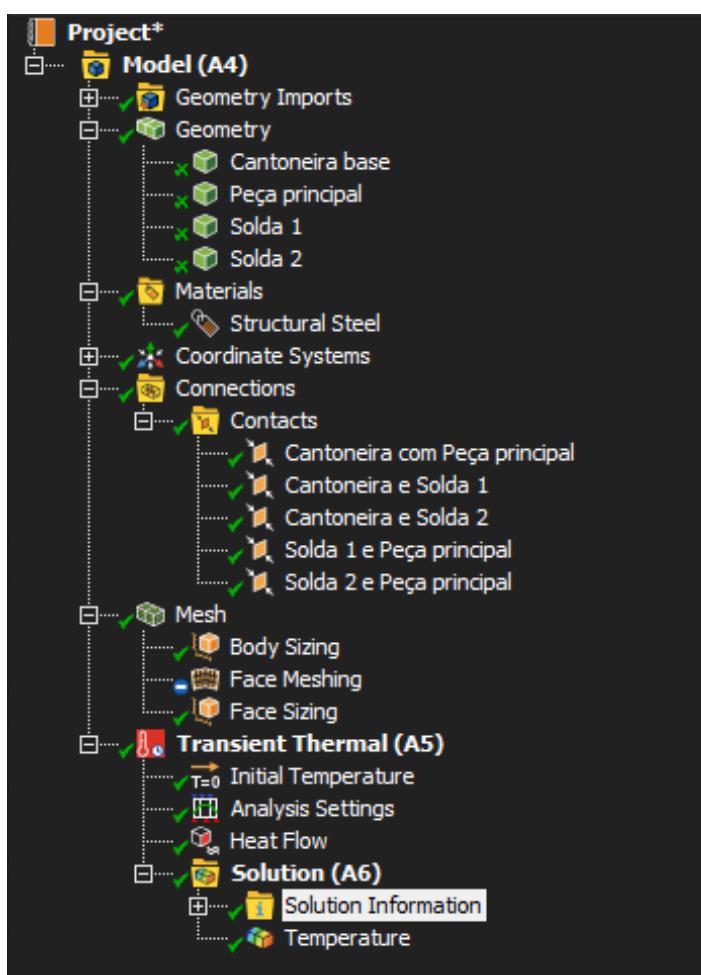


Figura 18 - Árvore do Projeto  
Fonte: Autor

## 5. CONCLUSÕES

Por fim os resultados obtidos através da simulação, após os cinco segundos da solda a peça atingiu uma temperatura média de 377,87°K, que gerou uma diferença de 0,21°K em relação ao resultado esperado de 378,08°K, por ser resultados extremamente próximos podemos validar o desenvolvimento teórico com o computacional, fornecendo uma base sólida de resultado facilitando o entendimento dos fatores que influenciam o comportamento térmico da peça para a fabricação dentro da empresa.

	Time [s]	Minimum [K]	Maximum [K]	Average [K]
1	5.e-002	269,63	904,52	297,86
2	6,6667e-002	264,26	1000,1	298,57
3	8,3333e-002	257,93	1059,4	299,2
4	0,13333	246,69	1151,9	300,75
5	0,2392	239,43	1255,1	303,36
6	0,42287	244,55	1356,1	307,12
7	0,78424	265,28	1470,4	313,54
8	1,2842	294,11	1576,4	321,75
9	1,7842	294,76	1659,1	329,66
10	2,2842	294,96	1728,7	337,39
11	2,7842	295,	1789,6	345,
12	3,2842	294,99	1844,7	352,52
13	3,7842	294,99	1897,6	359,97
14	4,2842	295,	1946,8	367,37
15	4,7842	295,	1992,9	374,71
16	5,	295,	2012,3	377,87

Tabela 19 – Temperaturas

Fonte: Autor

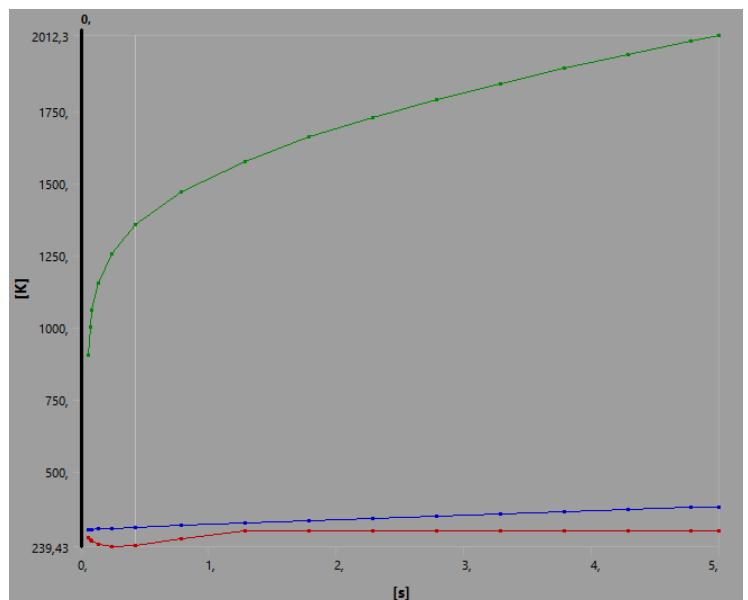


Figura 20 – Gráfico gerado pelos resultados da figura 19

Fonte: Autor

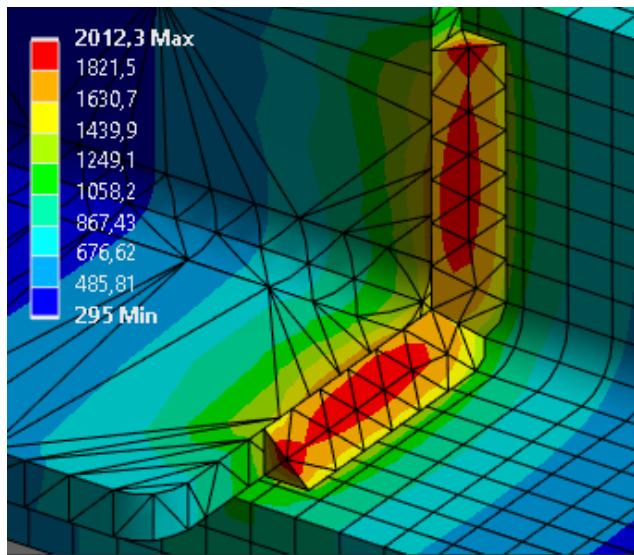


Figura 21 – Fluxo Térmico

Fonte: Autor

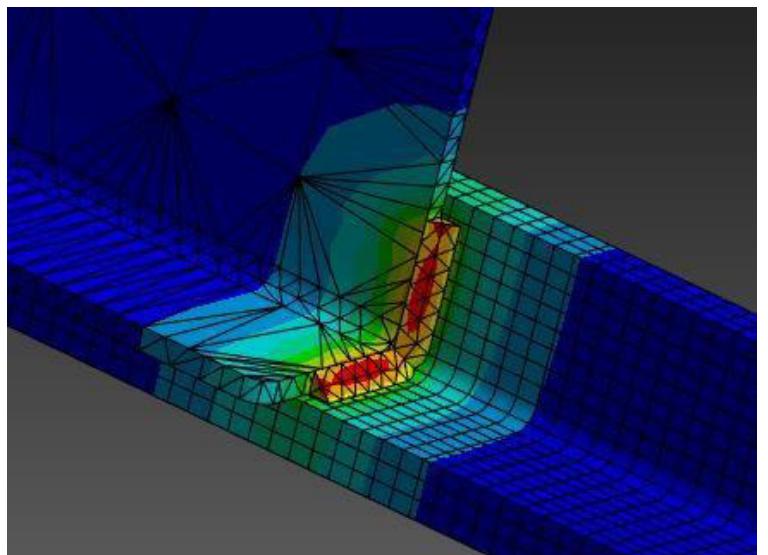


Figura 22 – Visualização da zona com temperatura afetada  
Fonte: Autor

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] R. Resnick and D. Hallyday. Fundamentos de Física - volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. p. 184-209.
- [2] R. Resnick and D. Hallyday. Física. 4 ed. Livros técnicos e científicos editora LTDA, 1983.
- [3] Garcia, Douglas Neves; Bernardi, Rafael Albino; Lima, A. K. F. D. "Análise da zona afetada pelo calor em soldagem dupla camada utilizando o método dos elementos finitos: Analysis of heat affected zone in double layer welding using the finite element method". Revista Matéria, Rio de Janeiro, RJ, v. 25, n. 02, p. 1-11, abr./2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343207755>. Acesso em: 20 jul. 2024.
- [4] Melo, R. L. F. et al. "ANÁLISE NUMÉRICA-EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA CHAPA NO CAMPO DE TEMPERATURA EM SOLDAGEM TIG DO AISI 1020". 22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Natal, RN, Brasil, v. 1, n. 1, p. 4584-4594, nov./2016. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=pt-BR&user=3KKHGLcAAAAJ&citation\\_for\\_view=3KKHGLcAAAAJ:WF50mc3nYNoC](https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=3KKHGLcAAAAJ&citation_for_view=3KKHGLcAAAAJ:WF50mc3nYNoC). Acesso em: 20 jul. 2024.
- [5] Schauenberg, Aquiles S. et al. "Topology optimization applied to a threshing separation rotor component" CILAMCE-PANACM-2021 Proceedings of the joint XLII Ibero-Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering and III Pan-American Congress on Computational Mechanics, ABMEC-IACM, Rio de Janeiro, Brazil, 2021.
- [6] SOLENGE. Máquina de Solda Mig 250 Mono 220V. disponível em: <https://solengesoldas.com.br/produtos/produto/máquina-de-solda-mig-250-mono-220v/#:~:text=É%20indicada%20para%20soldar%20em,eficiente%20alcançando%20até%20220%20Ampe%20res>. Acesso em: 20 de Jul. 2024.
- [7] Moura, A. R. da Silva Moura. "SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO CAMPO DE TEMPERATURA NA SOLDAGEM TIG DO AÇO AISI 316L", Mossoró, RN, abr/2018.

## MOMENTO DE INÉRCIA E RESISTÊNCIA ESTRUTURAL

João Paulo Zancan Marchesan\*, João Pedro Valansuelo de Abreu\*, Lucas Alves Lamberti\*

### Resumo

Este projeto visa demonstrar a importância do momento de inércia na análise de estruturas, com foco na resistência dos materiais. O momento de inércia quantifica a resistência de uma seção transversal à flexão, sendo essencial para o dimensionamento de estruturas que suportem cargas sem deformações excessivas. Para uma abordagem prática e visual, foram construídas diferentes formas geométricas utilizando palitos de madeira, incluindo retângulos e círculos. Cada forma foi analisada quanto ao seu momento de inércia, previamente calculado, e comparada em termos de resistência à flexão. A distribuição da massa em relação ao eixo neutro foi destacada como fator-chave para aumentar ou reduzir a rigidez da estrutura. O experimento visa mostrar, de forma didática, como a geometria da seção transversal influencia o comportamento de vigas e colunas, com aplicações práticas em engenharia civil e mecânica. Essa abordagem facilita a compreensão de conceitos fundamentais, como a importância de maximizar o momento de inércia para otimizar a resistência estrutural, minimizando deformações em construções reais.

**Palavras-chave:** Palito de madeira, momento de inércia, resistência dos materiais.

### Abstract

This project aims to demonstrate the importance of the moment of inertia in structural analysis, focusing on material strength. The moment of inertia quantifies the resistance of a cross-section to bending, being essential for the design of structures that must support loads without excessive deformation. For a practical and visual approach, different geometric shapes were constructed using wooden sticks, including rectangles and circles. Each shape was analyzed for its moment of inertia, previously calculated, and compared in terms of bending resistance. The distribution of mass relative to the neutral axis was highlighted as a key factor in increasing or reducing the structure's stiffness. The experiment aims to demonstrate in an educational way how the geometry of the cross-section influences the behavior of beams and columns, with practical applications in civil and mechanical engineering. This approach helps facilitate the understanding of fundamental concepts, such as the importance of maximizing the moment of inertia to optimize structural strength and minimize deformations in real-world constructions.

---

\* Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Keywords:** wooden stick, moment of inertia, strength of materials.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da resistência dos materiais analisa o comportamento de estruturas sob a aplicação de cargas, prevendo possíveis falhas e garantindo segurança. Essa área inclui o conceito de momento de inércia, uma propriedade geométrica que quantifica a distribuição da massa de uma seção transversal em relação a um eixo de referência. Essa grandeza é determinante para avaliar a resistência de vigas e colunas à flexão, uma vez que estruturas com maior momento de inércia tendem a ser mais rígidas e menos suscetíveis a deformações<sup>1</sup>.

O projeto busca demonstrar a influência do momento de inércia no comportamento de estruturas submetidas a cargas, utilizando três configurações distintas: um palito de churrasco de fibras de bambu, um palito de picolé do mesmo material e uma versão reforçada deste último, composta por dois palitos colados. Para isso, foram realizados cálculos teóricos do momento de inércia e testes práticos de carga. A eficiência estrutural está ligada à otimização da seção transversal, e a distribuição da massa em relação ao eixo neutro é um fator crítico para aumentar a rigidez de vigas e colunas<sup>2</sup>.

Por fim, este estudo busca ilustrar, de maneira prática, a relevância do momento de inércia na engenharia, destacando sua aplicação no desenvolvimento de soluções estruturais mais eficientes e sustentáveis.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido utilizando palitos de madeira feitos de fibra de bambu para construir três diferentes estruturas: barras de palitos de picolé simples com dimensões de 105 mm de comprimento, 10 mm de base e 2 mm de altura (Figura 1); barras de palitos de churrasco cilíndricos com 105 mm de comprimento e raio de 2 mm (Figura 2); e barras de palitos de picolé colados, formando uma seção com dimensões de 105 mm de comprimento, 10 mm de base e 4 mm de altura. Para a montagem das estruturas, foram utilizados cola para fixação e instrumentos de medição como régua.



Figura 1: Estrutura de palitos simples



Figura 2: Estrutura de palitos de churrasco

O procedimento consistiu na construção e análise estrutural das três configurações de palitos de madeira, considerando o momento de inércia como principal parâmetro mecânico para comparação da resistência das estruturas. Foram aplicadas as fórmulas do momento de inércia para cada estrutura, levando em conta suas geometrias transversais. Para os palitos simples e colados, utilizaram-se as equações 1 e 2, enquanto para os palitos de churrasco foi empregada a equação 3.

$$I_{xc} = \frac{bh^3}{12} \quad (1)$$

$$I_{yc} = \frac{hb^3}{12} \quad (2)$$

$$I_{xc} = I_{yc} = \frac{\pi r^4}{4} \quad (3)$$

Após a construção, foram realizados testes de carga para determinar a capacidade máxima das estruturas. Foi colocado uma barra passando pelo centro de duas vigas superiores. Em seguida, foi colocada cargas progressivas de 1 kg até a ruptura.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Quadro 1 apresenta os resultados de momento de inércia das barras.

Estrutura			
Palito Simples	6,67	166,67	173,33
Palito Churrasco	12,57	12,57	25,13
Palito Colado	53,33	333,33	386,67

Quadro 1: Momentos de inércia calculados para cada tipo de estrutura.

Os palitos de picolé colados, por terem maior altura na seção transversal, apresentaram o maior momento de inércia e, consequentemente, maior resistência à flexão. Sua rigidez era constatada no manuseio das estruturas. Isso reduz concentrações de tensão e melhora a distribuição dos esforços, minimizando deformações. A resistência ao cisalhamento também é afetada pelo formato da seção, sendo mais crítica nos pontos de carga e junções estruturais.

No experimento (Figura 3), a estrutura de palitos de picolé simples rompeu com 9 kgf de carregamento (Figura 4), enquanto a estrutura de palitos de churrasco, que possui um momento de inércia menor em ambos os eixos, falhou sob uma carga de apenas 6 kgf. A estrutura composta por dois palitos de picolé colados não foi testada experimentalmente, mas os maiores valores de momento de inércia sugerem que ele suportaria uma carga maior do que a estrutura de um único palito.



*Figura 3: Carga Aplicada na estrutura*



*Figura 4: Estrutura de Palito simples*

Os resultados mostram que o momento de inércia influencia diretamente a resistência das torres, determinando sua rigidez à flexão. A estabilidade das torres está ligada à flambagem, que ocorre quando um elemento delgado sofre instabilidade sob compressão. Segundo a equação de Euler, expressa na equação 4, a carga crítica de flambagem depende do momento de inércia e do comprimento da coluna, tornando os palitos de churrasco mais vulneráveis. Além disso, a carga admissível deve considerar esforços combinados de compressão, cisalhamento e flambagem, garantindo um fator de segurança adequado. Assim, a geometria dos elementos estruturais impacta diretamente a resistência e estabilidade da torre.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} \quad (4)$$

#### 4. CONCLUSÕES

A análise experimental realizada permitiu correlacionar a influência do momento de inércia

na resistência estrutural das diferentes configurações testadas. Conforme os valores obtidos, observa-se que a estrutura de palitos de picolé simples apresentou um momento de inércia significativamente maior em relação ao eixo y do que a estrutura de palitos de churrasco, o que se refletiu diretamente na sua capacidade de suportar carga.

Dessa forma, o estudo confirma que o momento de inércia é um fator determinante na resistência à flexão de elementos estruturais. A maximização dessa propriedade, sem aumentar excessivamente o material utilizado, é uma estratégia essencial para otimizar o desempenho mecânico de vigas e colunas, conceito amplamente aplicado na engenharia de estruturas.

## 5. REFERÊNCIAS

1. HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais.** 7. ed. — São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2010.
2. BEER, F. P. **Mecânica dos materiais.** 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.

# ESTUDO PRELIMINAR EM UMA JUNTA SOLDADA DE AÇO API X65 PRODUZIDA ATRAVÉS DA SOLDAGEM POR FICÇÃO LINEAR

Eduardo Colombelli da Rosa (GR)\*; Anderson Machado Borba (GR)\*; Guilherme Vieira Braga Lemos (O)\*; Marcio Medeiros de Magalhães\*\*; Diogo Buzzatt\*\*; Jonas Buzzatti\*\*; Carla Volff Amavisca\*\*; Afonso Reguly\*\*

## Resumo

O processo de soldagem por fricção linear (do inglês *linear friction welding* (LFW)) foi aplicado à liga de aço API X65, e uma caracterização preliminar da junta soldada foi realizada. Neste trabalho, análises metalográficas foram realizadas com microscopia ótica para observação da macroestrutura e as microestruturas formadas com este processo de soldagem no estado sólido. Contudo, este processo de união demonstrou ser eficaz na liga API X65, com a junta soldada uma macrografia adequada e livre de defeitos, indicando a sua boa qualidade. Por fim, um refino de grão foi alcançado próximo a interface da solda.

**Palavras-chave:** soldagem por fricção linear, aço API X65, macroestrutura, microestrutura.

## Abstract

Linear friction welding (LFW) process was applied to the API X65 steel, and a preliminary characterization of the welded joint was undertaken. In this work, metallographic analyses were performed using optical microscopy to observe the macrostructure and microstructures formed with this solid-state welding process. Therefore, this joining process was shown to be effective on the API X65 steel, with the joint presenting an adequate macrograph and no defects, indicating its good quality. Finally, grain refinement was achieved near the weld interface.

**Keywords:** linear friction welding, API X65 steel, macrostructure, microstructure.

## 1. INTRODUÇÃO

A soldagem é um dos principais processos de fabricação de materiais metálicos na indústria, sendo essencial na manufatura e manutenção de diversas estruturas e componentes. Os processos tradicionais de soldagem a arco elétrico, como eletrodo revestido, MIG/MAG, TIG, entre outros, envolvem o aquecimento dos materiais até a fusão (frequentemente com a utilização de materiais de adição) e a sua consequente solidificação. Em contraste, a soldagem por fricção linear (do inglês *linear friction welding*), como um processo de união no estado sólido, possui diversas vantagens como, baixas tensões residuais trativas (e distorção resultante), união sem a necessidade de metal de adição, possibilidade de soldagem de ligas diferentes (dissimilares), diminuição da zona afetada pelo calor (ZAC), risco reduzido de formação de trincas induzidas

\* Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rod. Taufik Germano, 3013, 96503-205, Cachoeira do Sul, Brasil

\*\* Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF), Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil

por hidrogênio e solidificação, porosidade ou formação de microestrutura de fundição colunar/dendrítica deletéria, além de ser considerado tecnologia verde (sem emissão de fumos ou gases tóxicos) [1, 2, 3, 4, 5].

