

# ENGENHARIAS

ENGINEERS  
DAY



Universidade  
Federal  
Fluminense



CNPq

PROPPi



**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**TÍTULO DO PROJETO: UM ESTUDO EXPERIMENTAL DOS PARÂMETROS TÉRMICOS DE SOLIDIFICAÇÃO NA FORMAÇÃO MICROESTRUTURAL, MICROSSEGREGAÇÃO E MICRODUREZA DA LIGA AL-4%CU-1%NI SOLIDIFICADA UNIDIRECIONALMENTE.**

**Autores: Franciele de Matos Peixoto, Alexandre Furtado**

**Ferreira.**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Departamento de Engenharia Mecânica / Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda.**

### **INTRODUÇÃO:**

A fabricação de peças com adições dos elementos como cobre (Cu) e Níquel (Ni) têm como principal objetivo aumentar a resistência a altas temperaturas e diminuir o coeficiente de expansão. As adições desses elementos propiciam elevada resistência e possibilidade de aplicações em altas temperaturas, e, por esse motivo, tornam-se de grande interesse industrial (Rodrigues, 2017).

É nesse contexto geral que o presente trabalho experimental foi desenvolvido, visando melhorar os conhecimentos sobre as ligas de alumínio, com adição de solutos como cobre e níquel, de modo a aprofundar a compreensão científica, através de um estudo sobre a solidificação da liga ternária Al-4%Cu-1%Ni como a velocidade de avanço da interface ( $V_L$ ), gradiente térmico (G) e a taxa de resfriamento ( $\dot{T}$ ) sobre as microestruturas obtidas. Além disso, esses parâmetros foram correlacionados com o espaçamento terciário ( $\lambda_3$ ). Foi realizado o ensaio de microdureza com o objetivo de correlacionar propriedades físicas com os parâmetros térmicos e sua microestrutura.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

#### **● PARÂMETROS TÉRMICOS**

As curvas de resfriamento da liga Al-4%Cu-1%Ni, foram obtidas durante os experimentos de solidificação unidirecional vertical ascendente. A partir dos dados obtidos foi possível determinar os parâmetros térmicos. Analisando os dados obtidos, observou-se que a velocidade de solidificação é mais alta nas regiões próximas à base refrigerada e conforme a solidificação avança ao longo da peça, a velocidade de solidificação da interface diminui. Esse comportamento se deve ao aumento da camada de espessura do material solidificado ao longo à medida em que a extração de calor prossegue. Isso porque, existe uma elevação da resistência térmica à extração de calor, como consequência da progressiva formação de camadas solidificadas.

A taxa de resfriamento possui comportamento semelhante se comparada à velocidade de solidificação. Logo, se tem elevadas taxas de resfriamento próximas à base. Isso é também devido ao sistema de resfriamento acionado durante o experimento.

Conforme esperado, o gradiente de temperatura diminui com o avanço da solidificação. Ao observar os dados, podemos dizer que na região onde o gradiente térmico é maior equivale as mesmas regiões onde a taxa de resfriamento também é elevada.

- **MACROESTRUTURA:**

As macroestruturas dos sistemas da liga de Al-Cu-Ni solidificadas unidirecionalmente na forma vertical ascendente são apresentadas na Figura 1. No lingote obtido, observou-se a ocorrência de estruturas predominantemente colunares, o que dá indicações de que a solidificação ocorreu através transferência de calor unidirecional. Verificou-se também o surgimento da Transição Colunar/Equiaxial (TCE) no topo do material, a partir de 110 mm de altura do lingote, favorecida com diminuição das variáveis térmicas como velocidade da temperatura *liquidus* ( $V_L$ ), gradiente térmico (G) e a taxa de resfriamento ( $\dot{T}$ ).

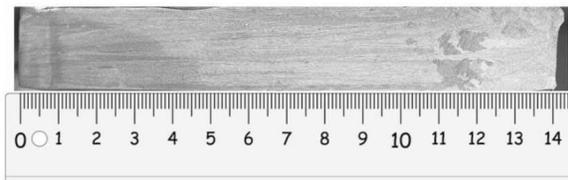


Figura 1: Macrografia da liga de Al-4%Cu-1%Ni Gradiente térmico em função da posição.

- **MICROESTRUTURA:**

A Figura 2 corresponde à micrografia das amostras, é possível constatar que as microestruturas se tornam mais grosseiras à medida que afastamos da base resfriada, ou seja, com o aumento da posição (P), enquanto os valores das suas respectivas variáveis térmicas diminuem. Nota-se que os valores dos espaçamentos dendríticos terciários para a liga

binária de Al-4%Cu-1%Ni, aumentam com a posição (P), isto é, à medida que a taxa de resfriamento ( $\dot{T}$ ) e velocidade da isoterma *liquidus* ( $V_L$ ) diminuem.

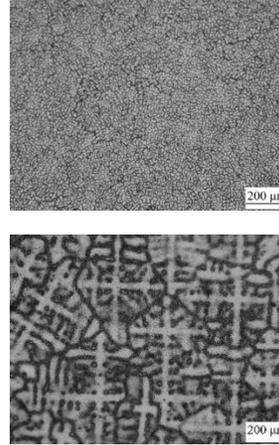
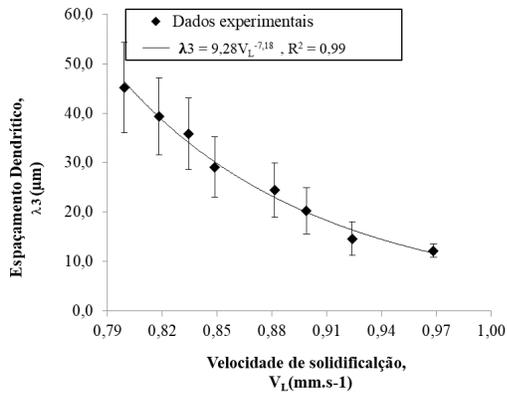


Figura 2: Micrografia nas posições (a) 5 mm e (b) 85 mm.

Analisando o gráfico abaixo (Figura 3), observa-se a evolução do espaçamento dendrítico em função da velocidade de deslocamento ao longo do lingote, apresentando que o espaçamento aumenta à medida que a variável diminui. À medida que a interface avança, ocorre um aumento da resistência térmica, provocada pela progressiva formação de metal sólido, o que favorece a redução das variáveis térmicas. Por essa razão, os espaçamentos celulares tendem a crescer com a redução das referidas variáveis térmicas.



- **DUREZA VICKERS:**

O gráfico apresentado na Figura 4 demonstra que os valores experimentais de dureza diminuem em relação a posição e aumentam com o crescimento da velocidade de avanço da interface. Esse comportamento se deve ao fato de que um aumento na velocidade de solidificação e, conseqüentemente, na taxa de resfriamento promovendo a formação de grãos mais refinados, o que reduz o espaçamento entre os braços dendríticos terciários.

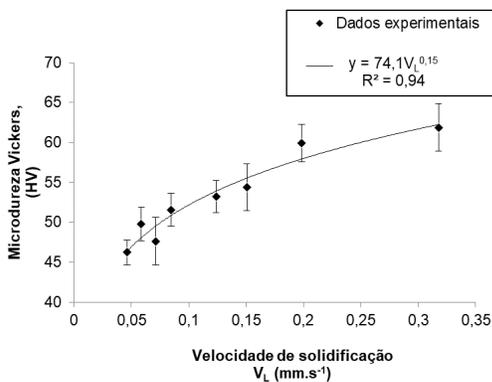


Figura 4: Microdureza em função da velocidade de solidificação.

## CONCLUSÕES:

Com o presente experimento, podemos observar como parâmetros de solidificação,

como a taxa de resfriamento, estão intrinsicamente relacionados com as propriedades do material. Isso porque, observamos que velocidade da temperatura *liquidus* ( $V_L$ ), o gradiente térmico ( $G$ ) e conseqüentemente a taxa de resfriamento ( $\dot{T}$ ) afetam diretamente a microestrutura da liga. Onde foi possível observar que nas posições próxima à base refrigerada, as dendritas são

Figura 3: Variação do espaçamento celular em função da velocidade de deslocamento do isoterma *liquidus*.

mais refinadas em comparação com as microestruturas dendríticas encontradas nas posições próxima ao topo. As amostras de posições mais afastadas da base apresentaram menor dureza do que as mais próximas à base refrigerada. O aumento da dureza nessas regiões se deve ao fato de que nessas posições há altas taxas de resfriamento e conseqüente refinamento dos grãos. Um material que possui grãos pequenos é mais duro e mais resistente do que um material que possui grãos maiores, uma vez que tem uma maior região interdendrítica do que nas posições mais distantes da base. Tendo maior área total de contornos de grão para dificultar o movimento das discordâncias.

## AGRADECIMENTOS:

Agradeço ao meu orientador Alexandre Furtado, pela confiança no projeto. Agradeço também a CNPq pelo suporte na iniciação científica.





## ENGENHARIA

### INVESTIGAÇÕES DO EFEITO ANTICORROSIVO DE ÍONS $Ce^{3+}$ INCORPORADOS EM REVESTIMENTOS DE ZEÓLITA SOBRE LIGA DE MAGNÉSIO

LARISSA TAVARES CARDOSO E ELIVELTON ALVES FERREIRA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS, CAMPUS DE VOLTA REDONDA/ UNIVERSIDADE

#### INTRODUÇÃO:

O magnésio e suas ligas têm aplicação consolidada como biomaterial devido a uma excelente gama de propriedades, dentre elas: baixa densidade, elevada razão resistência-peso, ótima estabilidade dimensional e biocompatibilidade (SANKARA NARAYANAN; PARK; LEE, 2014). No entanto, o magnésio é extremamente reativo e a sua resistência à corrosão torna-se um grande problema (CAO; SONG; ATRENS, 2016; YU; CAO; CHENG, 2015). Embora o Mg seja frequentemente utilizado em ligas com adição de Al, Mn e Zn com o intuito de melhorar essa a resistência à corrosão, ainda assim, é indispensável a realização de um tratamento superficial adicional para atingir a resistência necessária para muitas aplicações (REVIE, 2011). Neste trabalho foi proposto revestir a liga de magnésio AZ31 com zeólita por meio do método de eletrodeposição anódica.

De acordo com (SELS; KUSTOV, 2016), as zeólitas são materiais inorgânicos nano porosos formados por tetraedros  $TO_4$  ( $T = Si, Al, P$ ), que apresentam uma utilização

industrial variada. Estes materiais permitem transferências de íons que são limitados pelo diâmetro dos poros, logo, estes poros funcionam como peneiras moleculares devido as suas dimensões.

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

O revestimento de zeólitas foi preparado a partir da anodização da liga AZ31 em solução contendo hexametáfosfato de sódio e zeólita do tipo HZSM-5. Na Fig. 1 são apresentadas a micrografia de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e os mapas químicos obtidos por Espectroscopia de energia dispersiva de raios-X (EDS) das amostras após anodização em solução contendo zeólita denominada de Rev\_zeólita. Na micrografia de MEV (Fig. 1a) é observado uma estrutura porosa possivelmente associada com eletrodeposição da zeólita uma vez que os mapas químicos indicam a existência de um revestimento contendo Si (Fig. 1b) e Al (Figura 1c), os quais são constituintes da zeólita (SELS; KUSTOV, 2016).

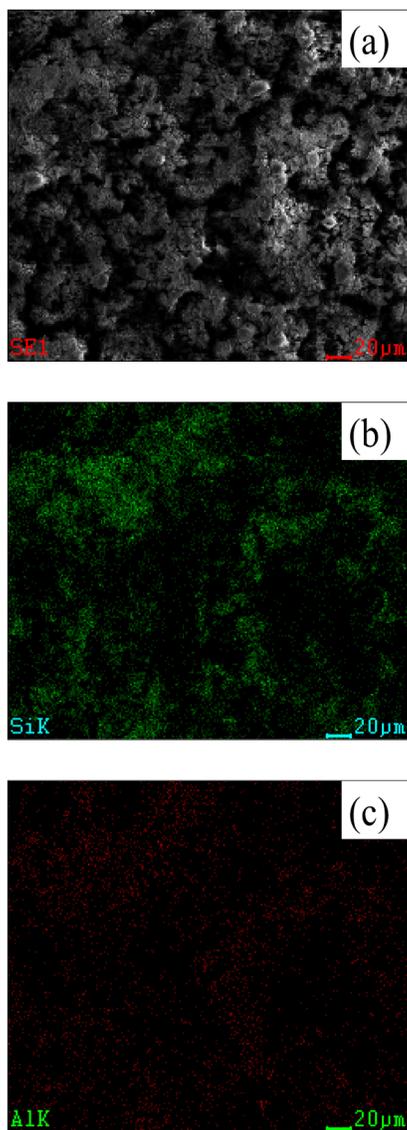


Figura 1 – Micrografia de MEV com ampliação de 1000 vezes (a) e Mapas químicos obtidos por EDS (b e c) do revestimento de zeólitas sobre a liga AZ31.

A liga de AZ31 com o eletrodepósito de zeólita foi imerso em solução de nitrato de cério  $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  por 1 hora para incorporação de cério na estrutura do revestimento de zeólita (amostra Rev\_zeolita\_Ce). Foi realizado também a imersão da liga AZ31 após lixada com lixa d'água de granulometria 600 em

solução de nitrato de cério por 1 hora (amostra AZ31\_Ce).

A resistência à corrosão foi avaliada por espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS) e os resultados foram representados nos Diagramas de Nyquist. Na Fig. 2 é apresentado o Diagrama de Nyquist para a amostra da liga AZ31\_Ce em solução de Ringer, solução que simula o meio fisiológico (BAHRAMINASAB et al., 2019). Os experimentos foram realizados aplicando o potencial em circuito aberto como potencial dc e o potencial ac de 10 mV (rms). Neste diagrama pode ser observado a altas frequências um arco capacitivo-resistivo associado com a resposta da dupla camada elétrica em paralelo com a resistência à transferência de carga. A baixas frequências é observado uma resposta indutiva. O valor associado à interceptação do arco capacitivo-resistivo com o eixo de  $Z'$  está associado com a resistência à corrosão da amostra AZ31\_Ce. O valor encontrado foi de  $1,2 \text{ k}\Omega \text{ cm}^2$ .

Na Fig. 3 é apresentado o Diagrama de Nyquist para as amostras Rev\_zeolita\_Ce e Rev\_zeolita em solução de Ringer. A amostra revestida com zeólita sem dopagem com íons cério (Rev\_zeolita) apresentou apenas um arco capacitivo-resistivo que interceptou o eixo  $Z'$  em  $23,8 \text{ k}\Omega \text{ cm}^2$ , mostrando que este revestimento proporcionou valor de resistência superior ao da liga AZ31 tratada com solução de cério (AZ31\_Ce). Para a amostra de zeólita dopada com íons cério (Rev\_zeolita\_Ce), não houve a interceptação do arco capacitivo-resistivo com o eixo  $Z'$  a baixas frequências indicando que a presença de íons cério da estrutura da zeólita

proporcionou uma alta resistência à corrosão em relação as outras amostras.

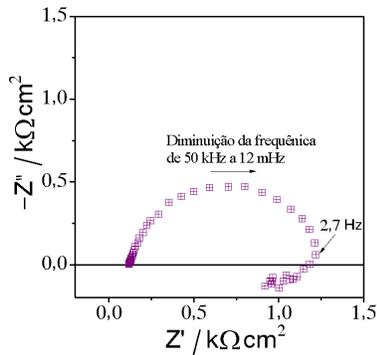


Figura 2 – Diagrama de Nyquist para a amostra da liga AZ31\_Ce imersa em solução de Ringer por 2 dias.

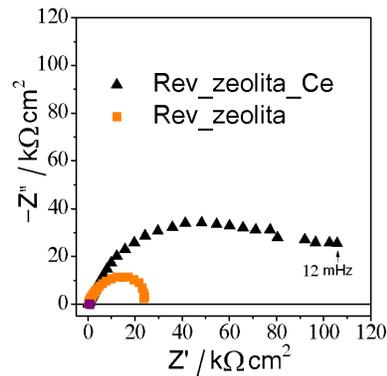


Figura 3 – Diagrama de Nyquist para as amostras Rev\_zeolita\_Ce e Rev\_zeolita imersa em solução de Ringer por 2 dias.

Para o caso da amostra Rev\_zeolita\_Ce em que não houve a interceptação do arco capacitivo-resistivo com o eixo Z', o valor da resistência (Z') foi definido na

frequência de 12 mHz, uma vez que os valores de impedância a baixas frequências estão relacionados com a resistência do revestimento (SUZANA et al., 2016).

Estes valores foram representados na Figura 4. Pode ser observado na Figura 4 que a amostra Rev\_zeolita\_Ce apresentou uma resistência quase 5 vezes maior que o da amostra Rev\_zeolita, indicando que a presença dos íons cério inseridos na zeólita proporcionou este aumento da resistência à corrosão.

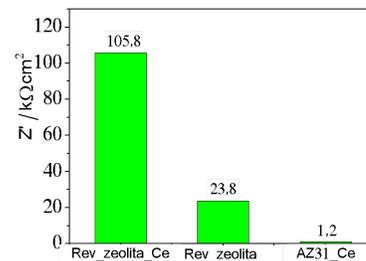


Figura 4 – Valores de Z' obtidos a 12 mHz (Rev\_zeolita\_Ce) e a partir da interceptação do arco capacitivo-resistivo com o eixo Z' (Rev\_zeolita e AZ31\_Ce)

## CONCLUSÕES:

Os resultados de MEV e EDS comprovaram a formação de um revestimento contendo zeólitas. Os ensaios de EIS mostraram que o revestimento de zeólitas apresenta uma maior resistência à corrosão em relação à liga de AZ31 apenas tratada com solução de  $Ce^{2+}$ . Finalmente, dopagem do revestimento de zeólitas com cério proporcionou valores de resistência à corrosão quase 5 vezes

maiores que o do revestimento de zeólita não dopado com  $Ce^{2+}$ .

### **AGRADECIMENTOS:**

Ao PIBIC/CNPq/UFF pela bolsa concedida.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BAHRAMINASAB, M. et al. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 777, p. 34–43, mar. 2019.

CAO, F.; SONG, G.-L.; ATRENS, *Corrosion Science*, v. 111, p. 835–845, out. 2016.

REVIE, R. W. *Uhlig's Corrosion Handbook*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

SANKARA NARAYANAN, T. S. N.; PARK, I. S.; LEE, M. H. *Progress in Materials Science*, v. 60, p. 1–71, mar. 2014.

SELS, B.; KUSTOV, L. *Zeolites and Zeolite-like Materials*. New York: Elsevier Science, 2016.

SUZANA, A. F. et al. *Surface and Coatings Technology*, v. 299, p. 71–80, ago. 2016.

YU, L.; CAO, J.; CHENG, Y. *Surface and Coatings Technology*, v. 276, p. 266–278, ago. 2015.



Figura 5: Imagem PIBIC



## Área: Engenharias

### APLICAÇÃO DE POTENCIOSTATO $\mu$ Stat-i400s COMO FERRAMENTA PARA DETECÇÃO DE ANALITOS DE INTERESSE AMBIENTAL

Guilherme Frazão Ribeiro, Ruan Stevan de Almeida Ribeiro, Isabela Rosa Machette, Ninoska Bojorge

Departamento de Engenharia Química e Petróleo/Escola de Engenharia/BIOPRO

#### INTRODUÇÃO:

Entre as técnicas das quais os pesquisadores das indústrias químicas se familiarizam, poucas fornecem um link direto e acessível para termodinâmica e cinética quanto os métodos eletroquímicos. Dispositivos eletroquímicos são onipresentes na vida diária (como baterias de íons de lítio), e o desenvolvimento da próxima geração de dispositivos de armazenamento de energia eletroquímica é crítico para a implementação de uma economia de energia verde. No contexto geral do grupo de pesquisa do BIOPRO, há o interesse de desenvolvimento de materiais renováveis que possam ser modificados para ser incorporados em sensores e identificar analitos de interesse ambiental, tal qual o fenol e íons metálicos, utilizando-se dos conceitos de eletroquímica aplicados pelo próprio potenciostato. O papel do potenciostato e seu valor em P&D, controle de qualidade e testes de biossensores, entre outros domínios industriais e científicos, são examinados neste trabalho (ver Fig.1). O objetivo é dar uma visão geral deste papel na pesquisa e na indústria e descrever como ele funciona. Assim, definindo a funcionalidade do potenciostato modelo  $\mu$ Stat-i400s, juntamente com seus instrumentos, a fim de utilizar alguns fundamentos de eletroquímica

necessários para detecção de analitos de interesse, utilizando voltametria cíclica e impedância.



Fig. 1 - O potenciostato está presente em um amplo leque de aplicações

#### APLICAÇÕES DO POTENCIOSTATO:

Um potenciostato/galvanostato é o dispositivo que gerencia a aplicação de um potencial ou corrente a um eletrodo de célula eletroquímica. São utilizados em medidas de voltametria, espectroscopia, potenciometria e impedância eletroquímica. No modelo escolhido para o trabalho, os dados são acompanhados pelo DropView 8400 software (ver Fig. 2).

Seus **sensores** se utilizam de precisão e seletividade para encontrar e coletar dados do composto analisado com baixo custo e mínima manipulação do sistema, pela utilização das técnicas eletroquímicas para boa condutividade, estabilidade química perante processos redox em solução e larga faixa de potencial de trabalho. (Lowinsohn et al; 2006)

A **eletroquímica** é o conjunto de técnicas para reações químicas, na qual a amostra em estudo resulta em condutividade elétrica. Ela possui facilidade de automação em virtude da medição de sinais elétricos, possibilidade de proceder à especiação de íons metálicos em certos casos e “compatibilidade ambiental”, pois o reagente empregado é o elétron. (Maallah et al; 2019). Dentro dessas técnicas, estão presentes a potenciometria, a impedância e a voltametria.

A **potenciometria** detecta alterações no potencial do eletrodo indicador e o de referência de uma célula eletroquímica, com objetivo de estabelecer um vínculo com o comportamento dos íons.



Fig. 2 - Potenciostato  $\mu$ Stat-i400s

A **Impedância** é a maneira na qual um circuito se opõe à passagem da corrente submetida a uma tensão. Na medição de impedância eletroquímica, o módulo FRA gera uma onda senoidal com frequência definida pelo usuário e uma amplitude. O sinal é sobreposto ao potencial ou a corrente aplicada. Os componentes de tensão e corrente alternada são analisados para calcular a impedância total.

(Pachón et al; 2024)

Ao medir a **impedância eletroquímica**, os conectores de eletrodo podem se ligar à célula eletroquímica como o modo 3 eletrodos, para a caracterização das células eletroquímicas, baseando-se no eletrodo de referência, com suas informações baseadas no próprio funcionamento do potenciostato.

A **voltametria** é a aplicação de um potencial a um eletrodo, resultando em uma corrente elétrica em um intervalo de tempo. (Pachón et al; 2024). Em base disso, há também na eletroquímica a voltametria cíclica, sendo uma medição potenciodinâmica na eletroquímica.

## CONCLUSÕES:

Desse modo, podemos afirmar que, através de técnicas eletroquímicas, é possível identificar compostos presentes na amostra com maior facilidade. Portanto o potenciostato, instrumento cujo melhor incorpora tais técnicas, é o aparelho propício para uso. Além disso, com a pesquisa de nanocelulose em conluio com o aparelho, os sensores possuiriam melhor definição, não apenas eletroquimicamente, mas também pelas

reações entre o fenol ou íons metálicos com o compósito a base de celulose funcionalizada.

## REFERÊNCIAS

Lowinsohn, D.; Bertotti, M., SENSORES ELETROQUÍMICOS: CONSIDERAÇÕES SOBRE MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO E APLICAÇÕES NO MONITORAMENTO DE ESPÉCIES QUÍMICAS EM AMBIENTES MICROSCÓPICOS; Quim. Nova, Vol. 29, No. 6, p.1318-1325, 2006

Pachón, J.P.Q.; Métodos Electroquímicos Aplicados a la Detección de Contaminantes en el Agua: Uma Revisión Bibliográfica. Disponível em: <[content \(uniandes.edu.co\)](http://content.uniandes.edu.co)> Acesso em: 3 set. 2024.

Osório, M. S.; APLICACIÓN DE LA ELECTROQUÍMICA EN EL CAMPO FARMACÉUTICO, Disponível em: <[aplicacion-de-la-electroquimica-en-el-campo-farmacutico.pdf](#)> Acesso em: 3 set. 2024.

R. Maallah, A. Moutcine, C. Laghlimi, M.A. Smaini, A. Chtaini;; Electrochemical bio-sensor for degradation of phenol in the environment, Elsevier, 2019





## **GRANDE ÁREA DO CONHECIMENTO** Engenharias

**TÍTULO DO PROJETO** *Lean Service 5.0*: Uma análise empírica das barreiras e oportunidades para o ecossistema de serviço leiteiro

**AUTORES** Eduardo da Silva Pereira, Andrei Bonamigo, João Marcos Serra de Oliveira  
(Estudante Colaborador)

**DEPARTAMENTO/UNIDADE/LABORATÓRIO** EEIMVR/Departamento de Engenharia de Produção

### **INTRODUÇÃO:**

O avanço da tecnologia nos campos da automação e digitalização na produção são fatores que estimularam a consolidação do conceito de Indústria 5.0 (Moraes et al., 2023). Nesse contexto, o setor de produção leiteira se apresenta como essencial para a economia, exigindo novas soluções que integrem as habilidades humanas com os avanços tecnológicos.

Desse modo, o *Lean Service 5.0* (LS5.0) surgiu como resultado do conceito de *Lean Thinking* para o setor de serviços, se postando como uma forma capaz de compreender os avanços da I5.0 (Anuar et al., 2020) e relacioná-los com as ferramentas adotadas pela melhoria contínua de modo a mitigar inibidores e explorar os facilitadores para o desenvolvimento da produção leiteira (Bonamigo et al., 2024).

Ademais, o setor de produção leiteira possui desafios para padronizar a qualidade e eficiência em seus processos. Logo, o LS5.0 é capaz de apontar caminhos para a implementação da melhoria contínua no

ecossistema leiteiro, utilizando de novas tecnologias e da mão de obra capacitada para superar os desafios e explorar oportunidades na produção do leite.

Para explorar os dados obtidos, foi conduzido um estudo quantitativo utilizando Análise Fatorial Exploratória para tratamento dos dados. Em seguida, foi realizado um Estudo de Casos Múltiplos com abordagem qualitativa avaliar o cenário atual do setor de laticínios sob uma perspectiva diferente. Os achados dessa análise qualitativa seguem a metodologia de Análise de Conteúdo proposta por (Bardin, 2011).

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

A partir da revisão da literatura e da análise quantitativa, foram estabelecidos quatro fatores-chave para o desenvolvimento da produção leiteira pela Análise Fatorial Exploratória. Sendo eles: “Inovações”, “Cocriação de Valor”, “LS5.0” e “Integração Entre os Stakeholders”.

Quanto ao fator de “Inovações”, foi constatado que aumentar a competitividade no setor de

produção do leite está diretamente associado ao uso de tecnologias no processo produtivo (Semkiv et al., 2019). Quanto à “Cocriação de Valor”, os achados indicaram que o aumento da eficiência da produção da empresa está relacionada com a maneira a qual as organizações se relacionam com parceiros e outros stakeholders para cocriar valor (Bonamigo & Generoso, 2023).

Nesse contexto, o conceito do “LS5.0” pode ser chave para associar tecnologias da I5.0 ao LT, utilizando da digitalização e automação da produção para implementar a melhoria contínua (Konstantinidis, 2023). Já a “Integração Entre os Stakeholders” é um caminho para elevar a competitividade do setor lácteo no cenário econômico por meio da cooperação entre os produtores (Suglovov & Khabipov, 2021).

Na etapa de revisão da literatura, a exploração teórica e da análise qualitativa apontaram dois novos fatores chave: “Transformação Digital” e “Economia Circular”.

A transformação digital está diretamente relacionada á inovações tecnológicas, como a digitalização e automação. Desse modo, a implementação de novas tecnologias pode ser um fator que eleve a eficiência da produção do leite (Okano et al., 2022).

Ademais, a “Economia Circular” também foi apontada como fator-chave para o desenvolvimento do ecossistema de produção leiteira por meio da melhora da qualidade do

produto, diminuição de custos e redução de desperdícios (Hassoun et al., 2024).

## **CONCLUSÕES:**

O presente estudo objetivou avaliar os impactos da adoção do LS5.0 no ecossistema de produção leiteira. Para isso, abordagens quantitativas e qualitativas foram conduzidas para atingir o propósito desta pesquisa.

Portanto, os achados do trabalho apontam que o conceito de LS5.0 associado às tecnologias da I5.0 podem elevar a competitividade do setor de produção leiteira no cenário nacional e internacional. Ademais, foi possível destacar a integração entre stakeholders como caminho para desenvolver uma cocriação de valor no setor.

## **AGRADECIMENTOS:**

Agradeço ao professor Andrei Bonamigo pelo convite e incentivo ao desenvolvimento de um estudo científico relevante. Agradeço também ao João Marcos Serra de Oliveira pela parceria e participação em toda a construção do artigo. Além disso, ressalto que o incentivo à iniciação científica da CNPQ (programa PIBIC-UFF) foi essencial para o suporte desta pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ANUAR, A.; SADEK, D. M.; WAN OMAR, W. N. F. A short review of lean service. 2020. **Universiti Teknologi MARA Cawangan Kedah**. p. 33–36.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 4. ed. Lisboa: Edições 70, 2011. v. 70, p. 99–120.

BONAMIGO, A.; GENEROSO, L. Production efficiency to increase competitiveness. **Strategic Direction**, v. 39, n. 3, p. 18–21, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1108/SD-01-2023-0009>.

BONAMIGO, A.; WERNER, S. M.; OLIVEIRA, M. S. Toward lean service 5.0: evaluation of future perspectives and trends. **REVISTA META: AVALIAÇÃO**, v. 16, n. 50, p. 180–210, 2024.

HASSOUN, A.; TARCHI, I.; AÏT-KADDOUR, A. Leveraging the potential of fourth industrial revolution technologies to reduce and valorize waste and by-products in the dairy sector. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 47, p. 100927, 2024.

KONSTANTINIDIS, F. Innovative technologies for smart production: augmented reality, computer vision and machine learning in manufacturing maintenance and waste segregation. **Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (ΔΠΘ), Σχολή Πολυτεχνική. Τμήμα Μηχανικών**, 2023.

MORAES, A.; CARVALHO, A. M.; SAMPAIO, P. J. M. Lean and Industry 4.0: a review of the relationship, its limitations, and the path ahead with Industry 5.0. **Machines**, v. 11, n. 4, p. 443, 2023.

OKANO, M. T.; VENDRAMETTO, O.; LANGHI, C. Digital transformation in the milk production chain. In: **IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS**. Springer, 2022.

SEMKIV, L.; SEMKIV, M.; GRISHAKINA, N.; STANEVICH, S. Innovation in dairy production as the basis of effective management. **The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences**, 2019.

SUGLOBOV, A. E.; KHABIPOV, R. R. Regional economic policy in dairy production. In: **COOPERATION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT**. Springer, p. 1419–1427, 2021.





**Área: Engenharias**

## **OBTENÇÃO PRELIMINAR DE BIOFILME A BASE DE NANOCELULOSE PARA DETECÇÃO DE CÁLCIO**

**Mariana Côrte da Silva, Isabela Rosa Marchette, Ruan Stevan de Almeida Ribeiro, Ninoska Isabel Bojorge Ramirez.**

**Departamento de Engenharia Química e Petróleo/ Escola de Engenharia/ Laboratório de Bioprocessos e Biotecnologia**

### **INTRODUÇÃO**

Devido aos impactos negativos ambientais globais, a busca por materiais menos agressivos ao meio ambiente se faz cada vez mais intensa. A celulose nesse estudo será a base para criação de biofilmes para detecção de cálcio. A partir da nano estruturação da do dimensionamento da celulose é obtido a Nanocelulose (NC). A NC além de herdar as características renováveis e ambientais da celulose, também pode apresentar alta resistência mecânica, baixa densidade, biocompatibilidade e além de ser facilmente obtido (SOUZA, et al. 2010).