O material avaliado neste trabalho é o aço API X65, muito utilizado em dutos rígidos para transporte de fluidos, principalmente na indústria petrolífera. Ele apresenta teores moderados de carbono (0,10% a 0,18%) e elementos de liga como manganês, nióbio e vanádio, apresentando boa resistência e ductilidade [6]. Este presente trabalho tem o foco na união de duas seções de aço API X65 através do processo de soldagem por fricção linear, fazendo uma análise metalográfica preliminar da junta soldada produzida.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Chapas de aço API X65 com 15 mm de largura, 45mm de comprimento e 6 mm de espessura foram utilizadas neste trabalho. A junta soldada foi produzida em máquina de soldagem chamada de máquina de fricção linear (MFL) (Figura 1) que foi desenvolvida no LAMEF/UFRGS especificamente para unir risers de armadura de tração de tubos flexíveis [3]. A máquina pode operar com frequência de até 100 Hz e aplicar força de até 25 kN. Neste contexto, os parâmetros de soldagem utilizados foram: frequência 70 Hz, taxa 2 kN/s, amplitude 2 mm, força alvo 10 kN e consumo 6 mm.

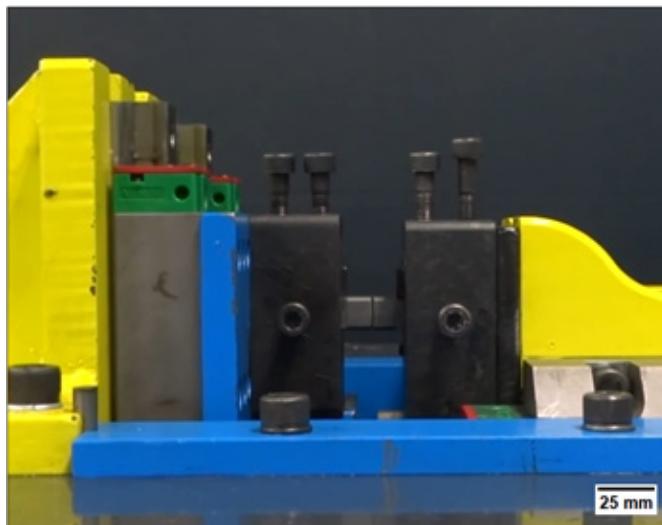
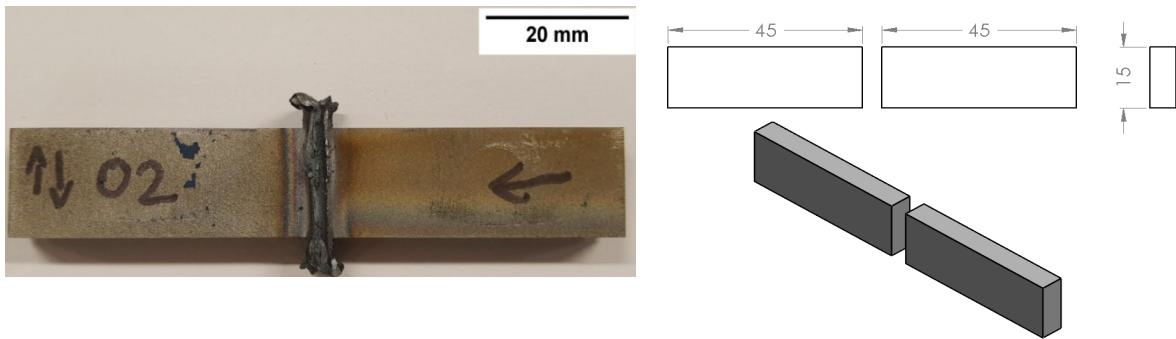


Figura 1: Maquina MFL.

Fonte: Autores

Para a caracterização das soldas, a amostra (Figura 2) foi cortada e as análises microestruturais seguiram as práticas convencionais de metalografia e, por último, atacadas com o reagente Nital 5%. A microscopia óptica foi utilizada para uma observação da microestrutura do material de base (MB) e interface junta soldada.



(a) junta soldada, com a amostra apresentando rebarba

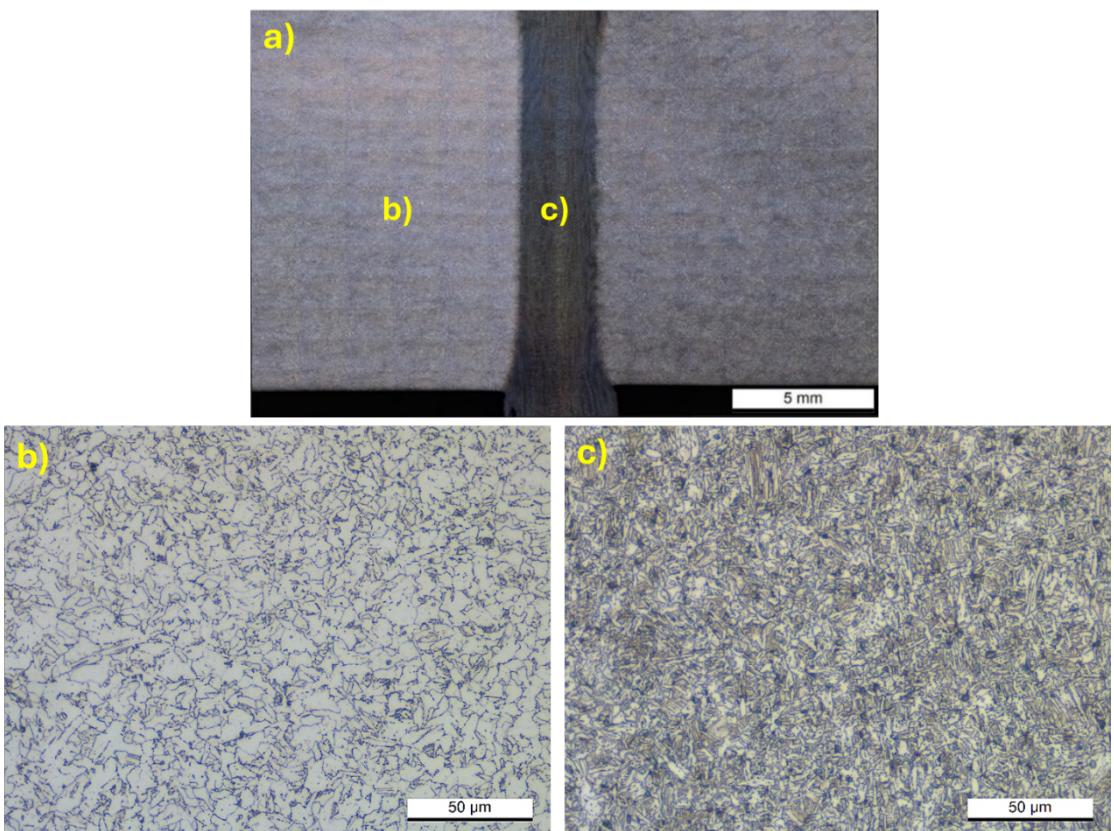
(b) desenho 3D

*Figura 2: Amostra.*

*Fonte: Autores*

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 a) apresenta uma macrografia longitudinal da junta soldada após a análise metalográfica e ataque químico com o reagente Nital 5%. A Figura 3 b) consiste em uma micrografia óptica da microestrutura do aço API X65 como recebido, também no sentido longitudinal. A análise revelou que a microestrutura é composta por diferentes morfologias de ferrita, apresentando de forma predominante a ferrita poligonal (FP), com frações reduzidas de ferrita acicular (FA) e ferrita quase-poligonal (FQ). Além disso, observações em maior magnificação, indicaram a presença de carbonetos. Por sua vez, a Figura 3 c) apresenta uma micrografia da região central da amostra, próxima à interface de união, onde se observa um aparente refino de grão. Esse refino pode ser atribuído ao processo de recristalização dinâmica da austenita, promovida pela combinação de alta temperatura e a deformação plástica intensa impostas pelo processo de soldagem. A microestrutura dessa região consiste principalmente em FA e bainita (B). Por fim, a inspeção visual e a análise das imagens obtidas confirmaram a ausência de defeitos, como porosidade e trincas, evidenciando a eficiência da soldagem por fricção linear na obtenção de juntas soldadas de elevada qualidade.



*Figura 3: a) Macrografia da junta soldada, b) Material base (como recebido), c) Centro da junta soldada*

*Fonte: Autores*

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo preliminar mostraram que a soldagem por fricção linear foi efetiva para a união do aço API X65. A junta soldada apresentou um refino de grão na região central (próxima à interface da solda), o que é esperado devido ao atrito e a alta deformação induzida no processo. Trabalhos futuros devem considerar uma avaliação detalhada das propriedades mecânicas da junta soldada. Além disso, uma avaliação futura pode explorar a resistência à fadiga da junta e a influência de diferentes parâmetros de soldagem nas propriedades mecânicas do aço.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] Ye, F.; Fujii, H., Tsumura, T.; & Nakata, K. (2006). **Friction stir welding of Inconel alloy 600.** *Journal of materials science*, 41(16), 5376-5379.
- [2] Lemos, G. V. B.; Farina, A. B.; Nunes, R. M.; da Cunha, P. H. C. P.; Bergmann, L.; dos Santos, J. F.; & Reguly, A. (2019). **Residual stress characterization in friction stir welds of alloy 625.** *Journal of Materials Research and Technology*, 8(3), 2528-2537.
- [3] Walter, N. M. B; Lemos, G. V. B.; Kieckow, G. S.; Buzzatti, D. T.; Buzzatti, J. T.; Mattei, F.; Reguly, A.; Clarke, T.; Paes, M. T. P.; Dalpiaz, G.; Marinho, R. R. (2024) **Investigating microstructure, mechanical properties, and pitting corrosion resistance of UNS S32760 super duplex stainless steel after linear friction welding.** *Journal of Materials Research and Technology*, 1637-1643.
- [4] Kangazian, J.; & Shamanian, M. (2019). **Microstructure and mechanical characterization of Incoloy 825 Ni-based alloy welded to 2507 super duplex stainless steel through dissimilar friction stir welding.** *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 29(8), 1677-1688.
- [5] Lemos, G. V. B.; Farina, A. B.; Piaggio, H.; Bergmann, L.; Ferreira, J. Z.; Dos Santos, J. F.; & Reguly, A. (2022). **Mitigating the susceptibility to intergranular corrosion of alloy 625 by friction-stir welding.** *Scientific Reports*, 12(1), 1-9.
- [6] Cortis, G.; Nalli, F.; Sasso, M.; Cortese, L.; Mancini, E. (2022). **Effects of Temperature and Strain Rate on the Ductility of an API X65 Grade Steel.** *Appl. Sci.* 12, 2444. <https://doi.org/10.3390/app12052444>

## GUERRA CIVIL DOS MATERIAIS

Andressa da Silva Mougenot\*, Lara Bonatto Lorenzoni\*, Maria Clara Burgues Nepomuceno\*, Pietra Machado Unfer Santos\*, Camila dos Santos Torres\*\*

### Resumo

No Universo Cinematográfico Marvel (MCU), o escudo de Steve Rogers é feito de vibranium. Mas nos quadrinhos, diferente do cinema, o objeto é feito de uma liga de vibranium e adamantium. O vibranium é um metal que absorve ondas sonoras que são incorporadas às suas ligações moleculares, reforçando-as. Já o adamantium é uma das ligas metálicas mais poderosas já criadas, praticamente indestrutível. Na vida real, vibranium e adamantium podem ser comparados a materiais de engenharia, como aços de alta resistência, ferro fundido cinzento e mais recentemente um novo material a base de nitreto de carbono desenvolvido por cientistas da Universidade de Edimburgo. Os materiais fictícios despertam a atenção e podem ser utilizados na divulgação de informações e curiosidades sobre engenharia.

**Palavras-chave:** materiais, engenharia, materiais no cinema.

### Abstract

In the Marvel Cinematic Universe (MCU), Steve Rogers' shield is made of vibranium. However, in the comics, unlike in the movies, the object is made from an alloy of vibranium and adamantium. Vibranium is a metal that absorbs sound waves, which are incorporated into its molecular bonds, strengthening them. Adamantium, on the other hand, is one of the most powerful metal alloys ever created, virtually indestructible. In real life, vibranium and adamantium can be compared to engineering materials such as high-strength steels, gray cast iron, and more recently, a new carbon nitride-based material developed by scientists at the University of Edinburgh. The fictional materials capture attention and can be used to promote information and curiosities about engineering.

**Keywords:** materials, engineering, materials in cinema.

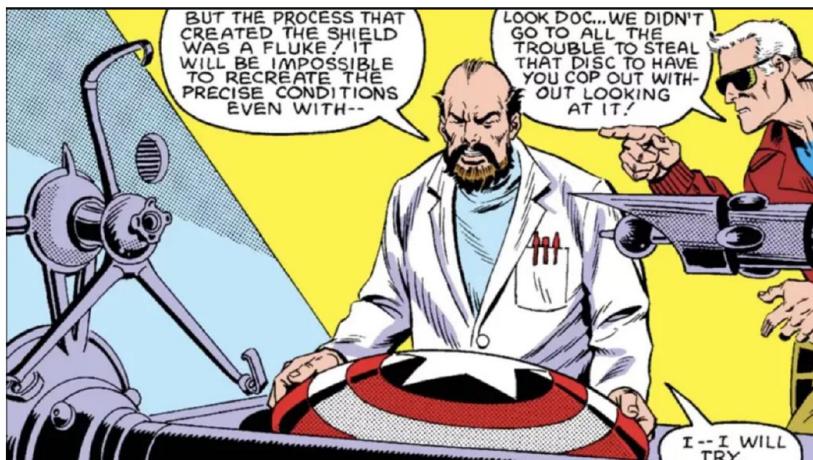
### 1. INTRODUÇÃO

Nos quadrinhos o escudo de Steve Rogers é feito de uma liga de vibranium e adamantium criada acidentalmente pelo metalúrgico Dr. Myron MacLain. Em Capitão América #303, de 1985, essa informação aparece pela primeira vez. O Dr. MacLain havia sido contratado pelo governo dos EUA para criar um material impenetrável que seria usado como revestimento de tanques de guerra<sup>1,2,3</sup>.

---

\* Graduanda de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.



Dr. Myron MacLain

Fonte: Marvel Comics. Captain America #303 Reproduzido em: Canaltech3

## 1. INTRODUÇÃO

Nos quadrinhos o escudo de Steve Rogers é feito de uma liga de vibranium e adamantium criada accidentalmente pelo metalúrgico Dr. Myron MacLain. Em Capitão América #303, de 1985, essa informação aparece pela primeira vez. O Dr. MacLain havia sido contratado pelo governo dos EUA para criar um material impenetrável que seria usado como revestimento de tanques de guerra<sup>1,2,3</sup>.

O *vibranium* está presente em várias histórias da Marvel, é um metal que absorve ondas sonoras que são incorporadas às suas ligações moleculares. Quanto mais som, mais forte a ligação química se torna. Caso o vibranium seja destruído, toda a energia é liberada, gerando uma grande explosão<sup>4</sup>.

Já o *adamantium*, que é mais conhecido por ser o material que forma o esqueleto do Wolverine, é uma das ligas metálicas mais poderosas criadas na ficção, resistente até a ataques nucleares<sup>4</sup>.

O escudo do Capitão América é um objeto em forma de disco com um desenho de estrela de cinco pontas em seu centro, dentro de círculos concêntricos azuis, vermelhos e brancos. Este escudo é composto por uma combinação única de *vibranium* e *adamantium*<sup>5</sup>.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo realiza uma análise comparativa entre materiais de engenharia reais e fictícios, com foco na investigação das propriedades e características do escudo do Capitão América. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica acerca dos materiais que compõem o escudo, considerando tanto as descrições presentes na literatura e nas adaptações cinematográficas quanto uma pesquisa sobre materiais de engenharia reais que possuem características semelhantes às do escudo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como na ficção, diversos materiais foram utilizados ao longo da história, pelo homem como armas. Esses materiais podem ter inspirado os autores dos quadrinhos, no qual os filmes são inspirados, na criação do escudo do Capitão América.



*Escudo do Capitão América (Chris Evans)*

*Fonte: Pixabay*

Nas narrativas que envolvem o escudo do Capitão América, os materiais que o compõem são descritos como únicos, sem associação direta com elementos ou substâncias encontradas na Terra. No entanto, as propriedades atribuídas ao escudo apresentam semelhanças notáveis com aquelas observadas em materiais conhecidos pela engenharia, como aços avançados, ferro fundido cinzento e nitreto de carbono. Essas comparações permitem uma análise mais profunda das características mecânicas e estruturais do escudo, estabelecendo paralelos com materiais amplamente utilizados em diversas áreas da tecnologia e da indústria.

O escudo é resistente a diversas ameaças, incluindo materiais perfurantes, temperaturas extremas, eletricidade, radiação e ácidos. Além disso, o escudo é capaz de rebater em paredes e superfícies planas com mínima perda de momento (ou seja, quase sem perder velocidade)<sup>1</sup>. Em comparação, os aços avançados de ultra alta resistência (UHSS - *Ultra High Strength Steels*) destacam-se por proporcionar um excelente equilíbrio entre resistência e tenacidade, sendo ideais para aplicações que exigem durabilidade sob altas tensões<sup>6</sup>. Os ferros fundidos cinzentos, por sua vez, são eficazes no amortecimento de energia vibracional, sendo amplamente utilizados em estruturas de base para máquinas e equipamentos pesados, expostos a vibrações intensas<sup>7</sup>. Adicionalmente, pesquisadores da Universidade de Edimburgo desenvolveram ligas à base de nitreto de carbono, que foram submetidas a condições extremas, como pressões de 70 a 135 GPa e temperaturas superiores a 1500°C, demonstrando alta resistência em situações adversas<sup>8</sup>.

#### **4. CONCLUSÕES**

O fascínio pelo universo dos super-heróis tem impulsionado o interesse pelo Universo Cinematográfico Marvel (MCU), contribuindo para popularizar conceitos científicos e tecnológicos. O escudo do Capitão América, inserido nesse contexto, destaca-se como um exemplo interessante, despertando a curiosidade sobre os materiais de engenharia. Os materiais de engenharia avançam no mundo científico, aproximando-se de um material

que, no futuro, poderia rivalizar com as propriedades da liga de vibranium e adamantium da ficção. Comparações e associações entre a ficção e a realidade têm o potencial de disseminar informações e estimular o interesse por avanços científicos.