Visando a obtenção de nanomateriais, a polpa celulósica deve passar por processos e pré-tratamentos que preservem a cristalinidade e o grau de polimerização da celulose com eficiência e custos acessíveis (SIMPLICIO, 2017). A obtenção de NC pode ser feita através da hidrólise ácida ou enzimática, nesse estudo utilizaremos a hidrólise ácida.

A utilização de um produto de origem biodegradável para a detecção do cálcio (Ca) no uso agrícola tem dupla importância porque a o Ca é componente vital de corretivos agrícolas e desempenha papel vital na produção de culturas comerciais. Além disso, a utilização incorreta desses corretivos gera acúmulo desse nutriente no solo e lençol freático.

O Ca é um elemento metálico classificado como um macronutriente secundário que é requerido em quantidades relativamente grandes pelas plantas na forma de  $\text{Ca}^{2+}$ . Além disso, desempenha papel fundamental na estrutura da parede celular e na integridade da membrana das plantas.

O uso do calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) é requisitado quando os solos se encontram em soluções ácidas, com altas concentrações de íon hidrogênio ( $\text{H}^+$ ).

Desse modo, o objetivo geral desta proposta de projeto visa obter filmes-compósitos à base de celulose microfibrilada (MFC) e celulose nanofibrilada (NFC) que poderão ser aplicados como transdutor para construção de sensor óptico. Assim como, caracterizá-los em relação a suas propriedades e desenvolvimento de metodologias eficientes em termos de funcionalidade e sustentabilidade.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Na primeira parte deste trabalho temos como objetivo específico transformar a polpa de MFC (Figura 1) em NFC para futuramente utilizar na criação de biofilmes.



**Figura 1:** Polpa de MFC.

### **Caracterização da MCF**

A primeira parte do planejamento consistiu em caracterizar a polpa de MFC pura nos critérios: porcentagem de sólidos e densidade com o intuito comparar esses parâmetros e deparar a qualidade da polpa.

### **Resultado da caracterização**

Para a análise da porcentagem dos sólidos as amostras de polpa de MFC foram colocadas no Analisador de Umidade para realizar a secagem e medir a quantidade de sólidos existentes. A polpa pastosa foi colocada em uma placa que foi levada até o equipamento que realizou a secagem da amostra (Figura 2), obtendo a média de porcentagem de sólidos o resultado contido na Tabela 1, que é um valor compatível com os valores das literaturas consultadas.

Experimento	Porcentagem de sólidos (%)	Teor de Umidade (%)
Média	2,65	97,35

**Tabela 1:** Experimento de porcentagem de sólidos.

Assim, obteve-se a média dos valores de densidade de 1,016g/ml, que é um valor compatível com os valores das literaturas consultadas.



**Figura 2:** Polpa de MFC após secagem.

### **Tratamento mecânico**

Os tratamentos mecânicos são usados antes e após a hidrólise ácida ou enzimática para auxiliar a produção de NC, por meio da desfibrilação do material celulósico. Para esse tratamento, foi-se variando os parâmetros de diluição com água destilada (% v/v), tempo no agitador mecânico (min) e velocidade de rotação (RPM).

### **Hidrólise Ácida**

Nesse processo o intuito é utilizar o ácido para hidrolisar as regiões amorfas e preservar as cristalinas.

Essa etapa consistiu em amostras com concentrações diferentes de  $H_2SO_4$ , teor da polpa e agitação.

Esse processo foi concluído quando o sobrenadante apresentou um aspecto turbido (Figura 3), comumente após três centrifugações. Ao final, a suspensão foi homogeneizada e dialisada contra água corrente em membrana de celulose regenerada, até pH 7.



**Figura 3:** Sobrenadante.

### **Análise das amostras obtidas**

Uma partícula é considerada nano quando sua dimensão de nanopartículas de celulose tem os valores de referência: comprimento de 500-2000 nm para MFC e de 200-1000 nm para NFC (MOON, et. al. 2010).

As análises das amostras potencial zeta e tamanho de partículas foram realizadas num equipamento de espalhamento de luz dinâmico (Zetasizer Pro, Malver). As medições no dão a distribuição do tamanho de nanopartículas, as propriedades de dispersão, a estabilidade e a propensão a agregar, que são fundamentais para o projeto de novos nanomateriais.

### **CONCLUSÕES**

Devido as estruturas microfibriladas da polpa, o processo de hidrólise ácida gerou moléculas com diferentes dimensões e essa diversidade de tamanhos de partículas inviabiliza a análise via DLS. Por isso, as análises feitas não demonstraram confiabilidade e receptibilidade no planejamento realizado. Como uma nova tentativa será trocado o método de análise das amostras de resposta do planejamento pelo DRX.

A pesquisa se encontra em andamento, ainda na fase de produção de NCF. Entretanto, a NCF

tem se mostrado de grande potencial para a produção de biosensores para detecção de cálcio. Esse mecanismo será de grande importância no meio agrícola para permitir a praticidade e rapidez em comparação com o atual método.

### **AGRADECIMENTOS:**

Agradeço aos integrantes do laboratório Biopro, ao CNPq e a UFF. Agradeço também, a Empresa Klabin S. A que dou a polpa de MFC e auxílio financeiro para pesquisa.

### **BIBLIOGRAFIA**

- MOON, R. J. et al. **Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites**. [s.l: s.n.]. v. 40, 2010.
- SIMPLICIO, E S. **Isolamento de nanofibras de celulose de bagaço de cana-de-açúcar e engaços de dente obtidas por hidrólise enzimática**, 2017.
- SOUZA, Sivoney Ferreira D E. **Obtenção de Nanofibras de Curauá e aplicação como reforço em compósitos baseados em PVA**, 2010.
- Teixeira, Marco Antônio «**Aplicação de Calcário das Plantas**». **Floraviva Floricultura Goiânia**. Consultado em 2 de setembro de 2024.



## **Grande área do conhecimento**

### **Sistema de Telediagnóstico em Geriatria para o Núcleo de Telessaúde da UFF**

**Carlos G. M. de A. da Silva e Natália C. Fernandes**  
**Engenharia de Telecomunicações / Campus Praia  
Vermelha/Midiacom II**

## **INTRODUÇÃO:**

Atualmente, o Hospital Universitário Antônio Pedro (HUAP) oferece serviços de telessaúde para a população, entretanto não havia uma solução de gerenciamento das tarefas relacionadas aos serviços de telessaúde. O departamento de medicina da Universidade Federal Fluminense (UFF) realizou uma parceria com o laboratório Midiacom II a fim de construir uma ferramenta que viabilizasse o gerenciamento do módulo de telessaúde do HUAP de maneira ágil e eficiente.

O ponto focal inicial do projeto era de automatizar o envio de informações para o Sistema de Monitoramento e Avaliação dos Resultados do Programa Telessaúde (SMART), um sistema Federal que as unidades de saúde que oferecem atendimentos de telessaúde devem enviar os dados. Como as métricas do SMART são utilizadas para quantizar o repasse de verba relacionado à telessaúde para as unidades de saúde, é de suma importância que os dados sejam coletados e enviados no formato correto dentro do prazo estipulado.

Após o desenvolvimento da automação utilizada para o envio dos dados para o SMART, o foco do projeto passou a ser a criação de uma plataforma onde os funcionários administrativos e de saúde do hospital possam criar os

agendamentos de teleconsulta, teleconsultoria, teleinterconsulta, telediagnóstico e tele-educação de maneira rápida e visual.

O projeto atualmente se encontra em fase de implementação, com os módulos de telediagnóstico e teleconsulta em uso, enquanto os demais módulos encontram-se em fase de desenvolvimento.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

O sistema de telessaúde desenvolvido pelo projeto foi recém implementado no HUAP, portanto ainda não existem métricas assertivas para o cálculo da efetividade do projeto, entretanto com a plataforma em funcionamento foram criadas padronizações quanto ao cadastro das unidades de saúde, pacientes, profissionais de saúde e profissionais administrativos, tornando assim o envio de dados para o SMART mais coeso.

Podemos citar também a diminuição do trabalho manual repetitivo e falhas humanas, visto que a aplicação salva os dados automaticamente no banco de dados. Pontos positivos já comentados pelos profissionais são o envio de confirmação de consulta para WhatsApp e/ou e-mail do paciente e profissional de saúde responsável pela consulta, criação da sala de vídeo chamada e criação do termo de

consentimento de uso de informações do paciente de forma automatizada.

Outro ponto de discussão do projeto é relacionado à infraestrutura por trás da operação do módulo de telessaúde. No momento o projeto conta com duas máquinas físicas, uma está localizada na UFF e outra no HUAP, entretanto apenas a máquina da UFF está configurada para uso. O objetivo a longo prazo do projeto é criar uma infraestrutura com redundância, de maneira que ao perder acesso de uma das máquinas, a outra esteja preparada para receber o tráfego dos usuários, sem que haja indisponibilidade. Para criação das máquinas virtuais do projeto é utilizado o virtualizador qemu.

Com o objetivo de criar uma solução escalável e de fácil portabilidade, foi escolhido utilizar uma abordagem de contêineres para a disponibilização das aplicações. A equipe do projeto optou por utilizar o Docker Swarm para a orquestração dos contêineres no momento inicial do projeto.

Outro objetivo para longo prazo do projeto é disponibilizar a plataforma de maneira gratuita, abrindo o código das aplicações para a comunidade, desta forma outras unidades de saúde e hospitais podem desfrutar de uma plataforma de telessaúde de forma gratuita, além de abrir margem para personificação da mesma. Com esse objetivo em mente, todos os códigos encontram-se versionados no Github, onde foram desenvolvidas esteiras de automação para atualização das aplicações do projeto, acelerando o processo de desenvolvimento da plataforma.

## **CONCLUSÕES:**

A entrega da plataforma determina um grande avanço para o módulo de telessaúde da UFF, entretanto ainda há muitas etapas a serem realizadas, visto que o objetivo da plataforma é atender todo o módulo de saúde previsto pelo HUAP, o que inclui teleconsultoria, teleinterconsulta e tele-educação, que hoje ainda não estão presentes na plataforma.

Outro ponto crítico que ainda não foi concluído é em relação à disponibilidade da plataforma, que está diretamente relacionada com a disponibilidade da UFF, o que pode gerar transtornos tanto para os pacientes quanto aos profissionais em momentos de indisponibilidade da solução. A equipe do projeto, assim como os técnicos e professores estão empenhados em tornar a plataforma mais resiliente a fatores externos, porém ainda é difícil conciliar as equipes responsáveis pela rede do laboratório e do HUAP.

De maneira geral, o projeto avança cada vez mais para que possamos proporcionar uma melhor qualidade no atendimento de telessaúde do HUAP e proporcionar uma melhora na qualidade de vida da população mais fragilizada.

## **AGRADECIMENTOS:**

Meus agradecimentos à equipe do projeto e aos professores Flávio Seixas e Natália Castro.

Meus agradecimentos à minha família e à minha companheira Brenda, por me darem o suporte que preciso para estar onde estou.

Meus agradecimentos ao GDA (Grupo de Amigos) por terem me alegrado a minha caminhada na Universidade Federal Fluminense.



**Engenharias**

**BCD-P4: BALANCEAMENTO DE CARGA DINÂMICO BASEADO NA PROGRAMABILIDADE DO PROCESSADOR DE PACOTES INDEPENDENTE DE PROTOCOLO**

**Breno Tavares Leite**

**Departamento de Engenharia de Telecomunicações/Escola de Engenharia/LabGen-MídiaCom**

## **INTRODUÇÃO**

O rápido crescimento da quantidade de dispositivos conectados resulta em aumento significativo na demanda de envio de dados através da Internet. Com isso, servidores podem sofrer com sobrecarga de requisições, levando à indisponibilidade de serviço, o que influencia diretamente na Qualidade de Experiência (*Quality of Experience – QoE*) do usuário. Logo, é essencial que os servidores sejam bem dimensionados e escaláveis.

Apesar da subjetividade da QoE, a Qualidade de Serviço (*Quality of Service – QoS*) afeta diretamente a QoE e, portanto, é importante elevar a QoS, independentemente da quantidade de requisições dos usuários. Uma solução possível é aumentar a capacidade de processamento e de memória dos servidores, mas isso pode ser inviável [1]. Outra solução é a utilização da nuvem pública. Contudo, ultimamente tem havido um movimento de “repatriação da nuvem”, no qual as empresas estão criando nuvens locais (*on-premises*) para hospedar os serviços antes oferecidos na nuvem pública [2]. Isso porque muitos serviços apresentam melhor desempenho ao serem implementados em

centros de dados locais. Assim, arquivos, cargas de trabalho estáticas, cargas de trabalho de aplicativos de baixa latência, dentre outros, têm sido levados de volta para centros de dados locais [2]. O balanceamento de carga entre servidores também é uma alternativa interessante [3]. Uma solução inovadora para implementar esse balanceamento é programá-lo no plano de dados com o suporte da Linguagem P4, uma linguagem de programação específica de domínio que permite determinar como os comutadores programáveis devem processar os pacotes recebidos, permitindo também armazenar o estado dos fluxos [4].

Este trabalho avalia a eficácia do balanceamento de carga programado no plano de dados para distribuição do tráfego entre servidores. A avaliação é feita em termos de quantidade de pacotes recebidos por cada servidor ao variar a carga de tráfego direcionada ao serviço.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Utiliza-se a ferramenta de emulação Mininet e outras ferramentas de software necessárias para suportar a emulação de uma rede programável. O algoritmo de

balanceamento de carga calcula o resumo criptográfico de uma 5-tupla composta pelos valores nos campos de protocolo e endereços de origem e destino do cabeçalho IP, além de portas de origem e destino do cabeçalho TCP. O pacote é marcado para determinar para qual servidor deve ser encaminhado. Com base nessa marcação e nas tabelas de encaminhamento os comutadores determinam a porta de egresso. A Figura 1 mostra a topologia utilizada. Os servidores são representados pelos sistemas finais h2 e h3.

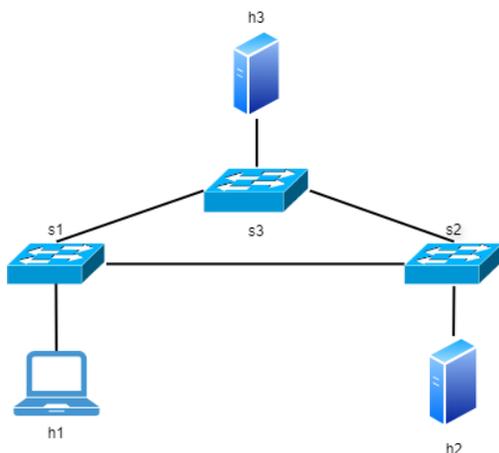


Figura 1: Topologia de rede emulada.

O tráfego é gerado por h1 com destino a uma aplicação que executa tanto em h2 quanto em h3. Os comutadores encaminham os pacotes de forma a balancear a carga entre os servidores. São enviados 50 pacotes com diferentes intervalos entre envios para simular cargas de requisição diferentes em cada teste, que é executado apenas uma vez. Verifica-se a quantidade de pacotes recebidos em ambos h2 e h3. A Figura 2 mostra o resultado quando não se aplica o balanceamento. Todos os pacotes enviados para a aplicação são recebidos apenas por h2.

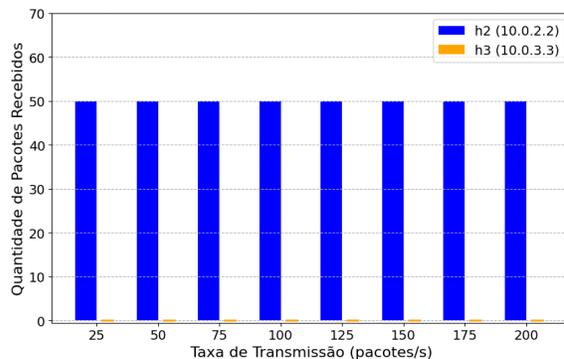


Figura 2: Transmissão sem balanceamento.

A Figura 3 mostra o resultado ao aplicar o balanceamento. A soma das quantidades de pacotes recebidos por ambos os sistemas finais resulta em 50 pacotes. Contudo, percebe-se que o algoritmo de balanceamento dá preferência a h2 para cargas menores e a h3 para cargas maiores no teste realizado. É necessário executar mais rodadas para verificar se a tendência se mantém. Espera-se que a divisão se torne o mais justa possível, tendendo a igualar a quantidade de pacotes recebidos por cada servidor.

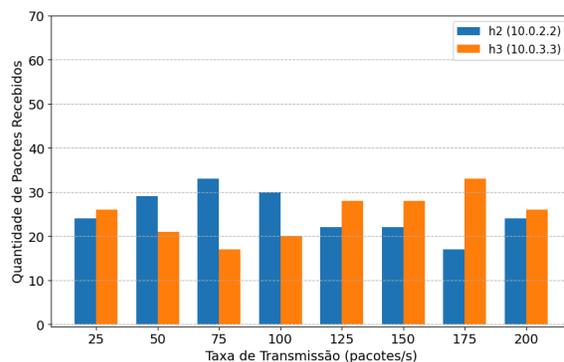


Figura 3: Transmissão com balanceamento.

## CONCLUSÕES

Este artigo avaliou a aplicação do balanceamento de carga entre servidores utilizando a Linguagem P4 por meio de testes que confirmaram a eficácia e a viabilidade da

solução. Como trabalho futuro será desenvolvido um algoritmo para balanceamento adaptável que se adeque à carga atual dos servidores.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBIC/UFF pelo financiamento do bolsista, e ao CNPq, à CAPES, à FAPERJ e à RNP pelo financiamento parcial do projeto.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] TEODORO, George et al. Load balancing on stateful clustered web servers. In: **Proceedings. 15th Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing**. IEEE, 2003. p. 207-215.

[3] LAHA, Jasobanta; PATTNAIK, Sabyasachi; CHAUDHURY, Kumar Surjeet. Dynamic Load Balancing in Cloud Computing: A Review and a Novel Approach. **EAI Endorsed Transactions on Internet of Things**, v. 10, 2024.

[4] MIURA, Hideyoshi; HIRATA, Kouji; TACHIBANA, Takuji. P4-based design of fast failure recovery for software-defined networks. **Computer Networks**, v. 216, p. 109274, 2022.

[2] JEWARGI, Kiran. Public cloud to cloud repatriation trend. **Scholars Journal of Engineering and Technology**, v. 11, n. 1, p. 1-3, 2023.



**Engenharias**

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE FOLHAS DE FLANDRES SUBMETIDAS AO PROCESSO DE ESTAMPAGEM INCREMENTAL DE PONTO SIMPLES**

**Ramos, V. G. P.<sup>1</sup>, Santos, R. O.<sup>1,2</sup>, Andrade, L. A.<sup>1</sup>,  
Da Silva, L.<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Mecânica de Volta Redonda,**

**<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, <sup>3</sup>Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas (ICEx) da UFF.**

**INTRODUÇÃO:**

O processo de Estampagem Incremental de Ponto Simples (SPIF - Single Point Incremental Forming) tem ganhado crescente destaque como alternativa à estampagem convencional, especialmente devido à sua capacidade de customização e seu baixo custo de implantação. No SPIF, a chapa metálica é conformada progressivamente por uma ferramenta de ponta hemisférica, dispensando o uso de matrizes específicas para cada formato, o que torna o processo ideal para pequenas produções e prototipagem rápida. Diferentemente dos métodos convencionais, o SPIF apresenta maiores limites de deformação sem ocorrência de estricção, conforme discutido por Martins et al. (2008) e Behera et al. (2017).

Estudos anteriores, como os de Martins et al. (2008) e Behera et al. (2017), discutiram a superioridade do SPIF em relação à conformação convencional, especialmente em termos de limite de deformação. Martins et al. (2008) destacaram a ausência de estricção como fator limitante no SPIF, enquanto Behera et al. (2017) realizaram um estudo comparativo

abrangente sobre a deformabilidade de diferentes materiais. Outros estudos, como os de McAnulty et al. (2017) e Raju et al. (2016), investigaram o impacto de parâmetros específicos de processo, como diâmetro da ferramenta e espessura da chapa, na qualidade do produto.

O presente estudo foca no comportamento mecânico de folhas de Flandres, chapas finas de aço revestidas com estanho, que são amplamente empregadas na indústria de embalagens metálicas. São investigados os efeitos de parâmetros de processo como rotação da ferramenta, trajetória, lubrificação e ângulo de conformação. A rugosidade superficial resultante também foi avaliada, uma vez que a qualidade da superfície é crucial para o desempenho final do produto, especialmente em embalagens que requerem alta resistência à corrosão e um bom acabamento estético.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

O estudo foi dividido em três fases principais. Na primeira fase, foram realizados ensaios de tração uniaxial para caracterizar as

propriedades mecânicas das folhas de Flandres. As curvas tensão-deformação foram analisadas para identificar os limites de escoamento, endurecimento e ruptura do material. Em seguida, foram realizados ensaios de SPIF, utilizando ferramentas de ponta hemisférica com diferentes diâmetros e rotinas de código G desenvolvidas para variar o ângulo de conformação.

Os parâmetros do processo, como velocidade de rotação da ferramenta, trajetória e lubrificação, foram ajustados durante ensaios preliminares, com o objetivo de otimizar a conformabilidade do material e minimizar defeitos como rugosidade elevada ou fraturas. A rugosidade superficial foi medida antes e depois da conformação utilizando um microscópio confocal, a fim de quantificar as mudanças causadas pelo SPIF.

A terceira fase consistiu na análise dos resultados, observando a variação da espessura e a distribuição de deformação nas amostras. A conformabilidade foi avaliada com base na capacidade das folhas de atingir ângulos de conformação elevados sem fratura, sendo registrado o ângulo máximo atingido em cada experimento.

Os ensaios de tração indicaram que as folhas de Flandres apresentaram sensibilidade à taxa de deformação, com um claro patamar de escoamento seguido por um endurecimento considerável. Nos testes de SPIF, o ângulo máximo de conformação sem fratura foi de 45°, mostrando que o material possui uma boa capacidade de conformação incremental, embora tenha sido observado um afinamento

nas bordas das amostras, conforme já relatado por Hussain et al. (2008).

O raio da ferramenta e a orientação da laminação das chapas mostraram-se fatores críticos para a qualidade superficial. Ferramentas com maior raio proporcionaram uma menor rugosidade superficial, o que é benéfico para aplicações em embalagens metálicas. A presença de lubrificação adequada também foi fundamental para reduzir o atrito durante o processo e evitar defeitos superficiais.

## **CONCLUSÕES:**

Este estudo demonstrou que o SPIF é um processo viável para conformar folhas de Flandres com espessura de 0,19 mm, produzindo peças com boa conformabilidade e qualidade superficial adequada para a indústria de embalagens. O ajuste cuidadoso dos parâmetros de processo, como o ângulo de conformação e o raio da ferramenta, é essencial para evitar fraturas e garantir a integridade do material. Além disso, a rugosidade superficial pode ser controlada pela seleção apropriada da ferramenta e pelo uso de lubrificação.

## **AGRADECIMENTOS:**

O aluno Victor Gabriel Pereira Ramos e o professor Rafael Oliveira Santos agradecem a UFF/PROPPI pela oportunidade de participar na modalidade de voluntário sem bolsa. Os autores agradecem também aos laboratórios multiusuários de Mecânica Aplicada e de Caracterização de Materiais (LMCM).

## REFERÊNCIAS

Behera, A. K., et al. (2017). "A comparative study on deformation limits in SPIF". Journal of Manufacturing Processes.

Hussain, G., et al. (2008). "Investigation of material formability in SPIF". Journal of Materials Processing Technology.

Martins, P. A. F., et al. (2008). "On the mechanics of incremental sheet forming". Journal of Materials Processing Technology.

McAnulty, T., et al. (2017). "Optimizing SPIF parameters for enhanced formability". The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.

Raju, K., et al. (2016). "Incremental forming of copper sheets: Forming limits and surface quality". Procedia Manufacturing.





**Engenharias**

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE FOLHAS DE FLANDRES SUBMETIDAS AO PROCESSO DE ESTAMPAGEM INCREMENTAL DE PONTO SIMPLES**

**Ramos, V. G. P.<sup>1</sup>, Santos, R. O.<sup>1,2</sup>, Andrade, L. A.<sup>1</sup>,  
Da Silva, L.<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Mecânica de Volta Redonda,**

**<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, <sup>3</sup>Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas (ICEx) da UFF.**

**INTRODUÇÃO:**

O processo de Estampagem Incremental de Ponto Simples (SPIF - Single Point Incremental Forming) tem ganhado crescente destaque como alternativa à estampagem convencional, especialmente devido à sua capacidade de customização e seu baixo custo de implantação. No SPIF, a chapa metálica é conformada progressivamente por uma ferramenta de ponta hemisférica, dispensando o uso de matrizes específicas para cada formato, o que torna o processo ideal para pequenas produções e prototipagem rápida. Diferentemente dos métodos convencionais, o SPIF apresenta maiores limites de deformação sem ocorrência de estricção, conforme discutido por Martins et al. (2008) e Behera et al. (2017).

Estudos anteriores, como os de Martins et al. (2008) e Behera et al. (2017), discutiram a superioridade do SPIF em relação à conformação convencional, especialmente em termos de limite de deformação. Martins et al. (2008) destacaram a ausência de estricção como fator limitante no SPIF, enquanto Behera et al. (2017) realizaram um estudo comparativo

abrangente sobre a deformabilidade de diferentes materiais. Outros estudos, como os de McAnulty et al. (2017) e Raju et al. (2016), investigaram o impacto de parâmetros específicos de processo, como diâmetro da ferramenta e espessura da chapa, na qualidade do produto.

O presente estudo foca no comportamento mecânico de folhas de Flandres, chapas finas de aço revestidas com estanho, que são amplamente empregadas na indústria de embalagens metálicas. São investigados os efeitos de parâmetros de processo como rotação da ferramenta, trajetória, lubrificação e ângulo de conformação. A rugosidade superficial resultante também foi avaliada, uma vez que a qualidade da superfície é crucial para o desempenho final do produto, especialmente em embalagens que requerem alta resistência à corrosão e um bom acabamento estético.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

O estudo foi dividido em três fases principais. Na primeira fase, foram realizados ensaios de tração uniaxial para caracterizar as

propriedades mecânicas das folhas de Flandres. As curvas tensão-deformação foram analisadas para identificar os limites de escoamento, endurecimento e ruptura do material. Em seguida, foram realizados ensaios de SPIF, utilizando ferramentas de ponta hemisférica com diferentes diâmetros e rotinas de código G desenvolvidas para variar o ângulo de conformação.

Os parâmetros do processo, como velocidade de rotação da ferramenta, trajetória e lubrificação, foram ajustados durante ensaios preliminares, com o objetivo de otimizar a conformabilidade do material e minimizar defeitos como rugosidade elevada ou fraturas. A rugosidade superficial foi medida antes e depois da conformação utilizando um microscópio confocal, a fim de quantificar as mudanças causadas pelo SPIF.

A terceira fase consistiu na análise dos resultados, observando a variação da espessura e a distribuição de deformação nas amostras. A conformabilidade foi avaliada com base na capacidade das folhas de atingir ângulos de conformação elevados sem fratura, sendo registrado o ângulo máximo atingido em cada experimento.

Os ensaios de tração indicaram que as folhas de Flandres apresentaram sensibilidade à taxa de deformação, com um claro patamar de escoamento seguido por um endurecimento considerável. Nos testes de SPIF, o ângulo máximo de conformação sem fratura foi de 45°, mostrando que o material possui uma boa capacidade de conformação incremental, embora tenha sido observado um afinamento

nas bordas das amostras, conforme já relatado por Hussain et al. (2008).

O raio da ferramenta e a orientação da laminação das chapas mostraram-se fatores críticos para a qualidade superficial. Ferramentas com maior raio proporcionaram uma menor rugosidade superficial, o que é benéfico para aplicações em embalagens metálicas. A presença de lubrificação adequada também foi fundamental para reduzir o atrito durante o processo e evitar defeitos superficiais.

## **CONCLUSÕES:**

Este estudo demonstrou que o SPIF é um processo viável para conformar folhas de Flandres com espessura de 0,19 mm, produzindo peças com boa conformabilidade e qualidade superficial adequada para a indústria de embalagens. O ajuste cuidadoso dos parâmetros de processo, como o ângulo de conformação e o raio da ferramenta, é essencial para evitar fraturas e garantir a integridade do material. Além disso, a rugosidade superficial pode ser controlada pela seleção apropriada da ferramenta e pelo uso de lubrificação.

## **AGRADECIMENTOS:**

O aluno Victor Gabriel Pereira Ramos e o professor Rafael Oliveira Santos agradecem a UFF/PROPPI pela oportunidade de participar na modalidade de voluntário sem bolsa. Os autores agradecem também aos laboratórios multiusuários de Mecânica Aplicada e de Caracterização de Materiais (LMCM).

## REFERÊNCIAS

Behera, A. K., et al. (2017). "A comparative study on deformation limits in SPIF". Journal of Manufacturing Processes.

Hussain, G., et al. (2008). "Investigation of material formability in SPIF". Journal of Materials Processing Technology.

Martins, P. A. F., et al. (2008). "On the mechanics of incremental sheet forming". Journal of Materials Processing Technology.

McAnulty, T., et al. (2017). "Optimizing SPIF parameters for enhanced formability". The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.

Raju, K., et al. (2016). "Incremental forming of copper sheets: Forming limits and surface quality". Procedia Manufacturing.





**Grande área do conhecimento: Engenharias**  
**APROVEITAMENTO DA GLICERINA RESIDUAL DE BIODIESEL POR TECNOLOGIA**  
**MICROBIANA. PRODUÇÃO DE 3- HIDROXIPROPIONALDEÍDO (REUTERINA) EM**  
**COCULTIVO**

**Bianca Gomes, Monica Maia, Sorele Batista Fiaux**

**Laboratório de Tecnologia Microbiana - Departamento de**  
**Tecnologia Farmacêutica - Faculdade de Farmácia - UFF**

### **INTRODUÇÃO:**

A reuterina (3-hidroxi propionaldeído – 3-HPA) é um antimicrobiano de amplo espectro, produzido em condições anaeróbicas, que possui baixo peso molecular, é solúvel em água, é ativo em uma grande faixa de pH e é resistente à enzimas proteolíticas e lipolíticas. Sendo assim, é um composto de grande interesse para a indústria farmacêutica e alimentícia.

A bactéria *Limosilactobacillus reuteri* (ZHENG, 2020) habita o trato gastrointestinal do ser humano, de suínos, aves e de outros animais. Em condições anaeróbicas e em meio contendo glicerol, ela converte o glicerol em reuterina, utilizando a enzima glicerol desidratase dependente de cobalamina (vitamina B12). Essa bactéria, dentre todas as que produzem reuterina, é a que consegue produzir a maior concentração da molécula, além de conseguir acumular e excretá-la para o meio.

A produção do biodiesel está fortemente relacionada ao meio ambiente, uma vez que

esta é considerada uma fonte renovável de energia. No entanto, a produção do biodiesel gera um resíduo conhecido como glicerol (ou glicerina bruta), o qual é empregado nas indústrias farmacêutica e alimentícia em sua forma purificada, ou seja, restringe o uso do glicerol residual da produção do biodiesel.