## 5. REFERÊNCIAS

1. BIANCHIN, V. **Infográfico: o escudo do Capitão América.** Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/infografico-o-escudo-do-capitao-americ>> Acesso em 06/01/2025.
2. CRONIN, B. **When We First Met #22.** Disponível em: <<https://www.cbr.com/when-we-first-met-22/>> Acesso em 06/01/2025.
3. YUGE, C. **Marvel revela quem é o verdadeiro criador do escudo do Capitão América.** Disponível em: <<https://canaltech.com.br/quadrinhos/marvel-revela-quem-e-o-verdadeiro-criador-do-escudo-do-capitao-americ>-223884> Acesso em 06/01/2025.
4. PORTILHO, G. **Como seria a tabela periódica dos elementos da ficção?** Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-seria-a-tabela-periodica-dos-elementos-da-ficcao>> Acesso em 06/01/2025.
5. **Escudo Adamantium-Vibranium.** Disponível em: <[https://marvel-cosmic.fandom.com/pt-br/wiki/Escudo\\_Adamantium-Vibranium](https://marvel-cosmic.fandom.com/pt-br/wiki/Escudo_Adamantium-Vibranium)> Acesso em 06/01/2025.
6. ZHU, K.; BOUAZIZ, O.; OBERBILLIG, C.; HUANG, M. **An approach to define the effective lath size controlling yield strength of bainite.** Materials Science and Engineering A, v.527, p. 6614-6619, 2010.
7. CALLISTER Jr. W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais – uma introdução.** 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
8. LANIEL, D.; TRYBEL, F.; ASLANDUKOV, A.; KHANDARKHAEVA, S.; FEDOTENKO, T.; YIN, Y.; MIYAJIMA, N.; TASNÁDI, F.; PONOMAREVA, A. V.; JENA, N.; AKBAR, F. I.; WINKLER, B.; NÉRI, A.; CHARITON, S.; PRAKAPENKA, V.; MILMAN, V.; SCHNICK, W.; ABRIKOSOV, I. A.; DUBROVINSKY, L.; DUBROVINSKAIA, N. **Synthesis of Ultra-Incompressible and Recoverable Carbon Nitrides Featuring CN<sub>4</sub> Tetrahedra.** Advanced Materials, v. 36, 2024.

# ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE UM ROTOR AXIAL DO TIPO HÉLICE PARA UMA MICRO CENTRAL HIDRELÉTRICA

Cássio Yuri Oliveira dos Santos\*, Eduardo Pasquetti\*, Ederval de Souza Lisboa\*\*

## RESUMO

Este capítulo apresenta uma otimização para a geometria de um rotor do tipo hélice destinado a micro centrais hidrelétricas. O processo de otimização foi conduzido por meio do método dos elementos finitos (MEF) no software Ansys, com o propósito de determinar a espessura ideal das pás do rotor sem comprometer a eficiência e a segurança estrutural. Essa melhoria tem como objetivo reduzir o peso e, por consequência, os custos de fabricação, manutenção e transporte.

**Palavras-chave:** Rotor do tipo hélice, micro central hidrelétrica, otimização estrutural, eficiência energética.

### Abstract

This chapter presents an optimization for the geometry of a propeller-type rotor designed for micro hydropower plants. The optimization process was carried out using the Finite Element Method (FEM) in Ansys software, with the goal of determining the optimal blade thickness without compromising efficiency and structural safety. This improvement aims to reduce weight and, consequently, manufacturing, maintenance, and transportation costs.

**Keywords:** Propeller-type rotor, micro-hydroelectric power plant, structural optimization, energy efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por soluções energéticas sustentáveis tem acelerado projetos de energia renovável em pequena escala. Segundo a Agência Internacional de Energia, espera-se que, nos próximos cinco anos, a capacidade de geração renovável instalada supere toda a capacidade acumulada desde a criação da primeira central elétrica comercial, há mais de um século<sup>1</sup>. Nesse contexto, além da energia solar e eólica, a microgeração hidrelétrica se destaca pela viabilidade em áreas com infraestrutura limitada<sup>2</sup>.

Para que essas alternativas, como a microgeração hidrelétrica, alcancem seu pleno potencial, é necessário, no entanto, otimizar os componentes das turbinas. Esse processo envolve desafios técnicos significativos, como a consideração de restrições geométricas, materiais, ambiente de operação, facilidade de manutenção e peso. A simulação pelo MEF permite modelar

\* Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

o comportamento do rotor sob determinado regime de operação, identificando configurações que melhoram o aproveitamento energético, sem comprometer o desempenho e a segurança.

Ao longo deste estudo, discute-se a aplicação do MEF no contexto do projeto de rotores, partindo dos procedimentos de modelagem e análise, até os resultados obtidos. O objetivo é demonstrar como a simulação pelo MEF pode ser uma ferramenta eficaz para a otimização de componentes em micro centrais hidrelétricas, contribuindo para a melhoria da eficiência energética e a redução de custos operacionais.

## 2. METODOLOGIA

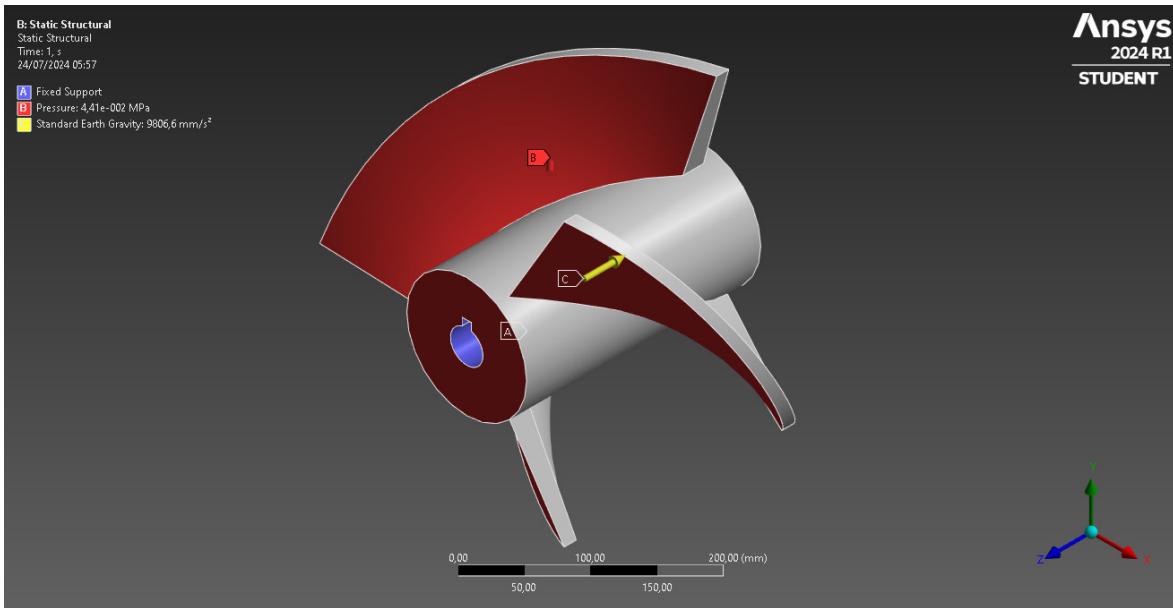
A partir do rotor tipo hélice desenvolvido para uma micro central hidrelétrica no município de Muçum – RS, propõe-se a aplicação de um procedimento de otimização estrutural por meio de simulações utilizando o método dos elementos finitos no software Ansys. As características geométricas do rotor, apresentadas na **Tabela 1**, foram ajustadas em função das condições hidráulicas específicas do rio Taquari, com o objetivo de maximizar a eficiência do perfil e a potência no eixo, estimada em 20,6 kW com rendimento do perfil de 94,3%<sup>3</sup>.

**Tabela 1:** Especificações do rotor desenvolvido

Parâmetro	Valor
Altura de queda	4,5 m
Diâmetro do eixo	34,7 mm
Diâmetro externo	348 mm
Diâmetro interno	128 mm
Comprimento do rotor	225 mm
Número de pás	3
Velocidade rotacional	1346,5 rpm
Profundidade de instalação	3 m
Pressão do fluido no rotor	44,1 kPa

Fonte: (SANTOS et al., em processo de publicação)

Para a realização da simulação, foi considerado o instante inicial de funcionamento da turbina partindo do repouso, quando recebe a pressão do fluido, conforme demonstrado na **Figura 1**. Para isso as condições estabelecidas são: o suporte foi fixado no eixo em A; a pressão foi posicionada normal às pás em B; e a aceleração gravitacional foi posicionada axialmente ao rotor, em C.



**Figura 1:** Condições iniciais de carregamento

Fonte: Autores (2024)

Para fins de comparação, as simulações foram realizadas utilizando-se quatro materiais distintos, cujas propriedades químicas e mecânicas são adequadas para aplicação em um rotor de turbina hidráulica<sup>4</sup>. Esses materiais foram selecionados da biblioteca do Ansys e incluem: *Aluminum alloy, brass C37700, bronze C51000, stainless steel*.

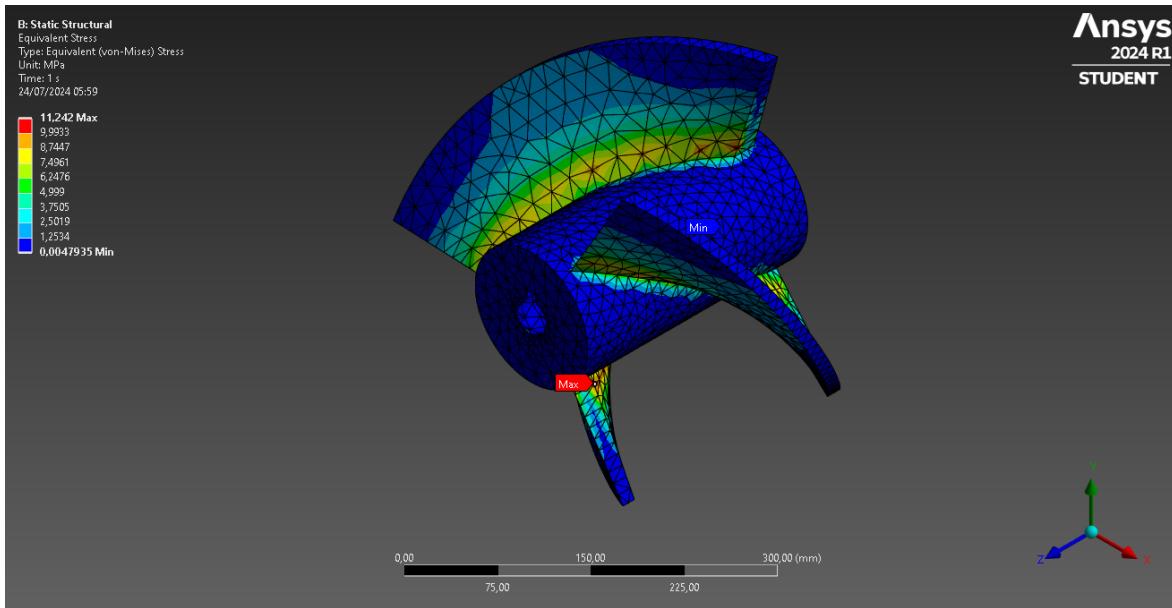
### 3. RESULTADOS

A **Tabela 2** apresenta os resultados da simulação da geometria inicial da turbina para os parâmetros de peso, tensão equivalente máxima, deformação máxima e fator de segurança para cada material e a **Figura 2**, a distribuição das tensões na geometria do rotor.

**Tabela 2:** Resultados da geometria inicial

Material	Densidade (kg/mm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Tensão máxima (MPa)	Deformação máxima (mm)	Fator de segurança
Alu-mi-num alloy	2,77E-06	11,61	10,957	0,09	15
Brass C37700	8,27E-06	34,64	10,932	0,06	15
Bronze C51000	8,72E-06	36,52	10,939	0,06	15
Stain-less Steel	7,75E-06	32,48	11,172	0,03	15

Fonte: Autores (2024)

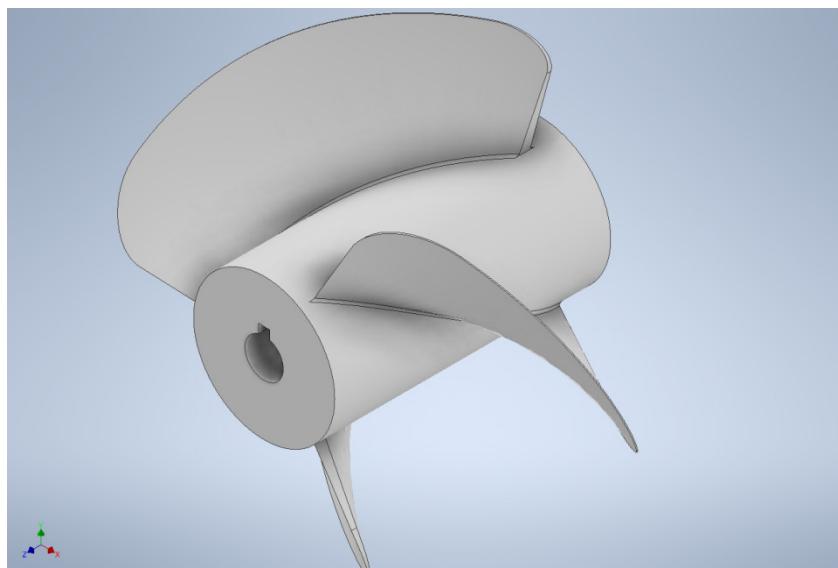


**Figura 2:** Distribuição das tensões

Fonte: Autores (2024)

O fator de segurança da geometria inicial é excessivamente alto para todos os materiais analisados, indicando que o rotor está superdimensionado. Os pontos críticos de tensão estão nas bases e na região central das pás. Portanto, foi realizada a remoção de material, com redução da espessura e arredondamento das extremidades, visando manter o fator de segurança mínimo de 3, sem causar deformações excessivas nas extremidades do rotor na condição operacional.

A **Figura 3** ilustra a geometria do rotor após as modificações e a **Tabela 3** os resultados para a simulação desta geometria.



**Figura 3:** Geometria otimizada

Fonte: Autores (2024)

Observa-se que os ajustes na geometria resultaram em uma considerável redução do peso, mantendo um fator de segurança de no mínimo 3, porém aumentando significativamente a deformação, principalmente para os materiais mais leves, como as ligas de alumínio.

**Tabela 3: Resultados para a geometria otimizada**

Material	Densidade (kg/mm <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Tensão máxima (MPa)	Deformação máxima (mm)	Fator de segurança
Aluminum alloy	2,77E-06	9,17	61,53	1,25	4,5
Brass C37700	8,27E-06	27,38	61,325	0,87	6,0
Bronze C51000	8,72E-06	28,87	61,335	0,82	8,2
Stainless Steel	7,75E-06	25,65	62,096	0,47	3,3

*Fonte: Autores (2024)*

#### **4. CONCLUSÕES**

Este estudo focou na otimização da geometria de um rotor do tipo hélice para uma micro central hidrelétrica, utilizando o método dos elementos finitos (MEF). Através da modelagem e simulação, avaliou-se o comportamento estrutural das pás do rotor e identificou-se a espessura ideal para equilibrar eficiência hidrodinâmica e segurança estrutural. Os resultados mostram que o MEF é uma ferramenta eficaz na otimização de componentes complexos como rotores de hélice, oferecendo um caminho promissor para o desenvolvimento de rotores mais eficientes e econômicos. Contudo, este estudo é uma abordagem inicial, sendo necessária a adoção de procedimentos mais aprofundados, que incluem a dinâmica de fluidos e análises de fadiga, para resultados mais precisos e conclusões definitivas.

## **5. REFERÊNCIAS**

1. International Energy Agency. Renewables 2023: Analysis and forecasts to 2028 Paris, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>. Acesso em: 26 jul. 2024.
2. BRASIL. Lei n. 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da União, 5 ago. 2022.
3. SANTOS, C. Y. O. dos; CURRY, G. V.; MARUYAMA, M. H. M.; VENTURINI, S. F.; DAL MOLIN, A. **Projeto de um rotor de turbina hélice para uma micro central hidrelétrica no município de Muçum – RS**. Em processo de publicação.
4. GONÇALVES, B. H. B. **Estudo comparativo da resistência à erosão por cavitação do metal de solda depositado por um arame tubular tipo 13%cr - 4%ni - 0,4%mo e do aço fundido astm a 743 ca-6nm**. TCC. Belo Horizonte, 2007.

# **COMPARAÇÃO DE DEGRADAÇÃO POR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE ARGAMASSA NO CAMPUS UFSM-CS**

Leonardo Lima Santos\*; Caroline Marques Castelo Branco\*; Ana Paula Maran\*; Cássia Laire Kozloski\*; Angela Borges Masuero\*\*\*; Rafaela Falcão Socoloski\*\*;

## **Resumo**

O diagnóstico e avaliação de danos de uma edificação permite recomendação de recuperação, garantindo o desempenho em uso do edifício e a extensão da vida útil. Assim, o objetivo do presente trabalho é analisar e comparar as manifestações patológicas das edificações C1 e D1 do *campus* da Universidade Federal de Santa Maria em Cachoeira do Sul.

**Palavras-chave:** degradação, revestimento de argamassa, quantificação.

## **Abstract**

Diagnosis and damage to a building allows for recommendations for recovery, thus guaranteeing the building's performance in use and extending its useful life. Thus, the objective of this work is to analyze and compare the pathological manifestations in buildings C1 and D1 on the *campus* of the Federal University of Santa Maria in Cachoeira do Sul.

**Keywords:** degradation, mortar coating, quantification.

## **1. INTRODUÇÃO**

O revestimento de argamassa é o mais utilizado na construção civil brasileira<sup>1</sup>. Por estar exposta à ação dos agentes climáticos de degradação, a argamassa presente nas fachadas é mais suscetível ao desenvolvimento de anomalias<sup>2</sup>. Considerando a vulnerabilidade às intempéries, a escolha dos materiais e componentes das fachadas deve se fundamentar a partir de estudo das condições ambientais do local, como a ação do vento, a radiação solar e os índices pluviométricos<sup>3</sup>.

Para compreender a degradação e, futuramente, traçar estratégias para prolongar a vida útil do revestimento de argamassa em fachadas, o presente trabalho apresenta e compara

\* Laboratório de Materiais de Vedação (LAMAVE), participante do Grupo de Estudos das Patologias da Edificações da UFSM/CS (GEPEUCS), Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Laboratório de Materiais de Vedação (LAMAVE), coordenadora do Grupo de Estudos das Patologias da Edificações da UFSM/CS (GEPEUCS), Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\*\* Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído (LAMTAC) Integrante do Núcleo Orientado para a Inovação da Construção (NORIE /UFRGS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

os resultados da análise das fachadas das edificações C1 e D1 do *campus* de Cachoeira do Sul da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM – CS), podendo auxiliar futuras iniciativas que visem a manutenção das fachadas dessas edificações.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos deste trabalho, utilizou-se o Método de Mensuração da Degradação (MMD), desenvolvido pelos pesquisadores da Universidade de Brasília (UnB)<sup>4-6</sup>. Para isso, foram realizados levantamentos de danos das fachadas dos edifícios C1 e D1, com implantação indicada na (Figura 1), através de levantamento visual, fotográfico e termográfico<sup>7</sup> e registrados através do desenho de um mapa de danos de cada fachada, compondo um banco de dados que torna possível a análise e quantificação da degradação.