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa é utilizar a *L. reuteri* para produzir reuterina a partir do glicerol excedente da produção do biodiesel. Para isso, foi utilizado um consórcio microbiano, que é quando dois microrganismos são utilizados juntos com objetivos específicos. O consórcio desse estudo foi a bactéria *L. reuteri* e uma levedura, selecionada para auxiliar o desenvolvimento da bactéria e a consequente produção de reuterina.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Inicialmente, por ter ocorrido a necessidade de se adquirir uma nova linhagem de levedura, foram feitos testes de confirmação de pureza do microrganismo. Para isso, foi feita sua cultura

por esgotamento e logo após, a coloração de gram e visualização no microscópio para confirmação. Confirmada a linhagem, o microrganismo foi preparado para ser estocado em meio líquido Sabouraud, contendo glicerol 20%.

Após a confirmação do microrganismo, foi feita a padronização dos inóculos, para saber qual seriam as melhores diluições para o experimento em cocultivo. Por isso, foram feitos os cultivos isolados da tanto de *L. reuteri* quanto da levedura. Após o cultivo, foram preparadas diluições de  $10^{-1}$  à  $10^{-8}$  de cada, sendo o experimento realizado em duplicata. Nessa etapa, os resultados mostraram que as melhores diluições para a bactéria foram  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$ , enquanto as da levedura foram  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$ .

Tendo feito as duas etapas anteriores, começaram a ser feitos os experimentos em cocultivo. No entanto, foi notado que o crescimento da bactéria estava abaixo do esperado, suas colônias cresciam em números, mas não em tamanho. Por tanto, antes de seguir com os experimentos de cocultivo, foi necessário investigar o motivo dessa alteração. Teve-se como hipótese a falha do gerador de anaerobiose, uma vez que eram utilizadas velas como geradores de anaerobiose. Com isso, foi feito um experimento para ver o crescimento nas placas em uma câmara de anaerobiose com a vela e em outra com um gerador químico de anaerobiose, obtendo um resultado satisfatório ao ser observado o aumento do crescimento das colônias nas placas do gerador químico.

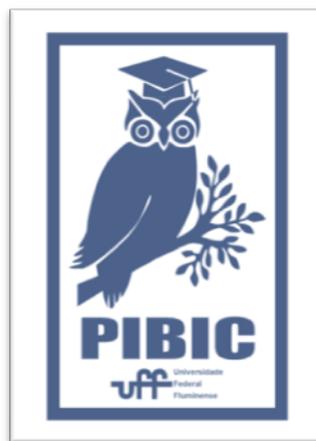
Um experimento em cocultivo foi realizado, tendo como controle a cultura pura da bactéria. Foi verificado o aumento da concentração da bactéria quando em cocultivo.

### **CONCLUSÕES:**

Após avaliação e observação do modelo de consórcio microbiano entre *L. reuteri* e a levedura escolhida, foi possível obter resultados satisfatórios para o projeto. No entanto, é necessário que se faça melhorias seu direcionamento para que se chegue à etapa de quantificação da reuterina produzida.

### **AGRADECIMENTOS:**

Agradecemos a bolsa de iniciação científica concedida pelo CNPq, através da Universidade Federal Fluminense (UFF), para a realização deste trabalho.





## Grande área do conhecimento Engenharias

### EFEITO DO SISTEMA DE USO DO SOLO NAS CARACTERÍSTICAS DA SERAPILHEIRA

Paloma de Almeida Fortes Pinto, Caio Miraglia Acuña, Francisca Joelha Rodrigues de Sousa, Thiago José Filete Nogueira, Welington Kiffer de Freitas, Fabiana Soares dos Santos

Departamento de Engenharia de Agronegócios/Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda/Laboratório de Solos e Água

#### INTRODUÇÃO:

A serapilheira desempenha um papel crucial na ciclagem de nutrientes e na formação da matéria orgânica do solo, sendo um dos principais meios pelos quais os nutrientes retornam ao solo. A decomposição da serapilheira é um processo complexo que resulta na transformação dos materiais vegetais em novos compostos, através da ação de organismos decompositores. Mudanças no uso do solo, como a conversão de áreas naturais em plantações de espécies exóticas como o pinus, podem alterar significativamente a dinâmica da serapilheira. A comparação entre áreas de vegetação nativa e florestas plantadas pode revelar como diferentes tipos de cobertura influenciam a produção e a qualidade da serapilheira. Este estudo tem como objetivo analisar o estoque e a taxa de decomposição da serapilheira em dois diferentes sistemas de uso do solo, vegetação nativa e área com produção de pinus (*Pinus elliottii*). O estudo foi realizado no município de Bananal-SP, na Serra da Bocaina, uma região caracterizada por variação altimétrica e clima subtropical úmido. Foi selecionada uma área de um hectare em cada um dos dois ambientes (vegetação nativa e área

com produção de pinus) sendo realizadas coletas de serapilheira em 15 pontos por hectare. As coletas foram realizadas mensalmente durante 10 meses, de novembro de 2023 a agosto de 2024. Para avaliação do estoque de serapilheira, utilizou-se um coletor de madeira quadrado de 50 cm de largura, que foi lançado aleatoriamente em cada ponto de coleta. A serapilheira coletada foi separada em frações (folha, galho, partes reprodutivas e material em decomposição), seca em estufa a 65°C e pesada para estimar o estoque de serapilheira. A taxa de decomposição da serapilheira foi calculada no período chuvoso (novembro de 2024 a março de 2024), utilizando litterbags. Estes litterbags, contendo 10 gramas de folhas secas, foram instalados nos pontos de coleta, retirados mensalmente e secos em estufa a 65°C para determinar a velocidade de decomposição.

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os primeiros seis meses de pesquisa foram realizados no período chuvoso, respectivamente de novembro/2023 a abril/2024 e obteve-se uma deposição média mensal de serapilheira na área de vegetação nativa de 3.419,43 kg ha<sup>-1</sup> e na

área de produção de pinus de  $3.610,53 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo que desse estoque na vegetação nativa obteve-se 42% de galho, 40% de material em decomposição e 17% de folha, e para a área de produção de pinus suas frações foram 54% de folha, 17% de galho, 16% de material em decomposição e 13% de material reprodutivo. Na área com vegetação nativa, observa-se uma porcentagem significativa de material em decomposição presente, sendo a segunda maior porção de material depositado com 40%. Isso se dá pelo fato de ser uma floresta com vegetação nativa, onde sua mata é densa e fechada e com baixa interferência antrópica, provendo um ambiente ideal para que ocorra a decomposição do material que cai das árvores, com abundância de fatores que contribuem para a decomposição como umidade, calor, oxigênio e diversidade de material vegetal. Nos meses subsequentes, de maio/2024 a agosto/2024, foram realizadas as análises no período seco. A deposição média mensal de serapilheira encontrada na área de vegetação nativa foi de  $2.919,44 \text{ kg ha}^{-1}$  e na área de produção de pinus  $3.648,38 \text{ kg ha}^{-1}$ . O estoque na vegetação nativa foi composto por 45% de galho, 27% de material em decomposição e 28% de folha, e para a área de produção de pinus suas frações foram 62% de folha, 20% de galho, 10% de material em decomposição e 8% de material reprodutivo. Verifica-se que na estação seca, na área com vegetação nativa, o material em decomposição contribuiu de maneira menos expressiva na fração serapilheira quando comparado a estação chuvosa, com percentuais de 40 e 27% nas estações chuvosa e seca, respectivamente. Isso ocorreu provavelmente devido a maior

umidade e temperaturas médias no período chuvoso, fatores que tendem a acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica. Após 150 dias de exposição dos litterbags na área com vegetação nativa, compreendendo os meses de novembro/2023 a março/2024, o material vegetal apresentou uma perda de massa total de 3,27g. Na área com produção de pinus a perda de massa total foi de 2,04 g. Essa maior redução de massa na área de vegetação nativa em comparação à área com produção de pinus, provavelmente deve-se a maior diversidade de plantas presentes na área com vegetação nativa, com composições distintas, o que favorece a maior diversidade microbiana e conseqüentemente maior decomposição. Além disso, pelo fato de ser uma área de preservação consolidada e de baixa interferência antrópica, o ambiente se mantém estável e em equilíbrio. O tempo de meia vida para a vegetação nativa foi de 155 dias para decompor 50% da massa e a constante de decomposição após 150 dias foi de  $0,0027 \text{ g dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Já na área com produção de pinus, o tempo de meia vida foi de 165 dias para decompor 50% da massa e a constante de decomposição após 150 dias foi de  $0,0015 \text{ g dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Isso evidencia a maior velocidade de decomposição na área com vegetação nativa, sendo influenciada por fatores como diversidade de espécies vegetais e de organismos presentes e composição nutricional das folhas, fatores determinantes para a velocidade do processo de decomposição da serapilheira.

## **CONCLUSÕES:**

Em relação ao estoque de serapilheira, a sazonalidade influenciou a maior porcentagem de material em decomposição na área com vegetação nativa no período chuvoso em relação ao período seco. Já a taxa de decomposição foliar foi maior na área com vegetação nativa quando comparado à área com produção de pinus, mostrando a influência da maior biodiversidade vegetal e microbiana estimulando o processo de decomposição da matéria orgânica.

### **AGRADECIMENTOS:**

Agradecemos à UFF e ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida.





## **Grande área do conhecimento: Engenharias**

**Título do Projeto : QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS DE DBO<sub>5</sub> ORIGINADOS EM ESGOTOS DOMÉSTICOS ATRAVÉS DE AVALIAÇÃO DEMOGRÁFICA NA BACIA DA BAÍA DE GUANABARA, RIO DE JANEIRO**

**Autores : Victoria Ehlers, Thaina de Simone, Breno Ferret, Jaqueline Nandes e Julio Wasserman.**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Instituto de Geociências (EGG)/Departamento de Análise Geoambiental (GAG)/ Rede UFF de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**

### **INTRODUÇÃO:**

Os problemas com despejo de esgoto na Baía de Guanabara em virtude do grande fluxo de populações para a região costeira nos últimos séculos têm sido um grande desafio para a sustentabilidade destes frágeis ecossistemas (Gallagher et al., 2004). O grande fluxo de esgoto afeta as populações ao redor da Baía, que dependem dela para sobreviver (como os pescadores). Para além disso, há a redução (ou perda) da biodiversidade, danos à saúde da população, prejuízos em relação ao turismo e lazer, entre outros. Nesse contexto, é de extrema importância estudar formas efetivas de diminuir o aporte de esgoto no local em questão. Portanto, o objetivo deste trabalho foi quantificar as cargas de DBO<sub>5</sub>, um indicador de poluição por esgoto doméstico, na bacia da Baía de Guanabara e por meio desses dados planejar o Sistema de Captação em tempo seco.

Neste estudo, apresentamos os levantamentos que foram realizados, definindo as bacias de drenagens, e acoplando as populações nas

bacias pela inserção dos setores censitários. Também será apresentado um modelo matemático que permitirá a quantificação da DBO<sub>5</sub> por bacia em condições secas e chuvosas.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Para o estudo foi realizada a delimitação das bacias de primeira, segunda e terceira ordem, calculando o número de pessoas (será a variável 1bDBO) que residem em cada uma delas, de acordo com dados dos setores censitários. Dessa forma, foi possível iniciar a etapa de medição do quanto de DBO<sub>5</sub> é produzido em cada sub-bacia. Como a carga de DBO<sub>5</sub> normalmente está em solução na água produzida pelo próprio esgoto, partimos da premissa que em tempo seco, o esgoto deve ter uma concentração da DBO<sub>5</sub> produzida dissolvida no volume de água consumido médio pelas populações. Embora Von Sperling (2011) proponha um valor médio de 162 L dia<sup>-1</sup> per capita, no Rio de Janeiro (e particularmente no entorno da Baía de Guanabara) sabemos que o

consumo médio é um pouco maior, da ordem de 200 L dia<sup>-1</sup> per capta (Q<sub>esg</sub>). Assim, o cálculo da concentração dos esgotos que escoam nas drenagens em tempo seco pode ser calculado pela Equação 2.

$$1bDBO_5 = \frac{(1bPop \cdot 55200)}{86400}$$

$$1bDBO_5 = \frac{(1bPop \cdot 55200)}{86400} \quad (\text{Equação 1})$$

1bDBO<sub>5</sub> = Demanda bioquímica de oxigênio total por bacia de primeira ordem (mg s<sup>-1</sup>);  
 1bPop = População total de bacia de primeira ordem (habitantes);  
 55200 é a produção per capta de DBO<sub>5</sub> por habitante (mg dia<sup>-1</sup>). A partir de Von Sperling (2011).

$$[1bDBO_5] = \frac{1bDBO_5}{Q_{esg} \times 1bPop}$$

$$[1bDBO_5] = \frac{1bDBO_5}{Q_{esg} \times 1bPop} \quad (\text{Equação 2})$$

[1bDBO<sub>5</sub>] = Concentração da DBO<sub>5</sub> (mg L<sup>-1</sup>) no exultório;  
 1bDBO<sub>5</sub> = Demanda bioquímica de oxigênio total por bacia de primeira ordem (mg s<sup>-1</sup>);  
 Q<sub>esg</sub> = Volume de água consumido per capita na população. Estimado em 200 litros;  
 1bPop = População total das bacias de primeira ordem (em habitantes).

Os dados de delimitação das bacias e planilha Excel são apresentados nas figuras 1 a 5.

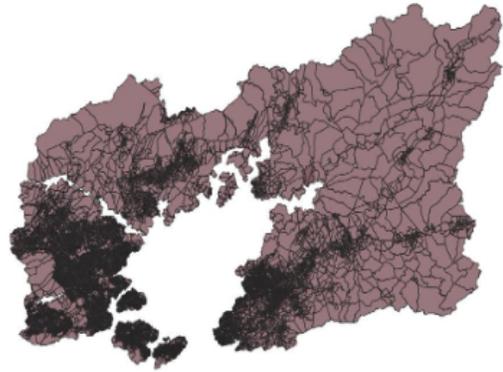


Figura 1: Setores censitários na grande região hidrográfica da bacia da Baía de Guanabara. (dados do censo do IBGE de 2010. Infelizmente os dados de setores censitários de 2023 ainda não estão disponíveis)



Figura 2: Bacias hidrográficas de 1ª ordem. Neste estudo, as bacias de primeira ordem são aquelas que deságuam nos rios das bacias de 2ª ordem. Todas as sub-bacias encontram-se digitalizadas.

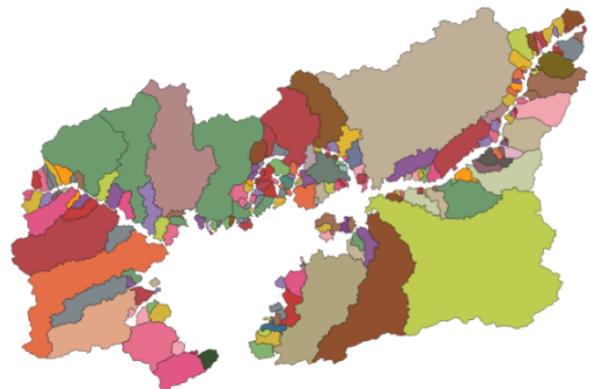


Figura 3: Bacias hidrográficas de 2ª ordem. Neste estudo, as bacias de segunda ordem são aquelas que deságuam nos rios das bacias de 3ª ordem. Todas as sub-bacias foram digitalizadas.

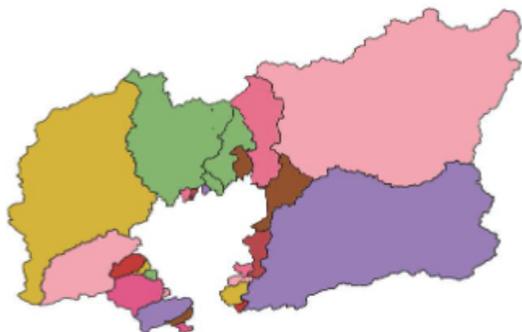


Figura 4: Neste estudo as bacias de 3ª ordem são aquelas em que os rios deságuam diretamente na baía de Guanabara

Bacia	Setores Censitários			
Null	330170220000001	330170220000002		
População	160	120		
Null_1	330350005210001	330350005210002	330350005210010	
População	171	81	0	
Null_2	330350005210022	330350005210003		
População	0	0		
Null_3	330350005210002	330350005210010	330350005210024	330350005210032
População	81	28	293	336
Null_4	330350005210003	330350005210009	330350005210010	
População	0	0	160	
Null_5	330350005210010			
População	0			
Null_6	330350005210022			
População	239			
Null_7	330170220000087	330170220000088		
População	95	0		
Null_8	330170220000086	330170220000087	330170220000088	330350005210001
População	80	0	0	0
Null_9	330170220000086	330170220000087		
População	20	0		
Null_10	330350005210009	330350005210010		
População	0	0		
Null_11	330350005210009			
População	36			
Null_12	330350005210003	330350005210009	330350005210010	
População	0	0	0	
Null_13	330170220000084			
População	12			
Null_14	330170220000083	330170220000084		
População	97	0		
Null_15	330170220000080	330170220000084	330170220000085	
População	0	40	20	
Null_16	330170220000080	330170220000084	330170220000085	
População	0	0	63	

Figura 5: Planilha Excel contendo identificação da bacia e sua quantidade de população de acordo com a divisão de setor censitário. A planilha ainda será finalizada com as informações das demais bacias hidrográficas.

O próximo passo é estimar a vazão de cada exultório em condições de chuva. Com os dados levantados, a cada condição de chuva poderemos calcular as concentrações de DBO5. O modelo permitirá definir para cada bacia um sistema de captação de água de drenagem a ser tratada em estações de tratamento já existentes ou a serem construídas no entorno da baía.

Somatório da População	[DBO] mg s-1	Aporte de água do esgoto (m3 s-1)
280	175	#ERROR!
252	157,5	0,00058333333333
0	0	0
738	461,25	0,00170833333333
160	100	0,0003703703704
0	0	0
239	149,375	0,0005532407407
95	59,375	0,0002199074074
80	50	0,0001851851852
20	12,5	0,0000462962963
0	0	0
36	22,5	0,000083333333333
0	0	0
12	7,5	0,000027777777778

Figura 6: Planilha Excel contendo cálculo inicial do aporte de esgoto em cada bacia hidrográfica.

## CONCLUSÕES:

Como definido na metodologia da proposta inicial, já temos um desenho mais preciso do modelo a ser construído a partir dos mapeamentos e cálculos realizados. Ao final,

será possível construir um plano de canalizações de vazões conhecidas para o planejamento de um sistema de captação em tempo seco capaz de reduzir a contaminação por esgotos na baía de Guanabara. Espera-se que do ponto de vista econômico o sistema tenha o menor custo possível e permita estabelecer um planejamento de instalação até 2055, permitindo a redução dos aportes de esgoto à baía de Guanabara.

### **AGRADECIMENTOS:**

As alunas VCE e TS agradecem aos programas PIBIC e PIBITi pelas bolsas, o Professor JCW agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade.

### **REFERÊNCIAS :**

Gallagher, A., et al., 2004. Constructs of sustainability in coastal management. *Marine Policy*. 28, 249-255.

Von Sperling, M., 2011. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Editora da UFMG, Belo Horizonte.





**Grande área do conhecimento: Engenharias**

## **ESTRATÉGIAS DE DIVERSIFICAÇÃO EM METAHEURÍSTICAS PARA OTIMIZAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA USANDO UM FRAMEWORK EM PYTHON**

**Pedro Victor Rodrigues Veras , Dieison Mariano Farias Rocha e**

**Rainer Zanghi**

**Departamento de Engenharia Elétrica**

### **INTRODUÇÃO:**

Ferramentas de otimização, como as metaheurísticas, desempenham um papel fundamental na busca por soluções eficientes para problemas complexos em diversas áreas da engenharia elétrica como otimizar os parâmetros de um estabilizador de sistema de potência [1], ou o agendamento de intervenções em redes elétricas [2].

A diversificação desempenha um papel crucial nas metaheurísticas, evitando a convergência prematura para soluções subótimas. Uma estratégia de diversificação promissora é a Repopulação com Conjunto Elite (RCE) [2], que foi aplicada no problema de agendamento de intervenções, usando um Algoritmo Evolutivo (AE), uma metaheurística inspirada em processos naturais.

Para implementar e testar metaheurísticas em problemas de otimização, diversas bibliotecas de código aberto estão disponíveis, como *DEAP* [3]. A escolha da biblioteca adequada é um passo importante no processo de desenvolvimento, devendo ser considerados o tipo de licença, o número de

metaheurísticas implementadas, suporte a inclusão de novos operadores e se possui uma comunidade ativa.

O objetivo do presente trabalho é criar um framework em código aberto para resolver problemas de otimização em Engenharia Elétrica. Busca-se oferecer um ambiente flexível e modular permitindo a aplicação do framework para diversos problemas de otimização, a inclusão de uma estratégia de diversificação [2] e a automação de testes dos algoritmos com múltiplas execuções.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

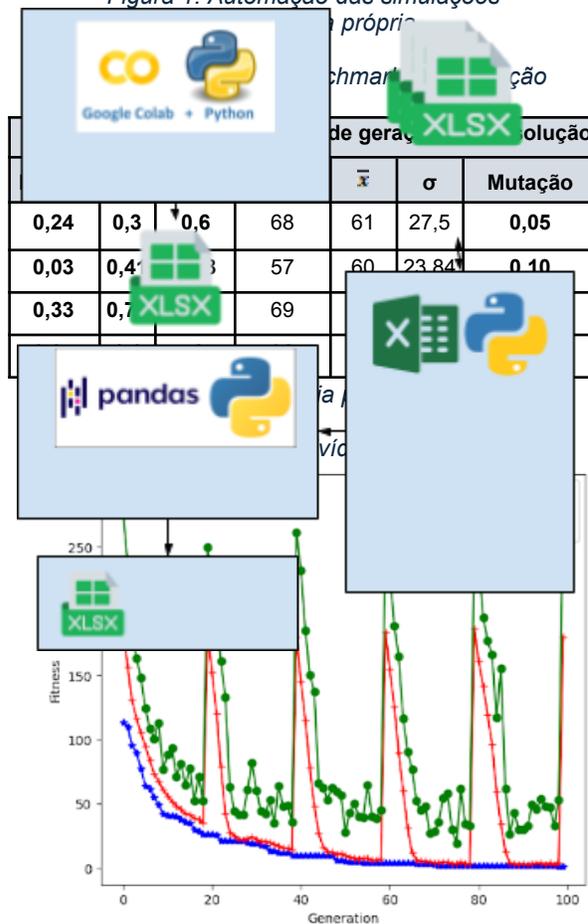
Neste trabalho, a biblioteca em código aberto *DEAP* [3] foi selecionada para a implementação do framework devido à sua flexibilidade, modularidade, suporte a AE e uma comunidade ativa. A *DEAP* [3] permite a criação de algoritmos personalizados, a definição de tipos de dados específicos, a implementação de funções objetivo e escolha dos parâmetros e operadores do AE. O framework foi implementado 100% em Python, utilizando Jupyter Notebooks para organizar o código e facilitar a execução dos testes. Três notebooks foram criados:

1. **Execução e Análise do AE:** Contém o código do AE com a estratégia RCE [4] e a função de benchmark *Rastrigin* para avaliar o desempenho.
2. **Execução Automatizada do AE:** Executa o AE 20 vezes para cada conjunto de parâmetros diferentes, salvando os resultados em arquivos Excel.
3. **Análise e Geração da Tabela Final:** Analisa os resultados das 20 execuções e gera uma tabela consolidada com estatísticas dos resultados.

A Figura 1 ilustra o funcionamento da automação dos testes de benchmarking realizados para validar o funcionamento e a usabilidade do framework.

Através de um arquivo de configuração no formato JSON, foram variados parâmetros do AE (e.g. taxa de mutação) e os parâmetros da estratégia RCE [2]. Cada conjunto de parâmetros foi executado 20 vezes e estatísticas descritivas foram geradas pelo framework para cada simulação. Estes resultados são apresentados na Tabela 1. O gráfico da Figura 2 demonstra a eficácia do framework na busca por soluções ótimas, com a RCE [2] contribuindo para a diversificação da população e a melhoria da qualidade das soluções.

Figura 1: Automação das simulações



Fonte: Autoria própria

O framework foi disponibilizado juntamente com um manual de uso na pasta compartilhada

([https://drive.google.com/drive/folders/1\\_1ockci-U5fLBE3QOtIINglJvqPp9rk7](https://drive.google.com/drive/folders/1_1ockci-U5fLBE3QOtIINglJvqPp9rk7)). Nesta pasta podem ser encontrados exemplos de caso de uso que podem ser usados no Google Colab.

### CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos demonstram que o framework desenvolvido, utilizando AE e a estratégia RCE, pode ser utilizado como uma ferramenta eficaz para resolver problemas de otimização em Engenharia Elétrica. A RCE [2]

contribui significativamente para a diversificação da população e para a busca por soluções para qualidade. O framework é open-source, flexível e modular, permitindo a adaptação a diferentes problemas e automação para múltiplas execuções com parâmetros distintos.

O trabalho realizado abre caminho para futuras pesquisas na área de otimização de sistemas elétricos de potência, com a aplicação do framework em problemas reais e a investigação de novas estratégias de diversificação em AE.

### **AGRADECIMENTOS:**

Os autores agradecem o apoio do CNPq com as bolsas PIBIC.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] KHAWAJA, A. Waheed et al. Design of a Damping Controller Using the SCA Optimization Technique for the Improvement of Small Signal Stability of a Single Machine Connected to an Infinite Bus System, *Energies*, *Energies* 2021

[2] ZANGHI, R., Souza, J. C. S. , Filho, M. B. C., Assis, T. M. L., Optimized coordination of transmission network outages in interconnected power grids, *Electric Power Systems Research*, Volume 170, 2019, Pages 72-80, ISSN 0378-7796.

[3] FORTIN, Félix-Antoine; DE RAINVILLE, François-Michel, GARDNER, Marc-André; PARIZEAU, Marc; GAGNÉ, Christian. “DEAP: Evolutionary Algorithms Made Easy”, *Journal of Machine Learning Research*, pp. 2171-2175, no 13, jul 2012





## Grande área do conhecimento

### Título do Projeto: DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO DA CONDIÇÃO DE ISOLAMENTO DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA.

**Autores:** Amanda de Carvalho Gagliardo.

**Departamento/Unidade/Laboratório:** NITEE (Núcleo de Inovação em Engenharia Elétrica).

## 1. INTRODUÇÃO:

Transformadores de potência são equipamentos essenciais na transmissão de energia elétrica em larga escala, porém, com o passar do tempo, podem falhar devido a envelhecimento, desgaste, defeitos e estresses operacionais. Essas falhas podem agravar-se, causando perda de eficiência, e, se não tratadas, levar a curto-circuito e danos graves.

Diversos métodos na literatura são usados para detectar curtos-circuitos entre espiras em transformadores, como a análise do fluxo magnético, observação dos lugares geométricos V-I, aplicação da transformada de Park, análise da admitância de sequência positiva e cálculo da corrente de sequência negativa.

Neste projeto, foi desenvolvido um protótipo de transformador trifásico e realizada sua simulação utilizando elementos finitos, com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de um sistema de diagnóstico de curto-circuito entre espiras. Foram aplicados casos de curto-circuito à fase C do transformador, e os resultados obtidos na simulação foram comparados aos dados experimentais utilizando o Método do Vetor de Park.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

### 2.1 MÉTODO DO VETOR DE PARK

O método do Vetor de Park é usado para analisar sistemas elétricos trifásicos, como transformadores e máquinas elétricas. Ele representa o sistema trifásico com dois vetores ortogonais: a componente direta (d) e a componente de quadratura (q). Uma aplicação desse método é o diagnóstico de curtos-circuitos entre espiras de transformadores trifásicos, aplicando a transformada de Park às correntes diferenciais ( $I_{dA}$ ,  $I_{dB}$ ,  $I_{dC}$ ) do transformador. Essas correntes diferenciais são calculadas a partir das correntes de linha do secundário ( $I_{La}$ ,  $I_{Lb}$ ,  $I_{Lc}$ ) e das correntes de linha do primário ( $I_{LA}$ ,  $I_{LB}$ ,  $I_{LC}$ ) por meio das seguintes equações:

$$I_{dA} = I_{LA} - \frac{V_{sec}}{\sqrt{3}V_{prim}} (I_{La} - I_{Lb})$$
$$I_{dB} = I_{LB} - \frac{V_{sec}}{\sqrt{3}V_{prim}} (I_{Lb} - I_{Lc})$$
(1)

$$I_{dA} = I_{LA} - \frac{V_{sec}}{\sqrt{3}V_{prim}} (I_{La} - I_{Lb})$$
$$I_{dB} = I_{LB} - \frac{V_{sec}}{\sqrt{3}V_{prim}} (I_{Lb} - I_{Lc})$$
(2)

$$I_{dc} = I_{LC} - \frac{V_{sec}}{\sqrt{3}V_{prim}} (I_{LC} - I_{La})$$

$$I_{dc} = I_{LC} - \frac{V_{sec}}{\sqrt{3}V_{prim}} (I_{LC} - I_{La}) \quad (3)$$

As componentes diretas ( $I_{dD}$ ) e de quadratura ( $I_{dQ}$ ) do Vetor Park, das correntes diferenciais do transformador, podem ser encontradas através das equações (4) e (5), respectivamente:

$$I_{dD} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_{dA} - \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{6}} I_{dB} - \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{6}} I_{dC}$$

$$I_{dD} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_{dA} - \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{6}} I_{dB} - \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{6}} I_{dC} \quad (4)$$

$$I_{dQ} = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}} I_{dB} - \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}} I_{dC} \quad I_{dQ} = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}} I_{dB} - \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2}} I_{dC}$$

(5)

O diagnóstico de curto-circuito entre espiras do transformador é realizado analisando o gráfico  $I_{dD} \times I_{dQ}$ . Em um transformador saudável, o gráfico mostra uma circunferência centrada na origem. Em transformadores com defeito, o gráfico exibe uma elipse com inclinações distintas em cada fase. As características dessa elipse, como inclinação e dimensões, ajudam a identificar a fase defeituosa e o nível do curto-circuito.

## 2.2 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

No laboratório, foi criado um protótipo de transformador trifásico para testes em bancada. O protótipo inclui um núcleo de ferro desmontável e três suportes, cada um com seus enrolamentos primários e secundários. Com base nas medidas das dimensões do núcleo, foram desenhados os suportes das bobinas do

transformador no software SolidWorks. Esses suportes foram fabricados por impressão 3D, utilizando o material ABS.

As bobinas foram enroladas manualmente com fios de alumínio de espessura 23 AWG. Os enrolamentos primários, possuem 205 espiras e estão localizados na parte exterior do suporte. Já os enrolamentos secundários, com 102 espiras, estão na parte interior. No enrolamento da fase C foram incluídos taps, como é retratado na Figura 1, para possibilitar realizar curtos com diferentes combinações de números de espiras a fim de realizar os testes de curto-circuito entre espiras no transformador.

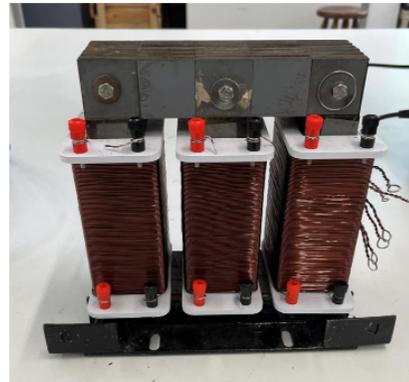


Figura 1 – Protótipo de transformador trifásico.

## 2.3 ENSAIO DE CURTO-CIRCUITO ENTRE ESPIRAS

Foi realizado também testes de curto-circuito entre espiras. Na estrutura base utilizada para os testes, o enrolamento primário do transformador foi conectado em delta, enquanto o secundário foi ligado em estrela aterrado. O enrolamento primário foi alimentado por uma fonte trifásica em estrela, e o secundário estava conectado a uma carga resistiva em estrela.