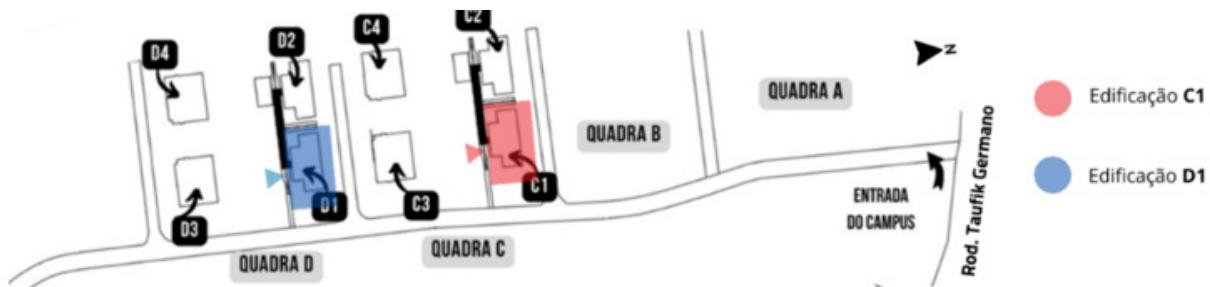
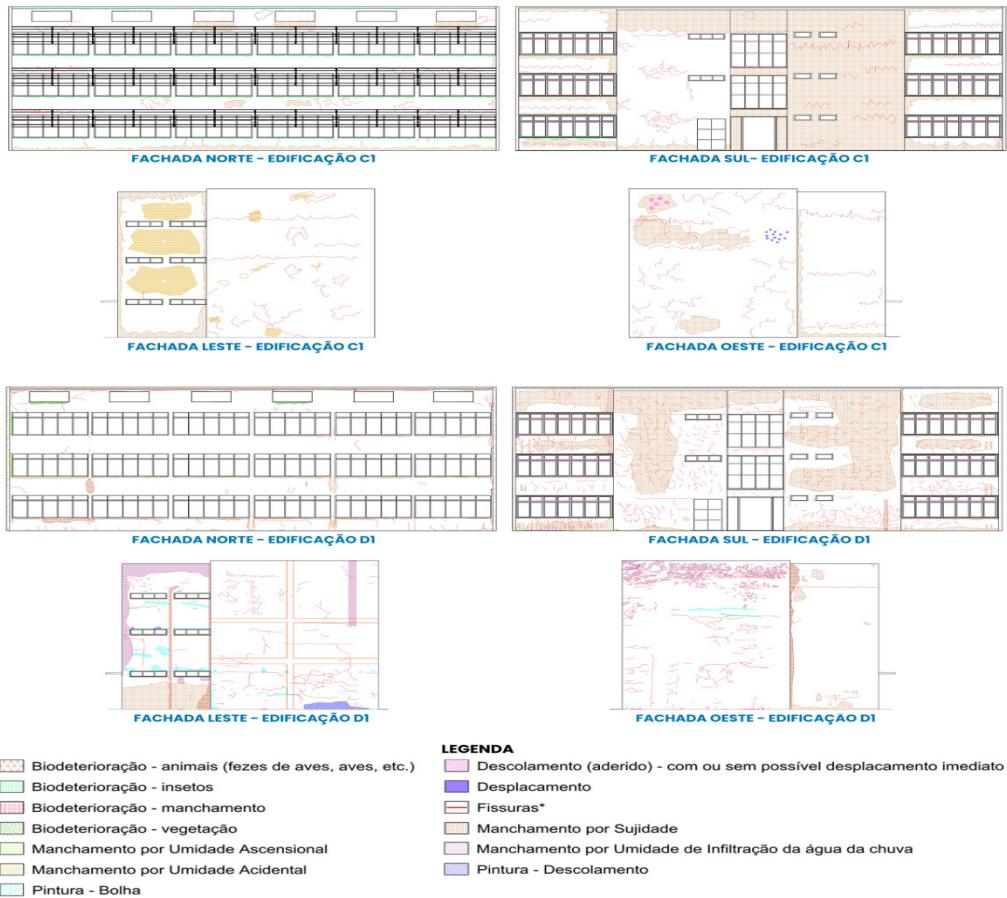


Figura 1 - Localização das Edificações Analisadas no campus de Cachoeira do Sul da UFSM.

Fonte: adaptado de Costa (2023)

Os equipamentos utilizados para o levantamento fotográfico foram câmeras fotográficas da marca Nikon, modelos D7100 e D3200. Para o levantamento termográfico, foi utilizada a câmera termográfica da marca FLIR modelo TG165, disponibilizada pelo LAMTAC/NORIE/UFRGS, e do software da própria fabricante, a FLIR, auxiliando na localização de descolamentos do revestimento e presença da umidade no revestimento. Para a representação do mapa de danos (Figura 2), foi utilizado o software AutoCad, atribuindo para cada manifestação patológica uma hachura específica.



#### LEGENDA

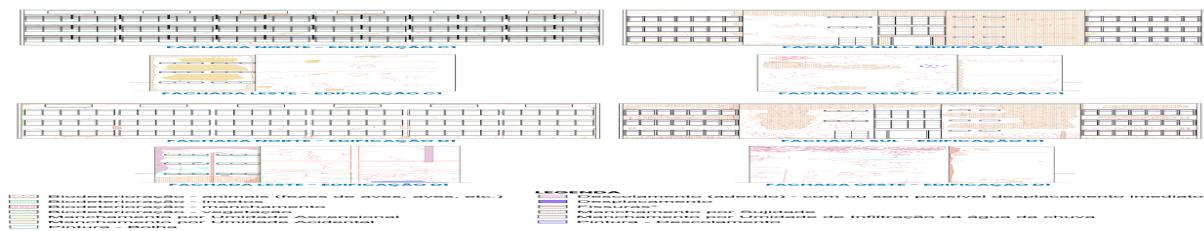


Figura 2 - Mapeamento de danos das Fachadas dos edifícios C1 e D1

Após o mapeamento de danos, foi realizada a separação da fachada em amostras e, finalmente, a contabilização da área de cada manifestação patológica com base no MMD/UnB<sup>4-6</sup>. A partir dessas etapas, torna-se possível a análise comparativa entre as fachadas das edificações C1 e D1 analisadas.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos resultados obtidos na contabilização das áreas danificadas de cada fachada, é possível analisar a porcentagem de revestimento íntegro e danificado em cada fachada das edificações C1 (Figura 3) e D1 (Figura 4) para cada orientação cardeal.

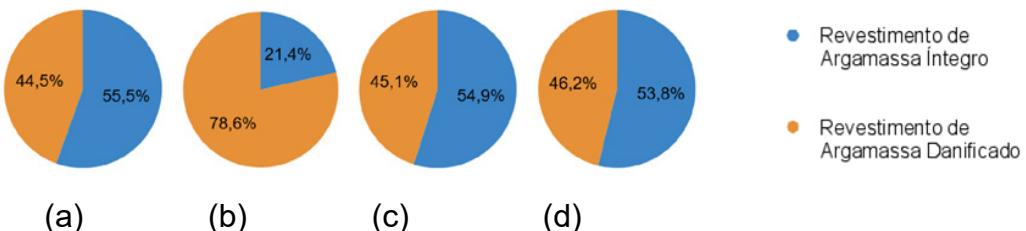


Figura 3 - Porcentagem de área intacta e danificada das fachadas do edifício C1, por orientação cardeal. (a) norte; (b) sul; (c) leste; e (d) oeste

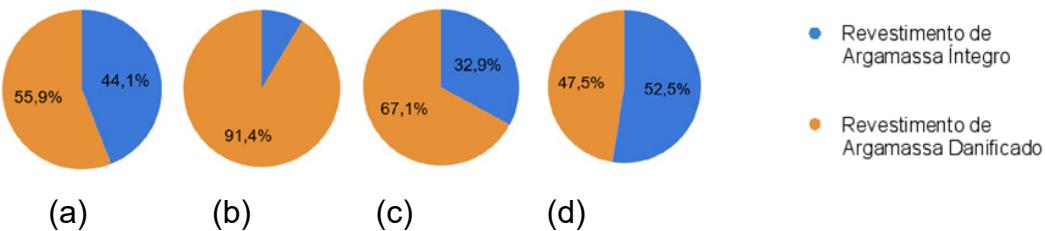


Figura 4 - Porcentagem de área intacta e danificada das fachadas do edifício D1, por orientação cardeal. (a) norte; (b) sul; (c) leste; e (d) oeste

A edificação D1 apresenta maior área degradada que a edificação C1. Em ambos os edifícios, a fachada sul apresentou maior área degradada dentre as orientações cardinais, destacando a do edifício D1 com maior área degradada (91,4%), seguida da mesma do edifício C1 (78,6%). A fachada sul é uma das fachadas menos favorecidas pela incidência solar direta, favorecendo a presença de umidade e fungos. Na sequência, as orientações com maior degradação são a leste, norte e oeste da edificação D1, e somente depois as orientações oeste, leste e norte da edificação C1.

A Figura 5 demonstra a comparação da percentagem das manifestações patológicas nas edificações, e se constata similaridade na presença de fissuras e biodeterioração por ação animal, além de significativo manchamento para sujidade.

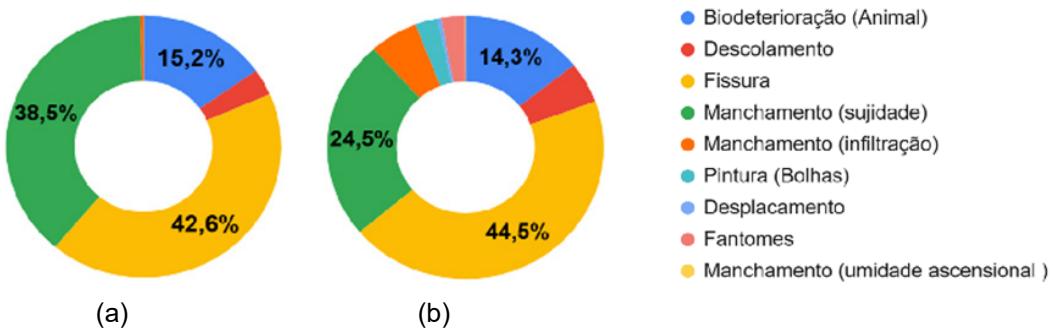


Figura 5 - Porcentagem correspondente a cada manifestação patológica, em relação a área total danificada de cada edificação: (a) C1; (b) D1

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através do presente trabalho foi possível compreender a área total danificada e atingida por cada manifestação patológica presente nas fachadas das edificações C1 e D1 do *campus* da UFSM – CS. Tais resultados podem auxiliar os gestores na coordenação de ações de recuperação e preservação das edificações estudadas.

Para estudos futuros, pretende-se compreender as possíveis causas da degradação nas fachadas analisadas e buscar de estratégias para prolongar a vida útil, além de propor diretrizes relativas à projetos arquitetônicos, com recomendações conforme a orientação cardeal; escolha de materiais; e boas práticas de execução; e projeto de fachada, com dimensionamento e detalhamento das juntas de dilatação.

#### **4. REFERÊNCIAS**

1. STOLZ, C. M. **Análise Dos Principais Parâmetros Que Influenciam Na Área De Contato Substrato / Argamassa De Revestimento.** 2015. 206 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
2. MOTA, L. M. G. **Estudo da iniciação e da propagação da degradação de fachadas com revestimento em argamassa.** 2021. 179 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
3. NASCIMENTO, M. L. M. **Aplicação da Simulação Higrotérmica na Investigação da Degradação de Fachadas de Edifícios.** 2016. 173 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília, 2016
4. SILVA, M. **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao caso de Brasília/DF.** 2014. 217 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) Universidade de Brasília, 2014.
5. PINHEIRO, P. I. S. **Aplicação do Método de Mensuração da Degradação (MMD) ao Estudo das Fachadas de Edifícios em Brasília.** 2016. Trabalho de Graduação (Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
6. PIAZZAROLLO, C. B. **Estudo da Evolução e da Gravidade da Degradação nas Diferentes Zonas Componentes da Fachada.** 2019. 152 p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, 2019.
7. SOCOLOSKI, R. F. **Indicadores para Avaliação de Anomalias em Fachadas com Revestimento de Argamassa.** 2021. 257 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

# A EMISSÃO DE GASES POLUENTES PELAS INDÚSTRIAS AGRÍCOLAS DE CACHOEIRA DO SUL

Andriele de Oliveira Siqueira\*, Kauanny da Silva Moreira\*, Thaís de Freitas Efel Brasil\*

## RESUMO

O presente estudo investiga a emissão de gases poluentes pelas indústrias agrícolas de Cachoeira do Sul, no Rio Grande do Sul. A cidade, cuja economia depende da produção de soja, arroz e pecuária, enfrenta desafios ambientais devido à industrialização dessas atividades. Entre os principais poluentes estão o metano ( $\text{CH}_4$ ), a amônia ( $\text{NH}_3$ ) e compostos de enxofre, liberados no processamento agrícola, afetando a qualidade do ar e provocando problemas respiratórios na população. A pesquisa incluiu uma entrevista com um representante do agronegócio local, que apontou o armazenamento prolongado de grãos como responsável por odores desagradáveis, embora nem sempre tóxicos. Além disso, foi realizada uma pesquisa qualitativa com 40 moradores da cidade, abrangendo pessoas entre 14 e 65 anos. A maioria relatou sentir mau cheiro constante, desconforto respiratório e preocupação com possíveis impactos ambientais e na saúde. Como alternativa para mitigar o problema, o estudo propõe a adoção de filtros de carbono nas indústrias agrícolas, capazes de capturar os gases antes de sua liberação na atmosfera. Essa tecnologia já se mostrou eficaz em outros contextos industriais e pode ser adaptada à realidade local. A conscientização de produtores e gestores sobre práticas sustentáveis é essencial para conciliar desenvolvimento econômico e proteção ambiental. O estudo conclui que a combinação entre tecnologias de filtragem, políticas públicas e educação ambiental pode reduzir os impactos da poluição atmosférica, melhorando a qualidade do ar e a saúde da população.

**Palavras-chave:** Indústria agrícola. Poluição atmosférica. Cachoeira do Sul.

## Abstract

The present study investigates the emission of pollutant gases by agricultural industries in Cachoeira do Sul, located in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. The city, whose economy depends on the production of soybeans, rice, and livestock, faces environmental challenges due to the industrialization of these activities. Among the main pollutants are methane ( $\text{CH}_4$ ), ammonia ( $\text{NH}_3$ ), and sulfur compounds, released during agricultural processing, which affect air quality and cause respiratory problems in the population. The research included an interview with a local agribusiness representative, who pointed out that prolonged storage of grains is responsible for unpleasant odors, although not always toxic. In addition, a qualitative survey was conducted with 40 local residents, aged between 14 and 65. Most reported experiencing a constant bad smell, respiratory discomfort, and concern about potential environmental and health impacts. As a solution to mitigate the problem, the study proposes the adoption of carbon filters in agricultural industries, which are capable of capturing gases before they are released into the atmosphere. This technology has already proven effective in other industrial contexts and can be adapted to the local reality. Raising awareness among producers and managers about sustainable practices is essential to reconcile economic development with environmental protection. The study concludes that combining filtering technologies, public policies, and environmental education can significantly reduce the impacts of air pollution, improving air quality and public health.

**Keywords:** Agricultural industry. Air pollution. Cachoeira do Sul.

\* Colégio Marista Roque Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil;

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente estudo aborda a crescente industrialização e intensificação das atividades agrícolas no Brasil, especialmente em Cachoeira do Sul, um polo produtor de grãos no Rio Grande do Sul. Embora esses avanços tenham impulsionado a economia local, as consequências ambientais associadas, como a emissão de gases com odor desagradável pelas indústrias agrícolas, apresentam sérios desafios que demandam atenção. A pesquisa se iniciou devido ao relato de mau cheiro intenso proveniente dessas indústrias, que, inicialmente percebido como um incômodo local, revelou-se um indicativo de problemas ambientais mais graves, como a poluição atmosférica.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição atmosférica é um dos principais fatores de risco ambiental à saúde humana, contribuindo para milhões de mortes prematuras anualmente. Em Cachoeira do Sul, gases como metano ( $\text{CH}_4$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ) e compostos de enxofre, frequentemente associados às atividades agrícolas, têm sido apontados como os principais responsáveis pelos odores, prejudicando a saúde e o bem-estar dos moradores próximos às zonas industriais.

A localização de áreas residenciais nas proximidades dessas indústrias torna o problema ainda mais urgente. Os moradores frequentemente relatam desconforto e problemas respiratórios, reflexo direto da falta de controle eficaz das emissões industriais.

Logo, este trabalho se propõe a explorar o problema das emissões em Cachoeira do Sul, destacando a gravidade da situação para os moradores e discutindo possíveis soluções. O objetivo é ressaltar a importância de políticas públicas eficazes, fiscalização contínua e alternativas tecnológicas para reduzir os impactos, contribuindo para o debate sobre o futuro da indústria agrícola local e suas interações com o meio ambiente e a sociedade.

## **2. METODOLOGIA**

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que mais de 90% da população mundial residam em locais onde os níveis de qualidade do ar excedam os valores seguros apresentados em seu guia de qualidade do ar ambiente para preservação da saúde. Além disso, 20% a 30% de todas as doenças respiratórias podem ser relacionadas à poluição atmosférica<sup>1</sup>.

Entretanto, o município de Cachoeira do Sul não dispõe de uma Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar, dessa forma, não sendo possível a mensuração exata da qualidade do ar na cidade, apenas o nivelamento com municípios vizinhos.

Por essa razão, para compreender melhor os efeitos da poluição atmosférica nos cidadãos de Cachoeira do Sul, foi realizada uma pesquisa qualitativa com uma amostra de 40 pessoas, com idades entre 14 e 65 anos. A coleta de dados foi realizada por meio de um formulário online, acessado via QR code, que foi disponibilizado na escola e também compartilhado com familiares,

amigos, em grupos de mensagens e redes sociais. O questionário incluía perguntas sobre a idade dos participantes, a região da cidade onde residem, a frequência com que percebem os odores provenientes das indústrias agrícolas, bem como se já apresentaram reações como náusea, dor de cabeça, vômito ou tontura. Também foram investigadas se essas situações afetaram a rotina diária dos respondentes e se procuraram ajuda médica em algum momento.

Esse método permitiu ao pesquisador um contato direto com os fatos, gerando novos conhecimentos<sup>2</sup>.

### **3. DESENVOLVIMENTO**

O município de Cachoeira do Sul foi denominado oficialmente uma cidade em 15 de dezembro de 1859 e, desde seus primórdios, tem a agropecuária como base de sua economia<sup>3</sup>. A produção de soja, arroz, noz-pecã e a criação de bovinos são predominantes e voltadas majoritariamente à exportação, tornando o município fortemente dependente do setor primário<sup>4</sup>.

No entanto, a produção em larga escala de soja, arroz e outros produtos agrícolas, bem como a atividade industrial associada, resulta na emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono e metano, que contribuem para o aquecimento global e mudanças climáticas<sup>5</sup>. Além disso, os processos industriais frequentemente geram poluentes atmosféricos e resíduos que podem afetar a qualidade do ar e da água local<sup>6</sup>.

As respostas recebidas na nossa pesquisa foram bastante complexas e revelaram padrões importantes. Participaram pessoas de diferentes faixas etárias e de diversas regiões da cidade tanto da zona norte quanto da zona sul. Ainda assim, foi possível observar uma forte convergência nos relatos: a maioria afirmou sentir os odores com muita frequência, em média de duas a três vezes por semana. Os sintomas mais citados foram dores de cabeça intensas, náuseas, tontura e, em alguns casos, episódios de vômito entre os moradores mais idosos.

Entretanto, a produção intensiva e a atividade industrial associada resultam na emissão de gases poluentes, como dióxido de carbono e metano, que agravam as mudanças climáticas<sup>7</sup>. Assim, a sustentabilidade ambiental torna-se um desafio crucial, exigindo práticas que minimizem o impacto ambiental e promovam uma convivência harmônica entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

### **4. CONCLUSÕES**

A problemática da emissão de gases poluentes e de mau cheiro pelas indústrias agrícolas de Cachoeira do Sul reflete um desafio significativo para a saúde pública e a qualidade ambiental. As soluções propostas desde a implementação de legislações mais rigorosas e o uso de tecnologias limpas até o incentivo à agricultura sustentável e a conscientização comunitária oferecem um caminho abrangente para mitigar esses impactos negativos, e, ao mesmo tempo, diminuir o desconforto dos cachoeirenses.

A integração de tecnologias avançadas, as indústrias agrícolas de Cachoeira do Sul podem implementar sistemas de filtragem avançados, como filtros de ar de carbono, para capturar gases poluentes antes que sejam liberados na atmosfera. Esses sistemas, além de reduzirem a emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs) e o dióxido de enxofre, contribuem para a melhoria da qualidade do ar na região, em conjunto com a criação de uma Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar em Cachoeira do Sul, pode reduzir significativamente a emissão de poluentes, promovendo uma melhora direta no desconforto experimentado pelos moradores<sup>8</sup>.

Além disso, uma alternativa promissora é o incentivo governamental à adoção de práticas de agricultura sustentável, que minimizem a produção de gases poluentes. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), políticas públicas voltadas ao manejo sustentável de resíduos e à implementação de práticas de compostagem nas fazendas podem reduzir significativamente a produção de metano e amônia, dois dos principais gases responsáveis pelos odores desagradáveis em áreas agrícolas<sup>9</sup>.

Portanto, a combinação dessas estratégias não apenas aborda o problema da poluição de forma multidimensional, mas também promove um desenvolvimento mais sustentável e uma melhoria geral na qualidade de vida. É essencial que todos os envolvidos governos, indústrias e a sociedade civil trabalhem em conjunto para implementar essas soluções e garantir um futuro mais saudável e equilibrado para Cachoeira do Sul.

## **5. REFERÊNCIAS**

1. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Ambient (outdoor) air quality and health: key facts. Geneva: WHO, 2018
2. CRUZ NETO, O. O trabalho de campo como descoberta e criação. In: MINAYO, M. S. de S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1994.
3. PREFEITURA MUNICIPAL DE CACHOEIRA DO SUL. **Portal de Busca**.
4. CONCEIÇÃO, Lisane Regina Vidalet al. **Marcas espaciais do tempo histórico: as rugosidades da paisagem rural de Cachoeira do Sul/RS**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
5. SILVA, M. **O impacto das indústrias agrícolas sobre a poluição do ar e a saúde pública**. Porto Alegre: Ed. Rural, 2022
6. SANTOS, L. A.; COSTA, M. R.; ALMEIDA, P. R. **Emissão de Gases na Secagem de Produtos Agrícolas: Estudo de Caso em Cachoeira do Sul**. Revista de Ciências Agrícolas, v. 5, n. 3, p. 67-74, 2022.
7. SILVA, L. F. **A Poluição Atmosférica e Seus Impactos na Saúde Pública**. Revista Saúde Pública, v. 47, n. 3, p. 23-29, 2022.
- 8.. SILVA, R. J.; SOUZA, C. A. **Poluição do Ar em Regiões Industriais: Uma Visão Epidemiológica**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 16, n. 1, p. 12-19, 2013.
9. PEREIRA, F. et al. **Efeitos dos poluentes atmosféricos nas regiões agrícolas do sul do Brasil**. São Paulo: Editora Ambiental, 2019.

# ANÁLISE DE UM DESUMIDIFICADOR DE AR TERMOELÉTRICO

Mathias Verдум de Almeida\*, Arthur Sandri Lunkes\*, Juan Augusto Mayer Copetti\*, Matheus Fritz Warol Porto Rodrigues\*, Maximiliano Silveira de Souza\*, Cristiano Frandalozo Maidana\*, Charles Rech\*, André Caldeira\*

## RESUMO

Este estudo analisou um protótipo de desumidificador de ar atmosférico construído a partir de pastilhas termoelétricas de efeito Peltier. Para isto, foi desenvolvido um modelo matemático, baseado nas equações governantes do efeito Peltier e de fenômenos de transporte, que foram comparadas com as medidas experimentais realizadas com o protótipo. Os resultados demonstraram uma diferença de 16,3% entre os resultados experimentais e teóricos em relação à produção de água obtida nos testes realizados.

**Palavras-chave:** desumidificador, efeito termoelétrico, dispositivos peltier.

## Abstract

This study analyzed a prototype atmospheric air dehumidifier built from Peltier effect thermoelectric tiles. For this purpose, a mathematical model was developed, based on the governing equations of the Peltier effect and transport phenomena, which were compared with experimental measurements made with the prototype. The results demonstrated a difference of 16.3% between the experimental and theoretical results in relation to the water production obtained in the tests carried out.

**Keywords:** dehumidifier, thermoelectric effect, peltier devices.

## 1. INTRODUÇÃO

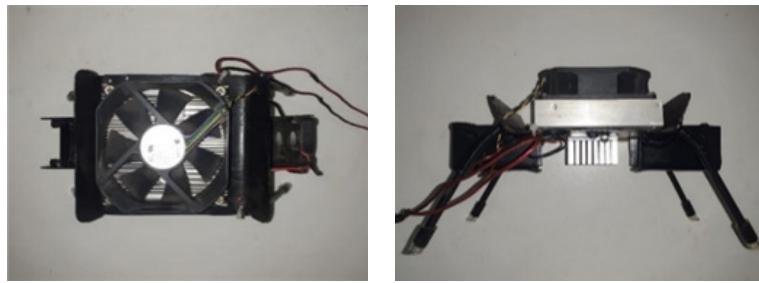
A umidade do ar entre 40% e 70% é crucial para a saúde respiratória e preservação de bens, de acordo com a OMS<sup>1</sup>. A alta umidade pode causar problemas como infecções respiratórias e fúngicas, além de agravar alergias e dermatites<sup>2</sup>.

Desumidificadores termoelétricos surgem como uma solução vantajosa por serem compactos, silenciosos e eficientes em termos de energia, devido ao efeito Peltier<sup>3</sup>. O objetivo do trabalho é analisar um protótipo de desumidificador termoelétrico, realizando medições e modelagem matemática a fim de comparar a modelagem realizada e propor melhorias que possam aprimorar o desempenho.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo de desumidificador de ar utilizado na análise, Figura (1), foi desenvolvido por Yoras e Vargas (2022)<sup>4</sup>, possui uma estrutura de chapas de aço com uma Pastilha Peltier imersa. Para resfriar a face quente e condensar a água na face fria, dois radiadores aletados foram utilizados (80x80mm com cooler de 80mm no superior e 40x40mm com cooler de 40mm no inferior).

\* Laboratório de Inovação Multidisciplinar (LIMSEC), Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.



*Figura 1 – Vista lateral e superior do desumidificador analisado*

O estudo foi dividido em duas etapas: medições experimentais e desenvolvimento de um modelo matemático. Na primeira etapa, foram realizadas medições de temperatura em um ambiente fechado a 32°C e ponto de orvalho de 21°C, utilizando um termovisor *Flir*. O protótipo foi submetido a potências de 7W e 31W, com 15 minutos de estabilização. Para determinar a vazão mássica, o desumidificador operou por 6 horas e a água produzida foi medida com uma balança digital SF-400 (resolução de 1g). As condições meteorológicas foram obtidas via *AccuWeather* e a temperatura ambiente medida com um termômetro digital *Fratelli* (resolução de 0,1°C), como indicado na Tabela 1. Na segunda etapa, um modelo matemático foi desenvolvido e validado pela comparação com os dados experimentais.

*Tabela 1 – Condições meteorológicas da medição*

	Condição de 7 W	Condição de 31 W
Tensão	5,0 V	10,0 V
Corrente	1,4 A	3,1 A
Ponto de orvalho	19°C	22°C
Umidade relativa	79%	90%
Temperatura ambiente no início da medição	25,0°C	26,4°C
Temperatura ambiente no fim da medição	26,0°C	26,9°C

Para compreender e otimizar o funcionamento do sistema, a etapa de modelagem matemática é crucial. O modelo, que representa os fenômenos físicos envolvidos, permite a análise quantitativa e identifica pontos de melhoria. Um aspecto importante é a taxa de remoção de calor da pastilha Peltier, que pode ser determinada pelo método das resistências térmicas, utilizando a abordagem de Teerstra *et al.* (1999)<sup>5</sup> para um dissipador de calor sob convecção forçada. Essa taxa também pode ser expressa em função da tensão e corrente, considerando as propriedades termoelétricas do material semicondutor, como o coeficiente de Seebeck e as resistências elétrica e térmica<sup>6</sup>. A Equação 1 resume essa relação:

$$Q_F = \alpha \cdot I \cdot T_F - 0,5 \cdot I^2 \cdot R - k_t^{-1} \cdot (T_Q - T_F) \quad (1)$$

Onde  $\alpha$  é o coeficiente de Seebeck [V/K],  $I$  a corrente elétrica aplicada,  $T_F$  a temperatura da face fria e  $T_Q$  a face quente,  $R$  a resistência elétrica e  $K_t$  condutividade térmica da pastilha Peltier.

A Equação 2 pode ser utilizada para correlacionar a potência elétrica aplicada ao módulo com sua diferença de temperatura <sup>6</sup>.

$$P_e = \alpha \cdot I \cdot (T_Q - T_F) + I^2 \cdot R \quad (2)$$

Onde Pe é a potência elétrica aplicada ao módulo

O uso das Equações 1 e 2 é complexo uma vez que dependem diretamente da temperatura das interfaces da pastilha Peltier, o que dificulta a validação em sistemas complexos devido aos erros de medição de temperatura em tais interfaces. Para simplificar, a potência consumida pode ser medida experimentalmente, eliminando a necessidade de usar a diferença de temperaturas na Equação 1. Essa simplificação, feita através da aplicação da Equação 2, resulta na Equação 3:

$$Q_F = [\alpha \cdot I \cdot T_\infty - 0,5 \cdot I^2 \cdot R - k_t^{-1} \cdot (\frac{P_e - I^2 \cdot R}{\alpha \cdot I})] \cdot (1 + \alpha \cdot I \cdot R_{total})^{-1} \quad (3)$$

A vazão mássica de água pode ser diretamente relacionada à taxa de extração de calor realizada pelo Peltier, Equação 3, através da realização de um balanço de energia na face fria <sup>7</sup>. Assim uma expressão única para a vazão mássica de água pode ser obtida e apresentada na Equação 4:

$$\dot{m}_w = \frac{[\alpha \cdot I \cdot T_\infty - 0,5 \cdot I^2 \cdot R - k_t^{-1} \cdot (\frac{P_e - I^2 \cdot R}{\alpha \cdot I})] \cdot (\omega_e - \omega_s)}{(1 + \alpha \cdot I \cdot R_{total}) \cdot (C_{pe} \cdot T_\infty - C_{ps} \cdot T_s)} \quad (4)$$

Desse modo, o equacionamento obtido da vazão mássica de água produzida pelo desumidificador depende das propriedades da pastilha Peltier, das condições meteorológicas e dos aspectos construtivos do dispositivo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das medições experimentais, cujo procedimento foi descrito na seção 2, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Medições experimentais de temperatura para o sistema em convecção forçada

	<b>Condição de 7 W</b>	<b>Condição de 31 W</b>
Tensão	5,0 V	10,0 V
Corrente	1,4 A	3,1 A
Temperatura face quente	28,2°C	28,6°C
Temperatura face fria	9,3°C	7,1°C
Massa de água produzida	7 g	23 g
Vazão mássica	1,167 g/h	3,833 g/h

A Tabela 3 foi obtida através da aplicação da Equação 4, em conjunto com o equacionamento de Teerststra *et al.* (1999)<sup>5</sup>, utilizando as condições de tensão, corrente e temperatura da face fria (Tabela 2) e as condições meteorológicas (Tabela 1).

Tabela 3 – Comparação entre o modelo analítico e os dados experimentais

	Experimental	Analítico	Divergência
Vazão mássica de água	1,065E-6 kg/s	1,273E-6 kg/s	
Taxa de extração de calor	1,45 W	1,74 W	
Eficiência do processo	4,85 %	5,8 %	16,3%

Embora haja uma divergência de 16,3% entre o modelo analítico e os dados experimentais na Tabela 3, atribuída a erros de medição e na determinação da resistência térmica de convecção, a Equação 4 ainda se mostra válida para orientar melhorias no sistema. A análise da Equação 4 indica que a extração de água pode ser aumentada ao diminuir a resistência térmica total, o que pode ser obtido através do aumento do número de Reynolds ou da modificação da geometria do dissipador de calor. A Figura 2 mostra a relação entre a vazão mássica de ar (ao se aumentar o número de Reynolds) e a vazão mássica de água, indicando que essa é a principal melhoria para aumentar a extração de água no dispositivo analisado.

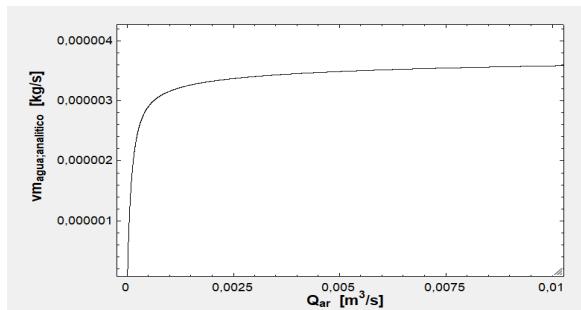


Figura 2 - Relação entre a vazão mássica de água extraída em função da vazão volumétrica de ar

Como o dispositivo em análise apresenta uma vazão volumétrica de ar de  $6,15 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  é possível observar, pela Figura 2, que o sistema possui uma vazão 40 vezes inferior à mínima adequada de  $2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ . Assim, realizando a substituição do cooler utilizado no sistema para um de maior potência, a vazão mássica de água extraída poderia ser triplicada.

#### 4. CONCLUSÕES

Por meio da análise comparativa entre o modelo analítico e o experimental, é possível validar a confiabilidade do modelo analítico, que apresenta divergências dentro das margens de erro esperadas para este tipo de modelo. No entanto, ao avaliar sua viabilidade, constatou-se que o sistema atual apresenta uma baixa eficiência, resultado de um dimensionamento inadequado dos parâmetros geométricos e da vazão mínima de ar necessária para garantir uma produção significativa e viável de água. Portanto, com viés de maximizar a eficiência e a viabilidade do projeto, torna-se imprescindível realizar a alteração elencada neste trabalho a fim de possibilitar seu uso em ambientes residenciais.

## **5. REFERÊNCIAS**

1. THERMOMATIC. Qual é a importância do aparelho numa residência? Por que se deve retirar o excesso de umidade? Disponível em: <https://www.thermomatic.com.br/duvidas-frequentes/qual-e-a-importancia-do-aparelho-numa-residencia-por-que-se-deve-retirar-o-excesso-de-umidade.html>. Acesso em: 29 nov. 2024.
2. SENSORIUM. Como a umidade afeta sua saúde respiratória. Disponível em: <https://sensorium.com.br/como-a-umidade-afeta-sua-saude-respiratoria/>. Acesso em: 29 nov. 2024.
3. THERMOMATIC. Diferença entre placa Peltier e compressor | FAQ. YouTube, 27 mar. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GDnq3R3yglc>. Acesso em: 29 nov. 2024.
4. YORAS, D. ; VARGAS, G. Desumidificador de ar para obtenção de água através do Efeito Peltier. DISCIPLINA DE CONVERSÃO E UTILIZAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA. Universidade Federal de Santa Maria - CS. RS, Brasil, Primeiro Semestre. 2022.
5. TEERTSTRA, P., YOVANOVICH, M.M., CULHAM, J.R., Analytical Forced Convection Modeling of Plate Fin Heat Sinks. Proceedings of 15th IEEE Semi-Therm Symposium, pp. 34-41, 1999.
6. SRIVASTAVA, R. S. et al. Development and applications of thermoelectric based dehumidifiers. Energy and Buildings, v. 252, p. 111446, dez. 2021.
7. Moran M. J., Shapiro H. N., Boettner D. D. e Bailey M. B. (2014). Princípios de Termodinâmica para Engenharia, LTC Editora: 7<sup>a</sup> edição, Rio de Janeiro.

# DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE INCERTEZAS DE UM DINAMÔMETRO PARA AVALIAÇÃO DE TURBINAS EÓLICAS DE EIXO VERTICAL

Mathias Verдум de Almeida\*, Charles Rech\*, Arthur Sandri Lunkes\*, André Caldeira\*, Cristiano Frandalozo Maidana\*, Simone Ferigolo Venturini\*

## Resumo

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e a análise de um dinamômetro, um dispositivo utilizado para medir torque e potência, com o intuito de caracterizar o desempenho de turbinas Savonius em um ambiente controlado de túnel de vento. Adicionalmente, o estudo contemplou a análise rigorosa das incertezas de medição inerentes ao processo de caracterização, visando garantir a confiabilidade e a acurácia dos resultados obtidos. Utilizou-se como base do estudo uma turbina em escala reduzida de 60 mm de diâmetro. O sistema foi dimensionado seguindo os valores máximos encontrados na literatura para turbinas de Savonius. A análise de incertezas revelou maior confiabilidade em 12 m/s, com incertezas de 3,8% ( $C_p$ ), 3,1% ( $C_t$ ) e 2,2% (TSR). Conclui-se que o dispositivo é adequado para ensaios em túnel de vento nesta velocidade.

**Palavras-chave:** turbina, savonius, túnel de vento.

## Abstract

The present work aimed to develop and analyze a dynamometer, a device used to measure torque and power, in order to characterize the performance of Savonius turbines in a controlled wind tunnel environment. Additionally, the study included a rigorous analysis of the measurement uncertainties inherent in the characterization process, aiming to ensure the reliability and accuracy of the results obtained. A reduced-scale turbine with a 60 mm diameter was used as the basis of the study. The system was dimensioned following the maximum values found in the literature for Savonius turbines. The uncertainty analysis revealed greater reliability at 12 m/s, with uncertainties of 3.8% ( $C_p$ ), 3.1% ( $C_t$ ), and 2.2% (TSR). It is concluded that the device is suitable for wind tunnel tests at this speed.

**Keywords:** turbine, savonius, wind tunnel.

## 1. INTRODUÇÃO

Acrescente demanda por energia sustentável impulsionou o desenvolvimento de tecnologias de energia renovável, com o Brasil assumindo um papel de destaque no crescimento da energia eólica<sup>1</sup>. Em 2023, o país registrou um aumento de 18,79% na capacidade instalada, tornando-se o terceiro maior instalador de energia eólica *onshore* global. Atualmente, a energia eólica representa 15,2% da matriz energética brasileira, consolidando-se como a segunda maior fonte

\* Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul.

\* Laboratório Interdisciplinar de Soluções Experimentais e Numéricas, Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul.

de energia do país<sup>2</sup>.

Assim, a adoção de turbinas eólicas de eixo vertical Savonius surge como uma estratégia promissora para alcançar uma maior diversificação da matriz energética brasileira. Essas turbinas, projetadas para produção de energia em pequena escala, são adequadas para aplicações off-grid, oferecendo vantagens como baixos custos de fabricação e instalação, além de alta confiabilidade. Operando com base no arrasto aerodinâmico, as turbinas Savonius funcionam com ventos de baixa velocidade e qualquer direção, sem necessidade de sistemas de controle. Além disso, a baixa necessidade de manutenção e o baixo ruído durante a operação viabilizam sua instalação em telhados, prédios, torres de comunicação e áreas rurais. A versatilidade desse sistema permite, ainda, sua integração com sistemas fotovoltaicos em modo de cogeração<sup>3-6</sup>.

Assim, neste trabalho o objetivo foi o de realizar o dimensionamento e a análise de incertezas de um dinamômetro para caracterizar experimentalmente diferentes variações de turbinas eólicas do estilo Savonius em escala no túnel de vento disponível no laboratório de engenharia mecânica da Universidade Federal de Santa Maria Campus Cachoeira do Sul.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O túnel de vento em que as análises serão conduzidas apresenta uma seção de testes com diâmetro de 315 mm e velocidade máxima de 12 m/s. Assim, segundo Ross (2010) a área transversal bloqueada pela turbina analisada deve ser inferior a 5% da total disponível na seção de testes a fim de minimizar a distorção dos resultados pela aceleração do fluido ao redor da amostra ensaiada<sup>7</sup>. Desse modo, as análises foram conduzidas sobre uma turbina de Savonius convencional de diâmetro igual a 60 mm e razão de aspecto unitária ( $H = D$ ), conforme a Figura 1, o que possui uma razão de bloqueio de 4,62%.

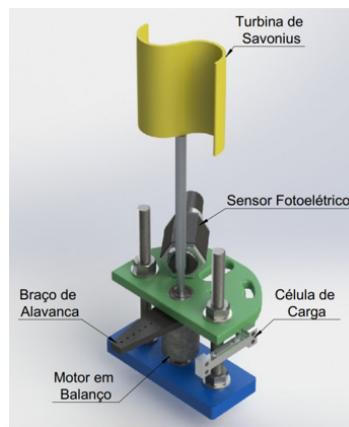


Figura 1 – Dinamômetro proposto

Fonte: Autores (2025)

Como o sistema utiliza uma turbina em escala reduzida torna-se necessário caracterizá-la por meio de coeficientes adimensionais como o *TSR* (*Tip Speed Ratio*), Equação 1, que é a relação entre a velocidade do escoamento do ar em relação à velocidade linear da ponta da pás. Ademais, os coeficientes de potência ( $C_p$ ) e torque ( $C_t$ ) também são utilizados para relacionar

respectivamente a potência e o torque disponíveis pelo escoamento com a produzida pela turbina sendo descritos pelas Equações 2 e 3 respectivamente <sup>3,4</sup>.

$$TSR = \frac{\omega R}{V} \quad (1)$$

$$C_p = \frac{T\omega}{\frac{1}{2}\rho AV^3} \quad (2)$$

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2}\rho AV^2R} \quad (3)$$

em que  $\omega$  representa a velocidade angular,  $R$  o raio da turbina,  $V$  a velocidade do escoamento de ar,  $T$  o torque produzido pela turbina,  $\rho$  a massa específica do ar e  $A$  a área da seção transversal da turbina.