No ensaio de curto-circuito, o transformador foi alimentado por uma fonte de tensão de 80 V e conectado a uma carga com resistência de 15  $\Omega$ , com as fases configuradas em delta-estrela. O teste foi aplicado para o caso do transformador sadio, e de 1, 3, 7, 12, 17 e 20 espiras em curto. O arranjo experimental utilizado pode ser visto na Figura 2. As correntes de linha foram medidas utilizando ponteiros de corrente, e os dados foram registrados com o oscilógrafo Yokogawa DL850EV.

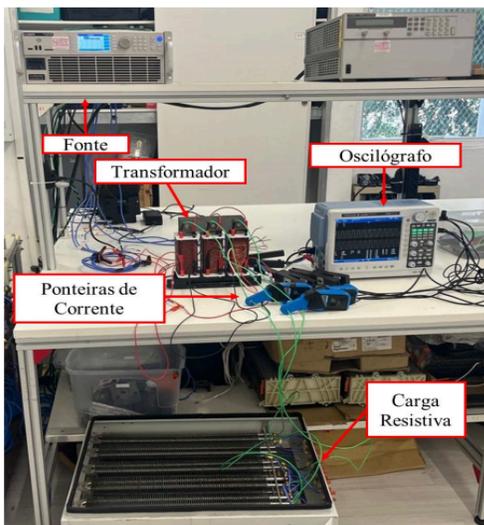


Figura 2 - Arranjo experimental.

## 2.4 RESULTADOS

Com os dados extraídos do ensaio do curto-circuito em espiras, foi possível importá-los para o programa criado no Matlab, com o objetivo de reproduzir os gráficos das curvas obtidas através dos cálculos para obtenção do Vetor de Park. A Figura 3 ilustra as elipses resultantes para diferentes cenários de curto-circuito. A análise dessas elipses permite

observar que, conforme o número de espiras em curto aumenta, há um aumento correspondente no comprimento do eixo maior da elipse. Na prática, o formato e o alongamento das elipses ajudam a identificar qual a fase do transformador que está defeituosa.

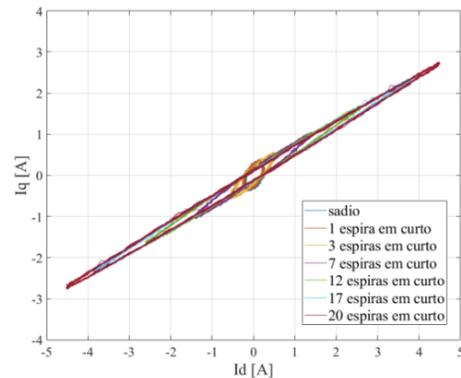


Figura 3 – Vetor de Park para os casos de curto entre espiras aplicados.

## 3. CONCLUSÕES:

O desenvolvimento e a simulação do protótipo de transformador trifásico demonstraram a viabilidade do uso do Método do Vetor de Park para diagnóstico de curto-circuito entre espiras. A concordância entre os resultados experimentais e simulados valida a abordagem utilizada, embora discrepâncias ainda existam. Para melhorar ainda mais a precisão do modelo, recomenda-se a incorporação de ajustes específicos, como a caracterização detalhada das propriedades do núcleo do transformador.

## AGRADECIMENTOS:

Gostaria de agradecer ao PIBIC/UFF pela oportunidade de desenvolver o trabalho

apresentado, ao meu orientador Prof. Felipe Sass e a Doutoranda Marília Mello que contribuíram e me auxiliaram no desenvolvimento do trabalho.





**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**Título do Projeto: DESENVOLVIMENTO DE UM  
CONDICIONADOR DE ENERGIA PARA MANUTENÇÃO DA  
QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA EM REDES ELÉTRICAS  
DE DISTRIBUIÇÃO**

**Autores: Matheus DI Domenico Boaretto; João Guilherme Silva;**

**Victor da Silva Monteiro; Guilherme Sapede Scofano; Yuri Barbosa Couto; Bruno  
Wanderley França**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Engenharia Elétrica / Departamento de Engenharia  
Elétrica / Núcleo de Inovação Tecnológica em Engenharia Elétrica (NITEE)**

## **INTRODUÇÃO:**

A evolução das fontes de energia, desde formas simples até recursos naturais e eletricidade, trouxe desafios para a engenharia elétrica, especialmente em eficiência e qualidade da energia elétrica (QEE). Simulações precisas são essenciais para testar redes de distribuição e garantir a segurança e precisão dos fenômenos elétricos.

O hardware HIL 402 da Typhoon HIL é crucial para simular redes de distribuição e analisar equipamentos que melhoram a QEE, permitindo simulações elétricas complexas em tempo real.

Com a integração de sistemas de geração distribuída e eletrônica de potência, surgem distúrbios como desequilíbrios e harmônicas. O Condicionador Unificado de Qualidade de Energia (UPQC), que usa filtros ativos em série e paralelo, é uma solução eficaz para esses problemas.

Este projeto busca aprimorar a topologia e o controle do UPQC por meio de simulações e testes com o hardware HIL 402. Para isso, foi desenvolvida uma placa eletrônica que facilita a conexão do DSP F28379D da Texas Instruments ao hardware HIL 402. O projeto envolveu aprendizado de eletrônica, design de placas e elaboração de uma apostila sobre normas de QEE.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica relacionada com sistemas em hardware-in-the-loop (HIL) e placas eletrônicas.

O projeto envolveu o estudo do funcionamento de dispositivos eletrônicos e das distâncias entre os componentes da placa de interface, que conecta o microcontrolador F28379D da Texas Instruments. Ela conecta um Processador Digital de Sinais (DSP) ao hardware HIL 402, facilitando a comunicação entre o DSP e o sistema de monitoramento. Isso evita falhas de

contato associadas a cabos jumpers simples, permitindo um controle e monitoramento eficientes no sistema HIL.

A placa inclui conexões digitais diretas entre o DSP e o hardware HIL, e conexões analógicas que passam por um circuito de filtro composto por resistores, capacitores e diodos zener. Os resistores garantem o nível adequado de corrente e potência; capacitores e diodos zener são usados para gerenciar a capacitância e proteger o circuito.

A fabricação envolveu a montagem de 9 capacitores, 9 diodos zener, 9 resistores e pinos *headers* para as conexões.

A placa de circuito impresso (PCB) da Typhoon HIL foi projetada de maneira intuitiva e organizada, incluindo: conectores analógicos e digitais, terminais de medição, conectores de *encoder*, chaves seletoras de fonte de alimentação, grupo de conectores LaunchPad™, conectores BNC de monitoramento. Esses componentes foram dispostos de forma clara e eficiente para evitar o uso desnecessário de caminhos elétricos. A distribuição está ilustrada na Figura 1.

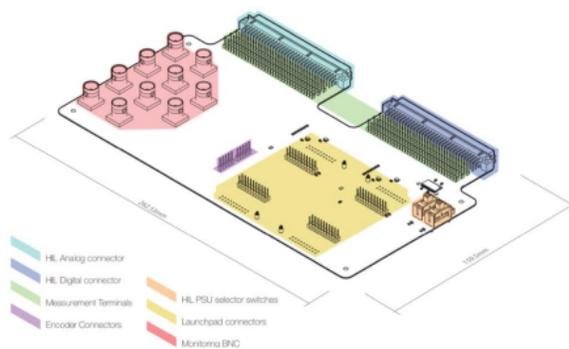


Figura 1 HIL TI Launchpad Interface layout

Após compreender o uso do software de design de PCBs, iniciou-se o planejamento dos circuitos eletrônicos com base nas descrições dos componentes fornecidos pela HIL. Foi então desenvolvido um esquemático no EasyEDA, mostrado na Figura 2, que ilustra as conexões entre os componentes dos dois hardwares.

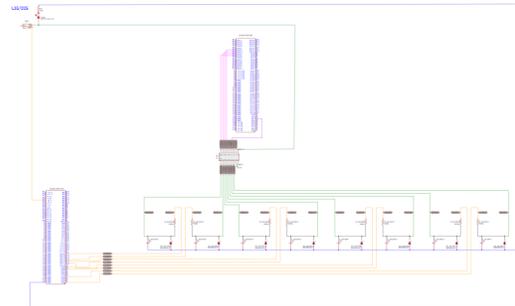


Figura 2 Esquemático da placa de interface

O desenvolvimento da placa de interface está na fase final. Foram realizados testes iniciais em um dos circuitos da placa. A Figura 3 ilustra o circuito do filtro que conecta as entradas e saídas analógicas do microcontrolador F28379D da Texas Instruments com o hardware HIL 402 da Typhoon HIL.

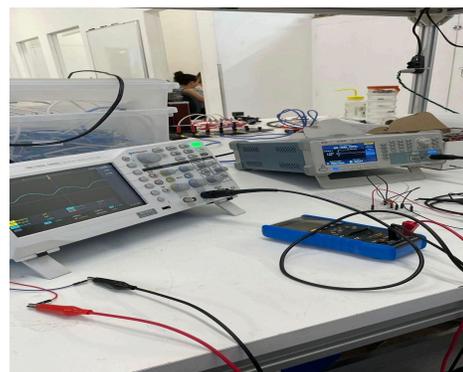


Figura 3 Testes em bancada

Atualmente, a placa está conforme a Figura 4 apresenta, com o circuito completo já soldado.

As próximas etapas incluem a instalação dos conectores analógicos e digitais de 96 pinos DIN 41612/IEC, que conectarão o HIL 402 ao DSP, e a realização dos testes finais com a placa.

Além disso, foi decidido que um segundo protótipo será desenvolvido no próximo ano do projeto. Este novo protótipo incluirá melhorias, funções de calibração e novas conexões.

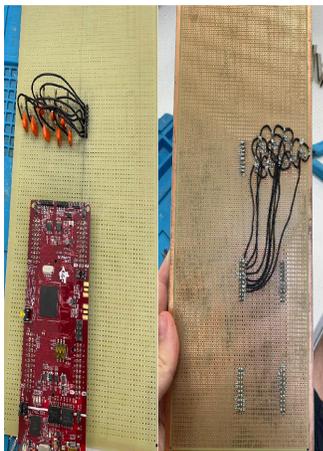


Figura 4 Placa de interface (vista superior e vista inferior)

Esses resultados indicam um progresso significativo no projeto, com a revisão teórica concluída e a placa de interface prestes a ser testada, facilitando a integração e comunicação entre os sistemas envolvidos.

### **CONCLUSÕES:**

O projeto foi altamente produtivo e alcançou seus objetivos com sucesso. A construção da placa de interface está quase finalizada, faltando apenas a soldagem dos conectores

para o HIL 402 e os testes finais. Essas etapas estão programadas para breve.

Além disso, foi desenvolvida uma apostila sobre Qualidade de Energia Elétrica (QEE). Esse recurso será valioso e acessível para futuros bolsistas de iniciação científica.

Em resumo, o projeto criou uma base robusta para a integração de sistemas e continuará a apoiar trabalhos no laboratório do Núcleo de Inovação Tecnológica em Engenharia Elétrica (NITEE).

### **AGRADECIMENTOS:**

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil e da Universidade Federal Fluminense – UFF.





**Engenharias**

**DESENVOLVIMENTO E DURABILIDADE DE ARGAMASSAS  
COM AGREGADO MIÚDO DE CONCHA DE MEXILHÃO**

**Autores: Nazário Marques Pinto e Camila Aparecida Abelha  
Rocha**

**Departamento/Unidade/Laboratório: TEC / TCE / LAMCO.**

## **INTRODUÇÃO**

O projeto surge da necessidade de reutilizar as conchas de mexilhão, um resíduo gerado em grandes quantidades pelos maricultores de Niterói, especialmente em Jurujuba, onde constituída 80% das 288 toneladas de mexilhão produzidas anualmente são cascas e descartadas de forma inadequada causando problemas ambientais como poluição e assoreamento (Araújo, 2015). Com o objetivo de mitigar esses impactos, o estudo propõe a utilização dessas conchas como agregado miúdo em argamassas cimentícias, em substituição parcial (50%) ou total (100%) da areia natural. De acordo com (Lata, 2019), o uso de areia da concha substituindo areia natural nas argamassas já vem desenvolvendo nos estudos científicos. A pesquisa visa avaliar as propriedades das argamassas resultantes, como resistência mecânica regularizada na norma NBR 7215:2019, densidade, absorção de água baseada na norma NBR 9778:2009 e durabilidade, considerando métodos de secagem, molhagem e envelhecimento natural, com foco em atender requisitos técnicos e promover o uso sustentável dos materiais.

## **MATERIAIS E METODOLOGIA**

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Materiais de Construção (LAMCO), onde as areias de conchas de mexilhão foram produzidas. A areia natural, usada como referência, foi extraída na região do Rio Guandu, no Rio de Janeiro. O cimento utilizado foi o Portland CPV-ARI de alta resistência inicial, conforme a NBR 16697, fornecido pela Companhia de Cimento Campeão Alvorada. Além disso, foram utilizados: aditivo superplastificantes para melhorar a fluidez das argamassas; e água da rede de abastecimento. Para caracterizar os agregados, foram realizados ensaios de densidade e absorção de água, conforme a norma NBR 16916:2021, e um estudo de curva granulométrica, seguindo a NBR 7211:2009.

Foram definidos três traços de argamassa: um com 100% de areia de concha de mexilhão, outro com 50% de concha e 50% de areia natural (figura 1 e 2), e o último com 100% de areia natural (figura 3). As argamassas possuíam relação água/cimento de 0,40.

Traço 100% de areia de concha							
Mistura	Concha	Concha	Cimento	Fator a/c	Agua	*sp	
	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )
M45-W40	45	698	986	40	394	0,20	1,97
M55-W40	55	919	869	40	348	0,32	2,78
M65-W40	65	1176	732	40	293	0,65	4,76

\*sp- superplastificante

Figura 1- traço de 100% de areia da concha

Traço 50% de areia natural e 50% de areia da concha									
Mistura	Concha	Concha	Areia	Areia	Cimento	Fator a/c	Agua	sp	
	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )
M45-W40	22,5	349	22,5	349	986	40	394	0,20	1,97
M55-W40	27,5	459,5	27,5	459,5	869	40	348	0,32	2,78
M65-W40	32,5	588	32,5	588	732	40	293	0,65	4,76

Figura 2- traço de 50% de areia da concha.

Diversas propriedades das argamassas foram avaliadas, incluindo trabalhabilidade, resistência à compressão, massa específica, absorção de água, índice de vazios e durabilidade por meio de envelhecimento natural e acelerado. O espalhamento foi ajustado para 340±20 mm, conforme a NBR 13276:2016. A resistência à compressão foi medida após 28 dias de cura, utilizando corpos de prova de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, moldados segundo a NBR 7215:2019. A absorção de água, índice de vazios e massa específica também foram avaliados de acordo com a NBR 9778:2005.

Traço 100% de areia natural media							
Mistura	Areia	Areia	Cimento	Fator a/c	Agua	sp	
	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )
M45-W40	45	698	986	40	394	0,25	2,47
M55-W40	55	919	869	40	348	0,50	4,35
M65-W40	65	1176	732	40	293	0,57	4,17

Figura 3- traço de 100% de areia natural media.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A granulometria da areia de concha foi aceitável, porém contém uma maior proporção de grãos grandes em relação à areia natural.

A trabalhabilidade das argamassas foi satisfatória para todos os traços, com consistências ajustadas para o intervalo de 340±20 mm. Em termos de resistência à compressão, o traço com 100% de areia natural apresentou os melhores resultados, superando os traços com 50% e 100% de concha, que mostraram menor resistência (figura 4).

Os ensaios de absorção de água e índice de vazios indicaram que o traço com 50% de concha apresentou maior absorção e mais vazios, seguido pelo traço com 100% de concha, enquanto o traço de 100% de areia natural teve os menores índices (figura 5). No entanto, as diferenças na massa específica entre os traços foram mínimas (figura 6). Os ensaios de durabilidade ainda estão em andamento, sendo necessária uma avaliação mais prolongada para conclusões mais detalhadas.