Na metodologia proposta, a turbina analisada foi posta na seção de teste do túnel de vento, de até 12 m/s, sendo conectada a um gerador de campo permanente em balanço, neste componente também é fixo um braço de alavanca de 30 mm. Desse modo, ao se modificar a carga presente nos terminais do gerador, este, por estar em balanço, produz uma força contrária ao movimento, convertida em momento de reação à frenagem da turbina que, por sua vez, pode ser medido através de uma célula de carga conectada ao braço de alavanca presente no gerador, além disso, a velocidade angular do eixo da turbina é medida através de um sensor fotoelétrico BR-200DDTN acionando pela passagem de quatro fitas reflexivas posicionadas de forma equidistante no eixo, assim os dados são registrados através de uma placa de prototipagem Arduino R4, a Figura 2 apresenta o projeto do sistema de medição.

Torna-se válido destacar que medindo-se somente o torque e a velocidade angular produzidas pela turbina é possível caracterizá-la através dos coeficientes adimensionais descritos nas Equações 1 a 3.

A análise de incertezas do sistema de medição seguiu o procedimento estabelecido por Kline e McClintock<sup>8</sup> sendo apresentado na Equação 4. Sendo aplicada para cada um dos coeficientes adimensionais descritos nas Equações 1 a 3.

$$U_y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} u_1\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2} u_2\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_B} u_3\right)^2 + \dots} \quad (4)$$

em que  $y$  representa a grandeza de interesse ( $C_p$ ,  $C_t$  ou  $TSR$ ), as variáveis que possuem incerteza significativa ( $V, T, \omega, R$ ) e as respectivas incertezas dos dispositivos utilizados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizando os valores máximos de  $C_p$ ,  $C_t$  e  $TSR$  para uma turbina estilo Savonius descritos na literatura, respectivamente, como 0,31; 0,51 e 1,2 <sup>3,4</sup>em conjunto com as Equações de 1 a 3, os valores máximos de velocidade angular e força podem ser determinados e apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores máximos das variáveis a serem medidas

Velocidade angular	480 rad/s
Força (em relação ao braço de alavanca de 30 mm)	0,01667 kgf

A partir da Tabela 1 os componentes do sistema de medição podem ser dimensionados sendo utilizado uma célula de carga de 0,050 kg<sub>f</sub> com um amplificador HX711 de 24 bits. A placa de prototipagem Arduino R4 deve operar em uma frequência de aquisição de dados de ao menos 310 Hz para realizar a leitura adequada dos quatro pulsos por revolução do sensor fotoelétrico na configuração apresentada.

Realizando a análise de incertezas através da Equação 4 em uma condição de baixa velocidade (6 m/s) como descrito por Roy e Saha (2010)<sup>3</sup> obtém-se incertezas acumuladas de 7,5%; 5,8% e 4,4% respectivamente para os coeficientes C<sub>p</sub>, C<sub>t</sub> e TSR. Já ao conduzir-se a mesma análise a 12 m/s obtém-se, respectivamente, as incertezas de 3,8%; 3,1% e 2,2%. Ao analisar-se as Equações 1 a 4 pode-se inferir que a incerteza mais elevada em baixas velocidades ocorre principalmente nos coeficientes C<sub>p</sub>, C<sub>t</sub> uma vez que possuem uma maior dependência desta variável.

#### 4. CONCLUSÕES

O dimensionamento e análise de incerteza do dispositivo foi alcançado onde pode-se destacar a maior confiabilidade do sistema proposto em velocidades mais elevadas como a de 12 m/s sendo as incertezas, respectivamente, obtidas para os coeficientes adimensionais C<sub>p</sub>, C<sub>t</sub> e TSR de 3,8%; 3,1% e 2,2% adequadas para a medição proposta. Tal fato indica que o dispositivo pode ser fabricado e utilizado para o ensaio de turbinas eólicas de eixo vertical em escala no túnel de vento presente no Campus da Universidade Federal de Santa Maria em Cachoeira do Sul.

## 5. REFERÊNCIAS

1. International Energy Agency. *Renewables 2023*. www.iea.org (2024).
2. Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias. *Boletim Anual 2023*. (2024).
3. Roy, S. & Saha, U. K. Wind tunnel experiments of a newly developed two-bladed Savonius-style wind turbine. *Appl Energy* **137**, 117–125 (2015).
4. Akwa, J. V., Vielmo, H. A. & Petry, A. P. A review on the performance of Savonius wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol. 16 3054–3064 Preprint at <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.056> (2012).
5. Alom, N. & Saha, U. K. Influence of blade profiles on Savonius rotor performance: Numerical simulation and experimental validation. *Energy Convers Manag* **186**, 267–277 (2019).
6. Abraham, J. P., Plourde, B. D., Mowry, G. S., Minkowycz, W. J. & Sparrow, E. M. Summary of Savonius wind turbine development and future applications for small-scale power generation. *Journal of Renewable and Sustainable Energy* vol. 4 Preprint at <https://doi.org/10.1063/1.4747822> (2012).
7. Ross, I. J. *WIND TUNNEL BLOCKAGE CORRECTIONS: AN APPLICATION TO VERTICAL-AXIS WIND TURBINES*. (2010).
8. Beckwith, T. G., Marangoni, R. D. & Lienhard V, J. H. *Mechanical Measurements*. (Pearson Learning Solutions, 2011).

# **SECADOR SOLAR PARA AGRICULTURA FAMILIAR: DIMENSIONAMENTO E APLICAÇÕES**

Charles Rech\*, André Francisco Caldeira\*, Cristiano Frandalozo Maidana\*,  
Simone Ferigolo Venturini\*\*

## **Resumo**

A energia solar destaca-se como uma fonte de energia sustentável crucial para a humanidade, oferecendo versatilidade em suas aplicações, incluindo a desidratação de alimentos. Esse processo ocorre em secadores solares, dispositivos que convertem a energia solar em calor, promovendo a remoção de umidade dos alimentos em um ambiente controlado. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo matemático para estimar a capacidade energética de um secador solar indireto, projetado para atender às necessidades da agricultura familiar. Os cálculos foram realizados utilizando dados meteorológicos da instituição de ensino, propriedades físicas de três alimentos distintos e as dimensões de um secador já construído. Os resultados obtidos indicaram que o secador proposto possui a capacidade de absorver 1,71 MJ de energia durante os períodos de maior irradiação solar do ano e 0,66 MJ nos períodos de menor irradiação. Consequentemente, estima-se que o secador seja capaz de desidratar aproximadamente 1,0 kg e 0,4 kg de alimento nos períodos de maior e menor irradiação solar, respectivamente.

**Palavras-chave:** fonte de energia sustentável, processo de conservação de alimentos, agricultura familiar.

## **Abstract**

Solar energy stands out as a crucial sustainable energy source for humanity, offering versatility in its applications, including food dehydration. This process occurs in solar dryers, devices that convert solar energy into heat, promoting moisture removal from food in a controlled environment. This work presents the development of a mathematical model to estimate the energy capacity of an indirect solar dryer, designed to meet the needs of family farming. The calculations were performed using meteorological data from the institution, the physical properties of three different foods, and the dimensions of an already-built dryer. The results indicated that the proposed dryer can absorb 1.71 MJ of energy during periods of higher solar irradiation of the year and 0.66 MJ in periods of lower irradiation. Consequently, it is estimated that the dryer can dehydrate approximately 1.0 kg and 0.4 kg of food in periods of higher and lower solar irradiation, respectively.

**Keywords:** sustainable energy source, food preservation process, smallholder agriculture.

---

\* Laboratório Interdisciplinar de Soluções Experimentais e Numéricas, Universidade Federal de Santa Maria  
Campus Cachoeira do Sul

\*\* Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria

## **1. INTRODUÇÃO**

A energia solar, reconhecida por sua sustentabilidade e versatilidade, sustentável e versátil, tem sido aplicada em uma variedade de tecnologias, abrangendo desde a geração de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos e o aquecimento de água, até o controle térmico de sistemas residenciais e, mais recentemente, na desidratação de alimentos. A desidratação, caracterizada pela redução do teor de água nos alimentos, configura-se como um método eficiente de conservação, uma vez que a diminuição da atividade de água limita substancialmente o desenvolvimento de fungos e bactérias<sup>1,2</sup>. Os dispositivos destinados a esse processo, denominados secadores, podem apresentar diferentes configurações, dentre as quais se destacam aquelas que utilizam a energia solar como principal fonte de calor.

A eficiência dos secadores solares de alimentos está diretamente ligada à intensidade da radiação solar local, o que os torna especialmente vantajosos em áreas tropicais com elevada incidência solar diária<sup>3</sup>. O controle preciso da temperatura interna desses dispositivos é essencial para assegurar a qualidade dos alimentos processados. Embora os secadores industriais disponham de mecanismos de controle sofisticados, seus custos elevados e a dependência de combustíveis fósseis limitam sua acessibilidade para pequenos produtores e empreendimentos de agricultura familiar<sup>4</sup>. A desidratação de alimentos desempenha um papel fundamental na inibição do crescimento microbiano e na prevenção do crescimento de mofos, contribuindo significativamente para a extensão da vida útil dos produtos<sup>5</sup>. Esse processo pode ser realizado ao ar livre ou em secadores, sendo que estes últimos oferecem um ambiente controlado, reduzindo as variações nas condições ambientais e protegendo os alimentos contra agentes externos, como animais, poeira e intempéries, o que resulta em produtos finais de maior qualidade e eficiência<sup>6</sup>. A desidratação em secadores demanda o fornecimento de energia para promover a remoção da água contida nos alimentos, de modo a atingir níveis de umidade adequados para a conservação. Neste contexto, caracterizado pela crescente preocupação com a sustentabilidade e pela busca por fontes de energia limpas e renováveis, a utilização da energia solar emerge como uma alternativa promissora<sup>7</sup>.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A determinação das dimensões da câmara de secagem de um desidratador solar de alimentos requer o cálculo da quantidade de energia necessária para a remoção da umidade dos produtos, assim como da quantidade de energia disponível no sistema.

*Tabela 1 – Propriedades de alimentos cortados utilizados em secadores solares*

Alimentos cortados	Umidade inicial (%m)	Umidade final (%m)	Energia necessária (MJ/kg)	Temp. máxima (°C)	Temp. de secagem (°C)	Tempo de secagem
Maçã	80 – 85	20 – 24	1,502	70	45	6 h
Banana	70 – 80	7 – 15	1,679	70	45	8 h
Mandioca	62 – 75	14 – 17	1,105	150	30 -60	92 h
Pimenta	75 – 80	5 – 14	1,610	90	40	5 – 6 h
Manga	80 – 85	12 – 18	1,564	70	55	1 – 2 semanas
Batata	70 – 75	8 – 13	1,453	75 – 85	50 – 70	Vários dias
Tomate	75	35	0,963	75	30 - 60	36 h

*Fonte: Adaptado de Nwakuba et al. (2016)<sup>8</sup>*

As propriedades físicas e energéticas dos alimentos, relevantes para a desidratação, são apresentadas na Tabela 1, conforme dados obtidos na literatura. Os valores de umidade inicial e final correspondem a média dos intervalos reportados na Tabela 2.

*Tabela 2 – Propriedades utilizadas na Desidratação de Alimentos.*

Alimentos	Umidade inicial (%m) [10]	Umidade final (%m) [10]	Temperatura de secagem (°C) [10]	Calor específico (kJ/(kg°C))
Banana	75,0	11	45	3,86 [17]
Maçã	82,5	22	45	3,59 [18]
Tomate	75,0	35	45	3,98 [19]

Para assegurar a eficiência do processo de desidratação, é crucial que os alimentos sejam cortados em fatias com espessura específica, adaptada a cada tipo de produto<sup>9</sup>. Com base nos dados disponíveis na literatura, as espessuras adotadas neste trabalho foram: 5 mm para fatias de banana<sup>10,11,12</sup>, 5 mm para fatias de maçã<sup>14,15,16</sup> e 4 mm para fatias de tomate<sup>9,17,18</sup>.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram observadas discrepâncias significativas nos valores de irradiação solar, temperatura e tempo de exposição solar entre os dois períodos do ano analisados, com variações de 50,6%, 29,8% e 42,2%, respectivamente. Ressalta-se que a irradiação solar e o tempo de exposição solar são parâmetros altamente suscetíveis a alterações repentinas, mesmo entre regiões geograficamente próximas, em razão da influência de fatores externos, como a cobertura de nuvens, a presença de animais e a concentração de partículas em suspensão no ar. Essas variações impactam diretamente a intensidade e a duração da radiação incidente, afetando, consequentemente, a energia absorvida pelo coletor solar. A quantidade de água contida em cada quilograma de banana, maçã e tomate foi calculada, sendo que, de modo geral, a quantidade

de água a ser removida de um alimento depende da diferença entre os níveis de umidade inicial e final. Nesse cenário, a maçã apresentou o maior teor de água por quilograma entre os três alimentos (0,776 kg), enquanto o tomate registrou o menor valor (0,615 kg).

Tabela 3. Valores de energia necessária, quantidade máxima de alimento e massa do produto seco, dividido em dois períodos distintos.

<b>(1) Out - Mar</b>			
	Banana	Maçã	Tomate
<b>Energia [MJ/kg]</b>	1,662 MJ/kg	1,781 MJ/kg	1,436 MJ/kg
<b>Massa [kg]</b>	1,026 kg	0,958 kg	1,187 kg
<b>Produto seco [kg]</b>	0,288 kg	0,215 kg	0,457 kg
<b>(2) Abr - Set</b>			
	Banana	Maçã	Tomate
<b>Energia [MJ/kg]</b>	1,686 MJ/kg	1,803 MJ/kg	1,461 MJ/kg
<b>Massa [kg]</b>	0,392 kg	0,367 kg	0,452 kg
<b>Produto seco [kg]</b>	0,110 kg	0,082 kg	0,174 kg

Os resultados das análises energéticas indicam que as energias necessárias para a desidratação dos alimentos no período (2) são superiores às energias do período (1). Essa diferença pode ser atribuída à temperatura média mais baixa observada durante o período (2) em comparação com o período (1), o que demanda maior quantidade de energia para aquecer a câmara de desidratação até o nível ideal para a secagem dos alimentos. Além disso, a menor irradiação solar verificada no período (2) resulta em uma menor quantidade máxima de alimentos passíveis de serem desidratados em relação ao período (1). Em ambos os períodos, a maçã apresentou os maiores valores de energia necessários para a desidratação (1,781 e 1,803 MJ), enquanto o tomate apresentou os menores valores (1,436 e 1,461 MJ). Em contrapartida, as quantidades máximas de alimento foram superiores para o tomate em ambos os períodos (1,187 e 0,452 kg) e inferiores para a maçã também em ambos os períodos (0,958 e 0,367 kg). Os valores do produto seco correspondem a massa teórica remanescente do alimento, após o processo de desidratação, com o teor final de umidade.

#### 4. CONCLUSÕES

A aplicação da energia solar na desidratação de alimentos constitui um método eficiente e viável para promover o uso de fontes energéticas sustentáveis, possibilitar o armazenamento prolongado de alimentos e ampliar o acesso a secadores solares em comunidades de pequena escala e/ou famílias dependentes da agricultura familiar. Este estudo abordou os princípios fundamentais dos secadores solares de alimentos e desenvolveu um protocolo de cálculo para estimar a capacidade de armazenamento de um secador solar indireto. Os resultados obtidos indicaram que o secador é capaz de gerar energia suficiente para desidratar no mínimo 1,0 kg

de banana e tomate durante períodos de alta irradiação solar e produzir aproximadamente 0,29 kg de banana e 0,46 kg de tomate. A maçã, por sua vez, revelou-se o alimento com maior demanda energética (1,8 MJ) e menor rendimento de produto desidratado (< 0,1 kg). Contudo, ao considerar as dimensões físicas das bandejas do secador, verificou-se que a capacidade máxima de carga da câmara de desidratação é de 0,461 kg de banana, 0,220 kg de maçã ou 0,239 kg de tomate, indicando que o secador é capaz de desidratar todos os alimentos de forma eficaz em qualquer período do ano, com exceção da banana durante períodos de baixa irradiação. Para aprimorar o projeto do secador e otimizar a eficiência da desidratação, sugere-se, para futuras investigações, a implementação de um sistema de aquecimento secundário (resistivo), que atenda a demanda energética nos períodos de baixa irradiação solar, bem como o desenvolvimento de um sistema de controle de circuito fechado para monitoramento contínuo das condições do secador. Adicionalmente, recomenda-se a realização de testes de desidratação, utilizando os alimentos analisados, com o objetivo de validar a confiabilidade do protocolo de cálculo desenvolvido neste estudo e obter as capacidades e propriedades reais do secador, refinando assim o modelo numérico.

## 5. REFERÊNCIAS

1. KUMAR, V., CHANDRA, S., PATEL, S. V., KUMARI, S., SINGH, B. R., & SINGH, S. **A Review on Tomato Drying by Different Methods with Pretreatments.** (2015) <https://www.researchgate.net/publication/281105063>
2. DOYMAZ, I.. **Air-drying characteristics of tomatoes.** Journal of Food Engineering, 78(4), 1291–1297 (2007). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.047>
3. MOHANA, Y., MOHANAPRIYA, R., ANUKIRUTHIKA, T., YOHA, K. S., MOSES, J. A., & ANANDHARAMAKRISHNAN, C.. **Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances** (2020). In Solar Energy (Vol. 208, pp. 321–344). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.098>
4. BAL, L. M., SATYA, S., & NAIK, S. N.. **Solar dryer with thermal energy storage systems for drying agricultural food products: A review.** In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 14, Issue 8, pp. 2298–2314) (2010). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.04.014>
5. KAMARULZAMAN, A., HASANUZZAMAN, M., & RAHIM, N. A.. **Global advancement of solar drying technologies and its future prospects: A review.** In Solar Energy (Vol. 221, pp. 559–582). (2021) Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.04.056>
6. EL-MESERY, H. S., EL-SEESY, A. I., HU, Z., & LI, Y.. **Recent developments in solar drying technology of food and agricultural products: A review.** In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 157). (2022) Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112070>
7. BAL, L. M., SATYA, S., & NAIK, S. N.. **Solar dryer with thermal energy storage systems for drying agricultural food products:** A review. In Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 14, Issue 8, pp. 2298–2314). (2010) Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.04.014>
8. NWAKUBA, N. R., NWAIGWE, K. N., R, N. N., ASOEGWU, S., & NWAIGWE, K. (2016). **Energy requirements for drying of sliced agricultural products: A review** (Vol. 18, Issue 2). <http://www.cigrjournal.org>
9. EBADI, H., ZARE, D., AHMADI, M., & CHEN, G.. **Performance of a hybrid compound parabolic concentrator solar dryer for tomato slices drying.** Solar Energy, 215, 44–63. (2021) <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.12.026>
10. LINGAYAT, A., CHANDRAMOHAN, V. P., & RAJU, V. R. K.. **Design, Development and Performance of Indirect Type Solar Dryer for Banana Drying.** Energy Procedia, 109, 409–416. (2017) <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.041>
11. EL-SEBAEY, M. S., MOUSAVI, S. M. T., SHAMS EL-DIN, S., & ESSA, F. A.. **An experimental case study on development the design and the performance of indirect solar dryer type for drying bananas.** Solar Energy, 255, 50–59. (2023) <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.03.023>
12. LINGAYAT, A., & CHANDRAMOHAN, V. P.. **Numerical investigation on solar air collector and its practical application in the indirect solar dryer for banana chips drying with energy and exergy analysis.** Thermal Science and Engineering Progress, 26. (2021) <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101077>
13. LINGAYAT, A., CHANDRAMOHAN, V. P., RAJU, V. R. K., & KUMAR, A.. **Development of indirect type solar dryer and experiments for estimation of drying parameters of apple and watermelon: Indirect type solar dryer for drying apple and watermelon.** Thermal Science and Engineering Progress, 16. (2020) <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100477>
14. ELGAMAL, R., KISHK, S., AL-REJAIE, S., & ELMASRY, G.. **Incorporation of a solar tracking system for enhancing the performance of solar air heaters in drying apple slices.** Renewable Energy, 167, 676–684. (2021) <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.137>

15. MOUSSAOUI, H., BAHAMMOU, Y., TAGNAMAS, Z., KOUHILA, M., LAMHARRAR, A., & IDLIMAM, A.. **Application of solar drying on the apple peels using an indirect hybrid solar-electrical forced convection dryer.** Renewable Energy, 168, 131–140. (2021) <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.046>
16. HADIBI, T., MENNOUCHE, D., ARICI, M., YUNFENG, W., BOUBEKRI, A., KONG, D., & LI, M.. **Energy and enviro-economic analysis of tomato slices solar drying: An experimental approach.** Solar Energy, 253, 250–261. (2023) <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.02.038>
17. LINGAYAT, A., P, C. V, & R K, R. V.. **Drying kinetics of tomato (*Solanum lycopersicum*) and Brinjal (*Solanum melongena*) using an indirect type solar dryer and performance parameters ofdryer.** Heat Mass Transfer. (2021) <https://doi.org/10.1007/s00231-020-02999-3/> Published

# XADREZ NAS ESCOLAS DE CACHOEIRA DO SUL: ESTRATÉGIA EDUCACIONAL PARA CRIANÇAS E ADOLESCENTES

Hernán Eduardo Seniw Gonçalves\*, Vanderlei Manica\*

## Resumo

A trajetória do xadrez é marcada por eventos históricos e grandes jogadores, cujas contribuições consolidaram o jogo como um dos mais complexos e estratégicos do mundo. Seu objetivo, a captura do rei adversário, envolve uma disputa entre peças claras e escuras que estimula o raciocínio lógico e o pensamento crítico. O objetivo principal deste projeto é promover a prática do xadrez entre crianças e adolescentes de escolas da cidade de Cachoeira do Sul. Cada semestre, o projeto visita uma determinada escola e a metodologia aplicada baseia-se em encontros semanais com duração de duas horas, divididos em teórica e prática. Na parte teórica, são abordados temas como a origem do xadrez, as particularidades das peças e táticas. A etapa prática consiste na aplicação dos conceitos discutidos, por meio de partidas entre os participantes, resolução de exercícios e debates sobre variantes estratégicas. Conclui-se que o xadrez se apresenta como uma ferramenta pedagógica de grande potencial, capaz de promover o desenvolvimento cognitivo e social dos estudantes. O jogo desenvolve relações interpessoais, contribuindo para a criação de um ambiente escolar mais colaborativo e inclusivo.

**Palavras-chave:** xadrez, educação, raciocínio lógico, desenvolvimento cognitivo.

## Abstract

Chess evolution is marked by historical events and great players, whose contributions have consolidated the game as one of the most complex and strategic in the world. Its objective, the capture of the opponent's king, involves a dispute between light and dark pieces that stimulates logical reasoning and critical thinking. The main objective of this project is to promote the practice of chess among children and adolescents from schools in the city of Cachoeira do Sul. Each semester, the project visits a specific school and the methodology applied is based on weekly meetings lasting two hours, divided in a theoretical stage and a practical stage. The theoretical covers topics such as the origin of chess, the particularities of the pieces and tactics. The practical consists of applying the concepts discussed, through games between participants, solving exercises and debates on strategic variants. It is concluded that chess is a pedagogical tool with great potential, capable of promoting the cognitive and social development of students. The game develops interpersonal relationships, contributing for a more collaborative and inclusive school environment.

**Keywords:** Chess; Education; Logical reasoning; Cognitive development.

## 1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos acadêmicos corroboram o impacto positivo do xadrez no desenvolvimento das competências cognitivas e sociais de crianças e adolescentes. O jogo, na educação infantil,

\* Laboratório de Estudos em Matemática Aplicada Campus Cachoeira do Sul (LEMA), Coordenação acadêmica, Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

auxilia as crianças na manipulação de materiais, na socialização e no desenvolvimento da confiança em suas habilidades, fatores que facilitam a assimilação de conteúdos acadêmicos<sup>2</sup>. Além disso, a prática do xadrez em aulas específicas favorece o aprimoramento de habilidades cognitivas, como o foco, a memória e o raciocínio lógico<sup>1</sup>. Na Índia, foi constatado que crianças do sexto ano de áreas rurais apresentaram uma melhora no desempenho escolar em estudos sociais, inglês e ciências, após um ano de treinamento com atividades de xadrez<sup>4</sup>.

O projeto tem por objetivo incentivar a prática do jogo de xadrez entre crianças e adolescentes de escolas na cidade de Cachoeira do Sul e verificar o impacto do jogo na evolução das crianças na maneira de jogar. No que segue, descrevemos a metodologia e as escolas visitadas. Na seção 2, descreve-se a metodologia para realização das atividades. Na seção 3, discute-se os resultados observados. Conclusões são feitas na seção 4.

## 2. METODOLOGIA

Desde 2017, o projeto é implementado em escolas de Cachoeira do Sul, com encontros semanais que ocorrem no turno oposto ao horário regular das aulas. Cada ciclo de atividades tem a duração de três meses, com encontros de duas horas. As atividades são estruturadas em duas partes. A primeira é dedicada à introdução e apresentação de conceitos enxadrísticos básicos e a segunda, voltada para a prática do jogo livre, onde os participantes têm a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos. O projeto conta com um vasto acervo de tabuleiros e livros especializados no ensino do xadrez, utilizados na elaboração das atividades e também emprestados aos alunos. Entre os materiais didáticos, destacam-se os livros de Giusti<sup>3</sup> e Zlotnik et al.<sup>5</sup>, que contribuem para o enriquecimento do processo de ensino-aprendizagem.

O xadrez, com sua imensa complexidade estratégica e um número praticamente infinito de configurações possíveis, oferece desafios que estimulam a busca por soluções ideais. Em níveis iniciais, é possível trabalhar com situações específicas que incentivam os jogadores a desenvolver combinações de movimentos eficientes para atingir objetivos, como capturar peças, ganhar vantagem posicional ou alcançar o xeque-mate. Durante as atividades, os participantes são introduzidos a tópicos fundamentais do jogo, incluindo as regras básicas, conceitos de aberturas e defesas, xeque-mates elementares, estratégias de jogo, análise de jogos clássicos da literatura, visando o aprimoramento tático e estratégico dos participantes.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No primeiro semestre de 2017, aproximadamente 25 crianças, com idades entre 9 e 12 anos, participaram das atividades de xadrez no Colégio Totem. Durante o período da atividade, 19 crianças tiveram uma participação superior a 75%, demonstrando evolução nas habilidades enxadrísticas. Esse resultado reflete o engajamento e a progressão dos alunos, que puderam aprimorar seu entendimento sobre as estratégias do jogo. Além disso, foi formado um grupo na UFSM-CS, com encontros semanais para estudo e prática do jogo (Figura 1).



Fonte: Autores.

Em 2018, o projeto foi implementado na Escola Estadual de Ensino Fundamental Rio Jacuí, dando continuidade às atividades com novas turmas de crianças e adolescentes. No ano seguinte, o projeto alcançou a Escola Estadual de Ensino Médio Antônio Vicente da Fontoura e começamos a participar de torneios de xadrez em Cachoeira do Sul e na região, proporcionando aos alunos a oportunidade de aplicar seus conhecimentos em ambientes competitivos, fortalecendo o interesse pelo jogo e as interações interpessoais (Figura 2).



Fonte: Autores.

Figura 2: Xadrez na Escola Antônio Vicente da Fontoura e participação em torneios.

Em 2020 e 2021, devido à pandemia, as atividades presenciais foram temporariamente suspensas. No entanto, para manter o vínculo com o jogo, buscamos alternativas digitais. Organizamos encontros remotos, reunindo alunos dos anos anteriores para atividades online, por meio de apresentações no Google Meet e torneios de xadrez na plataforma *Lichess*.

Em 2022, o projeto retomou suas atividades presenciais na Escola Antônio Vicente da Fontoura, com a participação de 20 alunos do sexto ao nono ano do ensino fundamental. Desses, 11 apresentaram uma frequência superior a 75% nos encontros, evidenciando o engajamento contínuo dos participantes. No ano de 2023, o projeto foi implementado na Escola Estadual de Ensino Básico Borges de Medeiros, com um total de 19 participantes, dos quais 10 demonstraram uma participação mais ativa nas atividades propostas (Figura 3). Em ambas as escolas, ao final do ciclo de atividades, foi organizada uma confraternização, acompanhada de um torneio de xadrez. Em 2024, o projeto foi implementado na Escola Estadual Liberato Salzano Vieira da Cunha e também retornou ao Colégio Totem.



Fonte: Autores.

Figura 3: Fases das atividades de xadrez. Apresentação de conceitos e jogo livre.

#### 4. CONCLUSÕES

O projeto revelou-se uma experiência enriquecedora e holística, transcendendo a mera prática do xadrez para consolidar-se como um instrumento poderoso no desenvolvimento cognitivo, social e emocional de crianças e adolescentes. Observamos que os participantes aprenderam rapidamente os conceitos do jogo. Mesmo os que não tinham um desempenho favorável nas partidas mostraram grande perseverança, continuando a praticar e a buscar a

melhoria contínua. Ressaltamos que o bom desempenho no xadrez, assim como em outras áreas do aprendizado, exige dedicação constante, estudo e prática. O jogo oferece oportunidades valiosas de interação social, permitindo que os participantes compartilhem ideias, discutam estratégias e estabeleçam amizades. Dessa maneira, o xadrez se configura não apenas como um instrumento de aprendizagem, mas também como um meio para o desenvolvimento de habilidades sociais essenciais para a formação de cidadãos.

## **5. AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao FIEX/UFSM pelo suporte financeiro concedido aos bolsistas, bem como às escolas que acolheram o projeto e ofereceram seu apoio, permitindo que ele se inserisse no contexto educacional de forma eficaz e produtiva.

## **6. REFERÊNCIAS**

1. BARRETT, D. C.; FISH, W. W. **Our Move: Using Chess to Improve Math Achievement for Students Who Receive Special Education Services.** International Journal of Special Education, v. 26, n. 3, p. 181-193, 2011.
2. D'LUCIA, R. S.; LEITÃO, F. S. P.; FONSECA, G. da; SILVA, M. R. P. da; SCALVI, R. M. F. **O ensino de xadrez como ferramenta no processo de aprendizado infantil.** Revista Ciência em Extensão, v. 3, n. 2, p. 95-104, 2007.
3. GIUSTI, P. XADREZ **Tratado Geral em 3 Volumes,** Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro, 2003.
4. JOSEPH, E.; EASVARADOSS, V.; SOLOMON, N. J. **Impact of chess training on academic performance of rural Indian school children.** Open Journal of Social Sciences, v. 4, n. 2, p. 20-24, 2016.
5. ZLOTNIK, B., SÁNCHEZ, J.A.L.T., BLANCO, F.M., REY, J.V.R., **Curso de Xadrez,** Volume 2, Artmed, Porto Alegre, 2006.

# **SIMULAÇÃO DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS: TREINAMENTO VIRTUAL PARA NAVEGAÇÃO INTELIGENTE EM CACHOEIRA DO SUL**

Fauzi Scarparo Boeck Mahfus\*, Felipe Caleffi\*

## **Resumo**

Este trabalho busca introduzir o projeto de pesquisa em desenvolvimento no Núcleo de Veículos Autônomos da Universidade Federal de Santa Maria, que tem o intuito de preparar Cachoeira do Sul para a operação de veículos autônomos, utilizando simulações para otimizar a mobilidade urbana da cidade. A análise de diferentes cenários em ambiente virtual permitirá identificar melhorias na infraestrutura viária, aumentando a segurança e a eficiência do trânsito. Os dados obtidos servirão como base para a implementação estratégica dessa tecnologia, tornando a cidade referência no Brasil e contribuindo para um transporte mais sustentável e inovador.

**Palavras-chave:** veículos autônomos, mobilidade urbana, simulação, infraestrutura viária, sustentabilidade.

## **Abstract**

This study aims to introduce the research project currently under development at the Autonomous Vehicles Research Center of the Federal University of Santa Maria, which seeks to prepare the city of Cachoeira do Sul for the operation of autonomous vehicles by using simulations to optimize urban mobility. The analysis of different scenarios in a virtual environment will enable the identification of potential improvements to the road infrastructure, enhancing traffic safety and efficiency. The data obtained will serve as the foundation for the strategic implementation of this technology, positioning the city as a national reference in Brazil and contributing to the development of a more sustainable and innovative transportation system.

**Keywords:** autonomous vehicles, urban mobility, simulation, road infrastructure, sustainability.

## **1. INTRODUÇÃO**

A tecnologia avança em uma crescente exponencial, tornando-se cada vez mais presente em nossa cotidiano, seja substituindo tarefas repetitivas, otimizando processos ou introduzindo

\* Núcleo de Veículos Autônomos (NVA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

novas formas de facilitar nossas vidas. Entre os inúmeros desafios que a inovação tecnológica pode solucionar, um dos mais críticos e impactantes é a mobilidade urbana. O trânsito, marcado por congestionamentos, acidentes e ineficiências, pode ser profundamente transformado pelo uso de novas tecnologias, e é nesse contexto que o Núcleo de Veículos Autônomos (NVA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) se destaca.

O NVA desenvolve pesquisas voltadas à operação de veículos autônomos e busca transformar Cachoeira do Sul em um modelo de inovação e mobilidade inteligente. A iniciativa visa preparar a cidade para se tornar uma referência na operação de veículos autônomos, utilizando ferramentas de simulação computacional e análise para otimizar a infraestrutura urbana, aumentar a segurança no trânsito e promover a eficiência e sustentabilidade da mobilidade urbana. Dessa forma, o projeto busca não só modernizar o transporte local, mas também estabelecer um caminho sólido para servir de referência para outras cidades.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O projeto se baseia no uso de simulações computacionais avançadas para analisar e otimizar a mobilidade urbana. O CARLA Simulator (Carla, 2025) será empregado na criação de um ambiente 3D virtual detalhado de Cachoeira do Sul, permitindo que a inteligência artificial aprenda a navegar pelas vias da cidade e responda a eventos imprevistos, como a travessia repentina de pedestres ou a ocorrência de acidentes simulados. Esse processo é essencial para o aperfeiçoamento dos sistemas autônomos, garantindo que sejam capazes de operar com segurança e eficiência em cenários dinâmicos e complexos (NVIDIA, 2024).

Paralelamente, o software PTV VISSIM (PTV, 2024) será utilizado para modelar a infraestrutura viária e avaliar o impacto das soluções propostas na mobilidade urbana. A partir dos dados coletados nas simulações, ajustes estruturais poderão ser planejados com maior precisão, visando otimizar o fluxo de trânsito, reduzir congestionamentos e aumentar a segurança nas vias.

A integração dessas ferramentas fornecerá uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas, permitindo não apenas a adaptação da cidade à circulação de veículos autônomos, mas também a promoção de um sistema de transporte mais eficiente, sustentável e inovador.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A discussão em torno da automação do trânsito envolve não apenas os avanços tecnológicos, mas também a adaptação da infraestrutura urbana e a aceitação da sociedade. Para que Cachoeira do Sul se torne referência na operação de veículos autônomos, será necessário um planejamento que leve em consideração fatores como regulamentação, segurança

e sustentabilidade. A expectativa é que este projeto sirva como um estudo pioneiro, contribuindo para a formulação de estratégias eficientes que possam ser aplicadas em outras cidades no futuro, acelerando a transição para uma mobilidade mais inteligente e sustentável.



*Logo do CARLA Simulator do NVA*  
*Fonte: Site oficial*



*Simulator do NVA*  
*Fonte: Autores*

#### **4. CONCLUSÕES**

A ideia do projeto é tornar Cachoeira do Sul a pioneira em operações de veículos autônomos, promovendo melhorias na mobilidade urbana e segurança no trânsito. A automação das vias não apenas reduzirá os acidentes, mas também contribuirá para a redução das emissões de carbono, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade ambiental. No futuro, espera-se que essa iniciativa sirva como modelo para outras cidades brasileiras, acelerando a transição para uma mobilidade mais inteligente e sustentável.

## 5. REFERÊNCIAS

1. CARLA. **CARLA Simulator – Open-source simulator for autonomous driving research.** 2025. Disponível em: <https://carla.org>. Acesso em: 3 mar. 2025.
2. PTV. **PTV Vissim 2024 - User Manual.** Karlsruhe: PTV Group, 2024. Disponível em: <https://www.ptvgroup.com>. Acesso em: 3 mar. 2025.
3. **NVIDIA. Unlocking the Future of Autonomous Driving with Simulation.** NVIDIA GTC. 2024. Disponível em: <https://www.nvidia.com/en-us/on-demand/session/gtc24-s62468/>. Acesso em: 3 mar. 2025.

# **SAÚDE MENTAL DA POPULAÇÃO NAS CIDADES: UM CHAMADO À AÇÃO**

Gisele Marasini\*, Felipe Caleffi\*\*

## **RESUMO**

A urbanização acelerada tem impactos significativos na saúde mental das populações urbanas. Este artigo analisa a relação entre a vida urbana e o bem-estar mental por meio de uma revisão narrativa da literatura científica recente. A pesquisa adotou uma abordagem multidisciplinar, integrando estudos sobre políticas públicas, planejamento urbano, iniciativas comunitárias e serviços de saúde mental acessíveis. Fatores ambientais, sociais e econômicos foram abordados, com destaque para estratégias como ampliação de espaços verdes, fortalecimento da coesão social e promoção da equidade econômica. Os principais achados indicam que a vida urbana está associada ao aumento de transtornos mentais como ansiedade e depressão, agravados por fatores como isolamento social, poluição e desigualdades socioeconômicas. O artigo conclui que a promoção da saúde mental deve ser central nas políticas de desenvolvimento urbano sustentável.

**Palavras-chave:** Saúde mental, população urbana, bem-estar mental, políticas públicas.

## **Abstract**

Accelerated urbanization has significant impacts on the mental health of urban populations. This article analyzes the relationship between urban life and mental well-being through a narrative review of recent scientific literature. The research adopts a multidisciplinary approach, integrating studies on public policies, urban planning, community initiatives, and accessible mental health services. Environmental, social, and economic factors are addressed, with emphasis on strategies such as the expansion of green spaces, strengthening social cohesion, and promoting economic equity. The main findings indicate that urban living is associated with increased mental health disorders such as anxiety and depression, exacerbated by factors such as social isolation, pollution, and socioeconomic inequalities. The article concludes that promoting mental health must be central to sustainable urban development policies.

**Keywords:** Mental health, urban population, mental well-being, public policies.

---

\* Psicóloga pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

\*\* Núcleo de Veículos Autônomos (NVA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

## **1. INTRODUÇÃO**

Nos últimos anos, tem-se reconhecido cada vez mais o impacto da urbanização na saúde mental, refletindo os desafios complexos enfrentados pelas populações urbanas. O crescimento acelerado das cidades aumenta a concentração de pessoas, infraestrutura e atividades, o que pode afetar profundamente o funcionamento psicológico dos indivíduos (OKKELS et al., 2018). Esse contexto ressalta a necessidade urgente de pesquisas e ações que mitiguem os efeitos negativos da urbanização e promovam o bem-estar mental. Atualmente, mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas, número que tende a crescer. Embora as cidades ofereçam inovação e oportunidades econômicas, também são cenários de estresse, poluição e desigualdades sociais, que podem comprometer a saúde mental da população (GRUEBNER et al., 2017).

A relevância da saúde mental nos ambientes urbanos se evidencia não apenas na alta prevalência de transtornos psicológicos, como depressão, ansiedade e estresse, mas também em seu impacto na qualidade de vida, produtividade e coesão social. O acesso desigual a recursos e serviços de saúde mental em áreas urbanas levanta questões críticas sobre equidade e inclusão (CARTA; BHUGRA, 2019). Dessa forma, o objetivo deste estudo é analisar publicações sobre saúde mental urbana, discutindo desafios predominantes e oportunidades de intervenção. São explorados fatores ambientais, como poluição e densidade populacional, além do papel da estrutura social das cidades e das políticas públicas na promoção da saúde mental.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

A saúde mental vai além da ausência de transtornos psicológicos, sendo definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um estado de bem-estar em que o indivíduo reconhece suas capacidades, lida com os desafios da vida e contribui para sua comunidade. Esse conceito abrange não apenas a realização de tarefas diárias e a produtividade no trabalho, mas também a capacidade de construir relações sociais saudáveis e enfrentar adversidades (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018). A saúde mental é influenciada por uma combinação de fatores socioeconômicos, biológicos e ambientais, que interagem de maneira dinâmica para moldar o bem-estar psicológico de cada indivíduo. No contexto urbano, esses determinantes incluem aspectos como qualidade do ar, presença de áreas verdes, estabilidade no emprego e acesso a serviços de saúde e educação. Embora a urbanização ofereça oportunidades econômicas e sociais, também está associada a níveis mais elevados de estresse, transtornos do humor e ansiedade (LEDERBOGEN; HADDAD; MEYER-LINDENBERG, 2013).

A comparação entre ambientes urbanos e rurais mostra que as cidades apresentam desafios específicos para a saúde mental, como alta densidade populacional, poluição sonora e atmosférica e ritmo de vida acelerado, fatores que elevam o risco de transtornos psicológicos. Além disso, a falta de espaços verdes e a natureza impessoal das interações urbanas podem levar ao isolamento social e à redução do suporte comunitário. Por outro lado, ambientes rurais, com menor densidade populacional e maior contato com a natureza, tendem a favorecer

o bem-estar mental, embora também enfrentem limitações, como o difícil acesso a serviços especializados. Para mitigar os impactos negativos da urbanização na saúde mental, é essencial a implementação de políticas públicas que ampliem o acesso a áreas verdes, fortaleçam laços comunitários e garantam serviços de saúde mental acessíveis e de qualidade para a população urbana (GRUEBNER et al., 2017; OKKELS et al., 2018).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A rápida urbanização tem sido associada ao aumento da incidência de transtornos mentais, como ansiedade, depressão, esquizofrenia e transtornos do humor. Estudos demonstram que a prevalência desses problemas é significativamente maior em ambientes urbanos em comparação com áreas rurais. Além disso, fatores de risco como isolamento social, estresse, poluição sonora e ambiental agravam essa situação. Pesquisas sugerem que indivíduos criados em cidades apresentam maior atividade em áreas cerebrais relacionadas ao processamento do estresse, tornando-os mais vulneráveis a transtornos psiquiátricos. Isso evidencia a complexa interação entre o ambiente urbano e a saúde mental, destacando a necessidade de políticas públicas eficazes para mitigar esses impactos (LEDERBOGEN et al., 2011; PEEN et al., 2010).

A estrutura social e a coesão comunitária também influenciam a saúde mental, especialmente entre os adolescentes. Estudos mostram que jovens de bairros socioeconomicamente desfavorecidos estão mais expostos a riscos ambientais, como violência e criminalidade, aumentando a incidência de depressão, ansiedade e transtornos comportamentais. No entanto, um ambiente social mais integrado e coeso pode atenuar esses efeitos negativos (ANESHENSEL; SUCOFF, 1996). Outros fatores urbanos que impactam a saúde mental incluem alta densidade populacional, baixa qualidade de vida, escassez de áreas verdes e exposição constante a poluentes. Além disso, a falta de moradias adequadas e o acesso limitado a serviços de saúde mental contribuem para a piora do bem-estar psicológico dos habitantes das cidades (GRUEBNER et al., 2017; KNOESTER; HAYNIE, 2005).

O desemprego e crises econômicas representam desafios adicionais para a saúde mental, especialmente para jovens e homens, aumentando os casos de ansiedade, transtornos do humor e comportamento suicida. A educação e o suporte social podem atuar como fatores de proteção, amenizando os impactos negativos dessas condições (VIRGOLINO et al., 2022). A pandemia da COVID-19 agravou ainda mais essa situação, elevando os níveis de ansiedade, depressão e estresse na população urbana. Mulheres e indivíduos com histórico psiquiátrico prévio foram os mais afetados, especialmente em períodos de isolamento social (SAMJI et al., 2022). Diante desses desafios, políticas públicas devem priorizar a criação de espaços verdes, o fortalecimento da coesão social e a ampliação do acesso a serviços de saúde mental, promovendo cidades mais saudáveis e sustentáveis.

### **4. CONCLUSÕES**

Este estudo abordou a complexidade da saúde mental da população urbana, explorando desde fundamentos teóricos até estratégias de intervenção e promoção do bem-estar. A saúde

mental é influenciada por fatores socioeconômicos, biológicos e ambientais, que interagem de maneira dinâmica nos ambientes urbanos, trazendo desafios e oportunidades. A pesquisa destaca como a vida nas cidades pode agravar problemas psicológicos, ressaltando a importância de políticas públicas que promovam ambientes urbanos saudáveis e inclusivos. A colaboração interdisciplinar entre áreas como saúde mental, planejamento urbano, educação e tecnologia é essencial para desenvolver estratégias eficazes. A inovação tecnológica surge como um recurso promissor para ampliar o acesso e a qualidade dos serviços de saúde mental. No entanto, a implementação bem-sucedida dessas estratégias exige um novo paradigma na forma como a saúde mental é percebida e tratada, com foco em políticas inclusivas e financiamento adequado para pesquisa e serviços. Assim, garantir que a saúde mental esteja no centro do desenvolvimento urbano sustentável é fundamental para construir cidades mais saudáveis e equitativas no futuro.

## 5. REFERÊNCIAS

1. ANESHENSEL, C. S.; SUCOFF, C. A. **The Neighborhood Context of Adolescent Mental Health.** Journal of Health and Social Behavior, v. 37, n. 4, p. 293, 1996.
2. CARTA, M. G.; BHUGRA, D. **Urbanization and mental health.** Em: BHUGRA, D.; VENTRIGLIO, A.; CASTALDELLI-MAIA, J.; MCCAY, L. (org.). Urban Mental Health (Oxford Cultural Psychiatry series). Oxford University Press, p. 83–95, 2019.
3. GRUEBNER, O.; RAPP, M. A.; ADLI, M.; KLUGE, U.; GALEA, S.; HEINZ, A. **Cities and Mental Health.** Deutsches Ärzteblatt international, 2017.
4. KNOESTER, C.; HAYNIE, D. L. **Community Context, Social Integration Into Family, and Youth Violence.** Journal of Marriage and Family, v. 67, n. 3, p. 767–780, 2005.
5. LEDERBOGEN, F. et al. **City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans.** Nature, v. 474, n. 7352, p. 498–501, 2011.
6. LEDERBOGEN, F.; HADDAD, L.; MEYER-LINDENBERG, A. **Urban social stress – Risk factor for mental disorders. The case of schizophrenia.** Environmental Pollution, v. 183, p. 2–6, 2013.
7. OKKELS, N.; KRISTIANSEN, C. B.; MUNK-JØRGENSEN, P.; SARTORIUS, N. **Urban mental health.** Current Opinion in Psychiatry, v. 31, n. 3, p. 258–264, 2018.
8. PEEN, J.; SCHOEVERS, R. A.; BEEKMAN, A. T.; DEKKER, J. **The current status of urbanrural differences in psychiatric disorders.** Acta Psychiatrica Scandinavica, v. 121, n. 2, p. 84–93, 2010.
9. SAMJI, H.; WU, J.; LADAK, A.; VOSSEN, C.; STEWART, E.; DOVE, N.; LONG, D.; SNELL, G. **Review: Mental health impacts of the COVID-19 pandemic on children and youth – a systematic review.** Child and Adolescent Mental Health, v. 27, n. 2, p. 173–189, 2022.
10. VIRGOLINO, A.; COSTA, J.; SANTOS, O.; PEREIRA, M. E.; ANTUNES, R.; AMBRÓSIO, S.; HEITOR, M. J.; VAZ CARNEIRO, A. **Lost in transition: a systematic review of the association between unemployment and mental health.** Journal of Mental Health, v. 31, n. 3, p. 432–444, 2022.
11. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Mental health: strengthening our response.** 2018. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>. Acesso em: 13/02/2025.

# **ANÁLISE DE VIABILIDADE DO USO DE LUZ SOLAR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA EM APLICAÇÕES RESIDENCIAIS COTIDIANAS.**

Rithiele dos Santos Ferreira\*, Eduardo Gonçalves Trindade\*, João Vitor Hoffmann Spode\*, André Francisco Caldeira\*, Charles Rech\*, Cristiano Frandalozo Maidana\*, Simone Ferigolo Venturini\*

## **Resumo**

Este projeto tem como principal objetivo avaliar a viabilidade da implementação de sistemas de aquecimento de água para uso doméstico por meio de energia solar em residências de Cachoeira do Sul. Busca, também, analisar o impacto do uso dessa tecnologia no bem-estar habitacional e investigar como ela contribui para a promoção da sustentabilidade - nesse caso, com a adoção de fontes de energia renováveis. O trabalho oferece uma revisão sobre a tecnologia, explorando sua aplicação prática e destacando os principais aspectos a serem considerados. Com isso, pretende-se dimensionar e avaliar a viabilidade do projeto, garantindo que seja eficiente, satisfatório para o consumidor - tanto em termos de usabilidade quanto decusto-benefício - e alinhado com as necessidades contemporâneas de preservação ambiental.

**Palavras-chave:** dimensionamento; aquecimento de água; energia solar.

## **Abstract**

This project aims to evaluate the feasibility of implementing water heating systems for domestic use through solar energy in homes in Cachoeira do Sul. It also seeks to analyze the impact of this technology on housing well-being and investigate how it contributes to promoting sustainability—specifically through the adoption of renewable energy sources. The work provides a review of the technology, exploring its practical application and highlighting the main aspects to be considered. The goal is to size and assess the project's feasibility, ensuring it is efficient, satisfactory for the consumer - both in terms of usability and cost-effectiveness - and aligned with contemporary environmental preservation needs.

**Keywords:** sizing; water heating; solar energy.

## **1. INTRODUÇÃO**

Nos dias atuais, a busca por fontes de energias renováveis tem se revelado cada vez mais indispensável para a preservação do meio ambiente. A Origo Energia (2021), afirma que: "O alto consumo de energias não-renováveis prejudica a sociedade e o meio ambiente, por causa do alto volume de dióxido de carbono, que a sua queima libera para atmosfera." <sup>1</sup>, evidenciando a necessidade da adoção de medidas que protejam e preservem o planeta.

Nesse sentido, o uso da energia solar para aquecimento de água, em aplicações residenciais, apresenta-se como uma alternativa muito promissora. A utilização de sistemas fototérmicos apresenta contribuição significativa para a redução da emissão de gases de efeito estufa, além de prover economia de custos em eletricidade. Por esse motivo, o presente trabalho tem por

---

\* Universidade Federal de Santa Maria - Campus Cachoeira do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil.

objetivo geral avaliar a viabilidade da adoção desses sistemas em residências de Cachoeira do Sul.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com a TAB Energia (2020), o sistema fototérmico utiliza coletores solares para captar a energia térmica da radiação solar e aquecer a água, para depois transferi-la para um reservatório térmico conhecido como boiler. Esse sistema é previamente dimensionado a fim de atender a demanda diária de água quente de uma habitação.<sup>2</sup>

Em relação ao dimensionamento, é necessário a obtenção de informações específicas para a residência em que o sistema é instalado, além de dados climáticos do local. Por esse motivo, para que as considerações finais deste trabalho sejam mais consistentes, considerou-se uma residência com 4 moradores e 3 pontos de consumo (banho, cozinha e lavatório).

Tendo isso em vista, iniciou-se o dimensionamento do sistema. Primeiramente, a demanda de água foi definida a partir de uma tabela de consumo médio de cada ponto de consumo em uma residência<sup>3</sup>, fornecida pela Soletrol (p. 8), empresa especializada em aquecedores solares de água para residências. A partir da tabela, concluiu-se que, diariamente, a demanda total de água para a residência é de 556 litros.

*Tabela 1: Consumo médio por ponto de consumo*

Peças	Consumo mínimo	Consumo máximo	Ciclo diário (minuto / pessoa)	Temperatura de consumo °C
Ducha de banho	3,0 L/min	15,0 L/min	10	39-40
Lavatório	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39-40
Ducha higiênica	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39-40
Banheira	80 L	440 L	banho	39-40
Pia da cozinha	2,4 L/min	7,2 L/min	3	39-40
Lava-louças	20 L	20 L	Ciclo de lavagem	39-50
Máquina de lavar roupas	90 L	200 L	Ciclo de lavagem	39-40

*Fonte: Soletrol*

A Soletrol<sup>3</sup> também faz uma relação de área coletora com os estados brasileiros, sendo de 1,8 m<sup>2</sup> a cada 100 litros de água para o Rio Grande do Sul. Com isso, tem-se que a área dos coletores necessária seria de, no mínimo, 10 m<sup>2</sup>. Já em relação aos dados climáticos do município, os principais utilizados no cálculo foram as temperaturas máximas e mínimas<sup>4</sup>, obtidas no site Weather Spark; e incidência solar diária e mensal<sup>5</sup>, obtida no site CRESESB. Finalmente, foi feita a relação de todos os dados obtidos e constatou-se que a demanda energética mensal da residência varia entre 451.47 kWh/mês e 719.78 kWh/mês.

*Tabela 2: Tabela que relaciona as variáveis da expressão com valores obtidos.*

Cálculos do dimensionamento de um sistema de aquecimento de água com luz solar						
T(acs)	45 °C			Eficiência do coletor	162.6 kWh/mês	
Mês	Temperatura média (°C)	TAF (°C)	DE mês (kWh/mês)	N (Dia/Mês)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
Janeiro	25,5	20,5	489,85	31	31	20
Fevereiro	25,0	20,0	451,47	28	30	20
Março	24,0	19,5	519,84	31	29	19
Abril	20,0	15,0	580,46	30	25	15
Maio	16,5	11,5	669,79	31	21	12
Junho	14,5	9,5	686,88	30	19	10
Julho	14,0	9,0	719,78	31	19	9
Agosto	16,0	11,0	657,86	30	21	11
Setembro	17,0	12,0	659,79	31	22	12
Outubro	20,0	15,0	580,46	30	25	15
Novembro	22,5	17,5	549,83	31	28	17
Dezembro	24,5	19,5	493,39	30	30	19

*Fonte: os autores.*

Realizou-se, posteriormente, uma pesquisa sobre as especificações dos coletores e boilers em comercialização e um levantamento de orçamentos. Ao fim, foram escolhidos os produtos da marca Komeco, motivados pelo seu custo acessível e boas avaliações. O valor de investimento no sistema com o uso de produtos dessa marca totaliza R\$10.813,84, com 1 boiler de 600 litros e 6 coletores solares com área total de 11,76 m<sup>2</sup>. Com isso, foi possível concluir que, com os produtos escolhidos, o sistema seria capaz de suprir as necessidades do dimensionamento realizado em todos os meses do ano, uma vez que a capacidade de produção de energia por metro quadrado das placas coletoras é de 76,1 kWh/mês, totalizando uma capacidade de geração de energia de 894,9 kWh/mês.

Por fim, o último fator a ser considerado no dimensionamento, era o custo do sistema, a fim de avaliar a sua viabilidade. Diante disso, realizou-se um cálculo com o objetivo de compreender em quanto tempo o sistema pagaria o investimento. Tendo em vista que, de acordo com a Origo Energia <sup>6</sup>, considerando apenas o banho, o gasto mensal com energia elétrica da residência de uma família de 4 pessoas, com média de uso de 1 hora diária, são 165 kWh no mês, o equivalente a R\$ 140,25 por mês na conta de luz. Portanto, em um ano temos R\$1.683,00 de gastos com energia elétrica considerando apenas 1 ponto de consumo. Como informado anteriormente, o orçamento para a aplicação do sistema apresenta o valor de R\$10.813,84, o que representa, aproximadamente, 6 anos e 6 meses de uso de energia elétrica apenas para o chuveiro elétrico.

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Levando em consideração todos os aspectos apresentados, é possível concluir que o sistema se apresenta como satisfatório e interessante, uma vez que, consegue atender a demanda energética de seus usuários e, paralelamente, consegue trazer retornos financeiros.

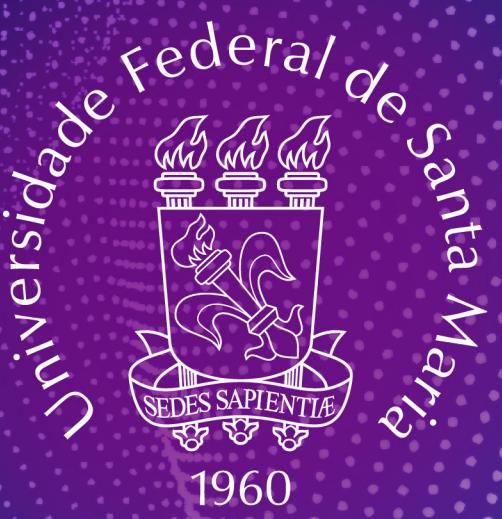
Diante os números de demanda energética da residência - que variava no intervalo de 451.47 kWh/mês e 719.78 kWh/mês -, o sistema seria capaz de suprir as necessidades durante todo o decorrer do ano, já que sua capacidade de geração energética é de 894,9 kWh/mês.

Ademais, em poucos anos, o uso do sistema cobre os custos do investimento inicial do usuário. Considerando a vida útil de 20 a 30 anos do sistema, a economia com os gastos de aquecimento de água na fatura de energia elétrica pode chegar a até R\$ 33.660.

Por fim, apresenta uma grande importância por conta de todas as discussões a respeito da necessidade global da adoção de alternativas sustentáveis ao que já é estabelecido como usual e tende a tornar-se cada vez mais viável e acessível.

#### **4. REFERÊNCIAS**

1. ORIGO ENERGIA. **Impactos ambientais causados pelas fontes de energia.** Disponível em: <https://origoenergia.com.br/blog/consumo-consciente/impactos-ambientais-causados-pelas-fontes-de-energia>. Acesso em: março 2025
2. TAB ENERGIA. **Energia Solar Fototérmica e Fotovoltaica:** Quais as diferenças? Disponível em: <https://tabenergia.com.br/blog/energia-solar-e-energia-fotovoltaica-quais-as-diferencias/>. Acesso em: jun. 2024.
3. SOLETROL. **Aquecedores solares de água:** Manual Técnico. Disponível em: <https://www.soletrol.com.br/extras/manuais/pdfs/manual-tecnico.pdf>. Acesso em jun. 2024.
4. WEATHER SPARK. **Clima, condições meteorológicas e temperatura média por mês de Cachoeira do Sul.** Disponível em: [https://pt.weatherspark.com/y/29610/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Cachoeira-do-Sul-Rio-Grande-do-Sul-Brasil-durante-o-ano#google\\_vignette](https://pt.weatherspark.com/y/29610/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Cachoeira-do-Sul-Rio-Grande-do-Sul-Brasil-durante-o-ano#google_vignette). Acesso em: maio 2024.
5. CRESESB. **Potencial Solar - SunData v 3.0.** Disponível em: <https://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: maio 2024.
6. ORIGO ENERGIA. **Chuveiro elétrico gasta muita energia? Descubra aqui.** Disponível em: <https://origoenergia.com.br/blog/energia/chuveiro-eletrico-gasta-muita-energia>. Acesso em: jun. 2024



Universidade Federal de Santa Maria

1960