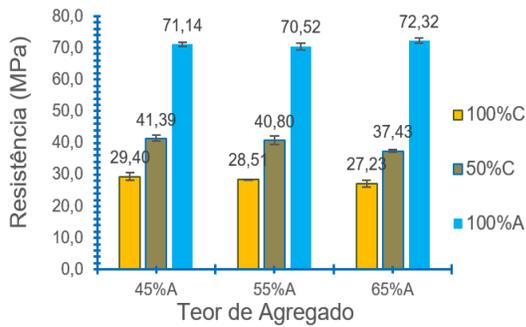


Figura 4- Resistencia à compressão

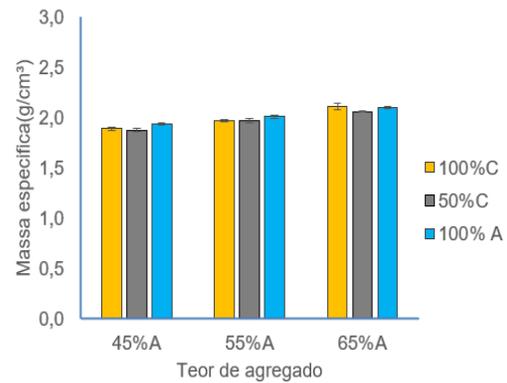


Figura 7- Massa especifica.

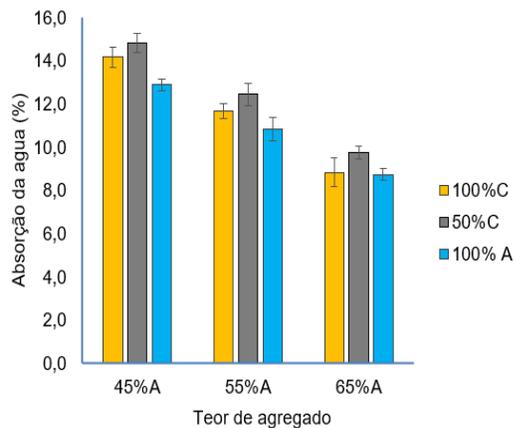


Figura 5- Absorção de água.

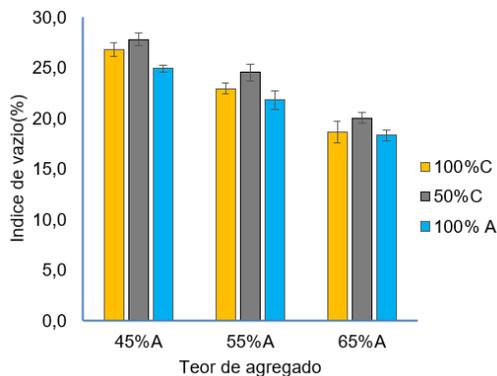


Figura 6- índice de vazios.

## CONCLUSÕES

Os ensaios mostraram que o uso de agregados de casca de mexilhão aumenta a absorção de água e a porosidade, resultando em argamassas mais leves, mas com menor resistência mecânica em comparação com aquelas feitas com areia natural. Mesmo com essa diferença, ambas as argamassas mostraram boa trabalhabilidade. Apesar da redução de resistência nas argamassas com conchas, estas podem ser aplicadas em diversos tipos de artefatos de cimento, como peças de mobiliário urbano, blocos, cobogós, vasos etc., sendo necessário, contudo, aprofundar os testes de durabilidade para garantir seu desempenho a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

Araújo, L. S. P. R., Expansão da maricultura em Jurujuba, que já foi premiada pela ONU, agora preocupa navegantes - Jornal O Globo.24/04/2015.

Associação Brasileira De Normas Técnicas  
ABNT NBR 16916- Determinação da densidade e absorção da água.

Associação Brasileira De Normas Técnicas  
ABNT NBR 7215 :2019 - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.

Associação Brasileira De Normas Técnicas  
ABNT NBR 9778 – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

Associação Brasileira De Normas Técnicas.  
ABNT NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira De Normas Técnicas.  
ABNT NBR 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

Associação Brasileira De Normas Técnicas.  
ABNT NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

Lata, L. F. L. B. (2019). Agregado miúdo de casca de mexilhão como substituição parcial à areia natural em argamassas [Projeto de conclusão de curso II]. UFF.



## **AGRADECIMENTOS**

Os autores expressam gratidão aos maricultores de Jurujuba pelo fornecimento das conchas utilizadas nos ensaios, aos técnicos do LAMCO pelo suporte técnico, à orientadora do projeto, ao CNPQ e PIBIC pelo apoio aos alunos envolvidos e ao Departamento de Engenharia Civil por disponibilizar o espaço no LAMCO para a realização dos testes.



**Grande área do conhecimento: ENGENHARIAS**

**CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS PRESENTES EM AMBIENTES MARINHOS**

**Alessandra R. Duailibe Monteiro**

**Maria Alice Mendonça Araujo.**

**TEQ/UFF/Laboratório Interdisciplinar de Soluções Ambientais**

**INTRODUÇÃO:**

O mundo enfrenta uma problemática nas últimas décadas que é o acúmulo de resíduos plásticos em ambientes marinhos causado pelo descarte indevido e pelo uso desenfreado e inconsciente desses materiais, especialmente do polietileno de baixa densidade (PEBD), utilizado em setores como embalagens e sacolas. O acúmulo desse material no mar vem causando problemas à biota marinha, até a morte de diversas espécies de animais. No Brasil, aproximadamente, estima-se que 60% da produção total de produtos plásticos se torna resíduo em menos de três anos, resultando em milhões de toneladas descartadas continuamente. Dessa forma, o objetivo do estudo é caracterizar os resíduos plásticos provenientes de ambientes marinhos com o intuito de viabilizar seu tratamento para reutilização na mesma cadeia produtiva ou para outros fins comerciais.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Os materiais utilizados foram PEBD virgem em pellets e resíduos de PEBD. Os resíduos foram secos, picotados e encaminhados à pirólise para degradação química e térmica. As reações

ocorreram no Laboratório Interdisciplinar de Soluções Ambientais (LISA) da UFF, utilizando um reator de quartzo e nitrogênio para inertização, a 400°C por uma hora. Os produtos gasosos foram separados e analisados. Diversas técnicas foram empregadas para caracterização detalhada dos materiais e produtos: FTIR-ATR, TGA, GC-MS, DSC e EDX.

**2.1 Produtos e rendimento da pirólise**

Durante a comparação da pirólise entre o PEBD virgem e o residual, observou-se que o virgem não apresentou acúmulo de sólidos no reator, ocorrendo apenas a liberação de gases e cera, cujos rendimentos foram, respectivamente, 33,57% e 66,43%. Já na pirólise do polietileno residual, o rendimento foi de 44,97% para a cera, 49,68% para gases e 5,35% para os sólidos, considerando a massa inicial inserida no reator.

**2.2 Análise por Espectroscopia do Infravermelho**

A análise espectroscópica identificou grupos funcionais como CH<sub>3</sub> e CH<sub>2</sub>, e a pirólise revelou que o PEBDL tem espectros semelhantes aos resíduos coletados. A cera obtida na pirólise também foi caracterizada, mostrando

comportamento semelhante aos plásticos coletados.

### **2.3 TGA**

Utilizando a análise termogravimétrica observou-se que o PEBD virgem começou a perder massa abruptamente a partir de 416°C, com evaporação completa a 485°C. A cera de PEBD virgem apresentou uma redução constante de massa até 479°C. Já a cera do resíduo de PEBD teve uma redução constante até 427°C. O produto sólido da pirólise do resíduo de PEBD mostrou uma redução abrupta inicial, estabilizando-se posteriormente, com apenas 9% de evaporação total.

### **2.4 Calorimetria diferencial de varredura (DSC)**

O pellet de PEBD apresentou um pico mais definido e em uma temperatura mais elevada. Já as ceras, tanto do PEBD virgem quanto do residual, apresentaram comportamentos semelhantes quanto ao valor do diferencial e à temperatura em que ocorre o pico.

### **2.5 GC-MS**

Na cera da pirólise de PEBD virgem e do resíduo de PEBD da OSL contém hidrocarbonetos insaturados e saturados possui um grande potencial para diversas aplicações, devido às características dos hidrocarbonetos saturados, como os alcanos, são quimicamente estáveis, o que torna a cera ideal para aplicações que exigem resistência à oxidação e degradação ao longo do tempo. E os hidrocarbonetos insaturados, como alcenos e alcinos, possuem maior reatividade química. Essa característica permite que a cera seja modificada ou funcionalizada para produzir novos compostos, ampliando seu uso em

aplicações mais especializadas). As ceras obtidas podem ser potenciais para produzir biocombustíveis e como uma alternativa sustentável aos derivados de petróleo.

### **2.6 EDX**

Ao realizar a análise do sólido por EDX, foram obtidos resultados quantitativos quanto à presença de elementos. Os elementos predominantes identificados foram Ferro, Titânio e Silício. A presença desses metais no sólido é atribuída à deposição dos materiais plásticos em ambientes salinos, o que pode tornar a reação de pirólise menos eficiente em comparação com a reação de materiais que não foram expostos a ambientes externos.

### **CONCLUSÕES:**

O estudo visou entender e caracterizar o polietileno de baixa densidade e seus produtos resultantes da pirólise. A pirólise do PEBD virgem e residual mostrou diferenças significativas, com o virgem produzindo principalmente cera e gases, enquanto o residual também gerou sólidos. A espectroscopia do infravermelho identificou contaminantes nos resíduos plásticos, influenciando a composição final. A análise térmica e o DSC indicaram que o PEBD virgem é mais estável termicamente. A técnica GC-MS foi crucial para identificar os compostos presentes.

Esses resultados são essenciais para entender o comportamento térmico e químico do PEBD e podem orientar futuras aplicações industriais e estudos de reciclagem de plásticos. A caracterização também contribuiu significativamente para o aprendizado do aluno

nas técnicas de caracterização de materiais e reciclagem química.

**AGRADECIMENTOS:**

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao PIBIC pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa, que foram essenciais para a realização deste trabalho. Agradecimentos também ao Laboratório Multiusuário de Análises Espectrométricas (LAME) pelo acesso às suas instalações e equipamentos de ponta, bem como pela assistência técnica especializada, que contribuíram para a pesquisa.





**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**Título do Projeto: ANÁLISE TÉCNICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE DIFERENTES TOPOLOGIAS**

**Autores: Vinícius Pia de Almeida Costa e Gilberto Figueiredo Filho Pinto**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Escola de Engenharia / Departamento de Engenharia Civil (TEC) / Laboratório de Aplicações Fotovoltaicas (LAF - UFF)**

### **INTRODUÇÃO:**

A expansão de sistemas fotovoltaicos presentes no sistema elétrico brasileiro, principalmente através da Geração Distribuída (GD), que são sistemas geradores com potência nominal de até 3 MW, regulamentados através da Lei Federal 14.300, foi impulsionada através de normativas de incentivos, como a regulamentação do sistema de compensação de energia (ANEEL, 2012). Além disso, essa perspectiva de crescimento é ratificada pelo Balanço Energético Nacional 2022 (BEN 2022) emitido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), onde há uma projeção que a potência instalada de sistemas fotovoltaicos possa superar a marca de 29 GW até 2032.

Dessa forma, torna-se necessário formas de monitorar de forma eficiente tais sistemas. Uma forma de acompanhar o desempenho é através das caracterizações dos módulos fotovoltaicos de diferentes topologias pela Curva I-V ou por testes de Eletroluminescência, seguindo as recomendações da norma internacional IEC TS 60904-13 (2018), responsável por normatizar ensaios de eletroluminescência para módulos fotovoltaicos.

Portanto, o objetivo da presente pesquisa consistiu em buscar diferentes formas de averiguar o desempenho de módulos fotovoltaicos de diferentes topologias.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Dentre os resultados obtidos ao longo da realização da pesquisa ao longo do ciclo de iniciação científica, vale ressaltar a elaboração do artigo “Avaliação da Integridade de Módulos Fotovoltaicos Semiflexíveis Aplicado ao Sistema de um Catamarã Elétrico”, o qual foi apresentado no Congresso Brasileiro de Energia Solar 2024 (CBENS 2024), onde foi realizada a caracterização de módulos fotovoltaicos de diferentes topologias através da extração de sua curva I-V, utilizando como método a variação de uma carga resistiva (reostato), conectada ao módulo, extraindo dados de tensão e corrente dos módulos ensaiados por meio de dois multímetros Yokogawa modelo TY720, conforme mostrado na Fig. 1. A curva I-V resultante do módulo semi flexível ensaiado pode ser visualizada na Fig. 2, já a curva I-V do módulo rígido ensaiado, na Fig. 3. Após essa análise, também foi feita uma

comparação entre o desempenho real versus esperado, comparando-se as medidas realizadas com os valores fornecidos pelo fornecedor em Standard Test Conditions (STC), conforme ilustrado na Fig. 4.



Fig. 1: Circuito utilizado para medição da curva I-V.

Potência e Corrente x Tensão (Q5)  
Irradiância = 756 W/m<sup>2</sup> - Temperatura média: 48°C

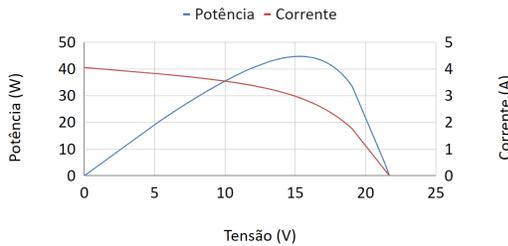


Fig. 2: Curva I-V do módulo semi flexível ensaiado.

Potencia e Corrente x Tensão (Rígido)  
Irradiância = 864 W/m<sup>2</sup> - Temperatura média: 59°C

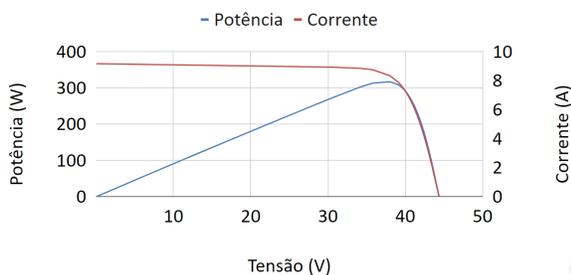


Fig. 3: Curva I-V do módulo semi flexível ensaiado.

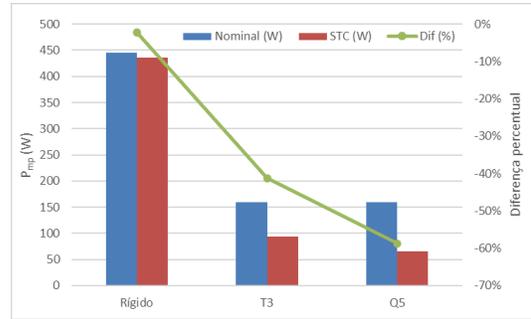


Fig. 4: Comparação potência nominal x STC.

Além disso, na Fig. 5 pode-se visualizar o procedimento realizado para a obtenção das fotos de Eletroluminescência dos módulos ensaiados, seguindo a norma internacional citada anteriormente e, por fim, nas Fig. 6 e Fig. 7, são evidenciados os resultados obtidos através dos ensaios de Eletroluminescência para o módulo semi flexível e módulo rígido, respectivamente.



Fig. 5: Ensaio de Eletroluminescência.

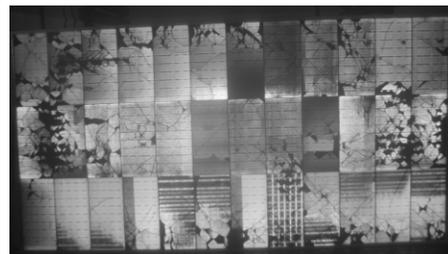
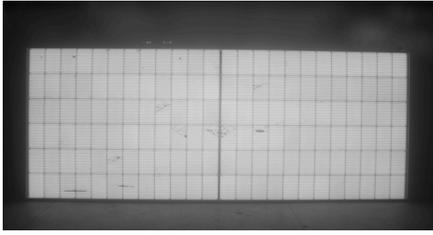


Fig. 6: Resultado do ensaio de Eletroluminescência no módulo semiflexível



.Fig. 7: Resultado do ensaio de Eletroluminescência no módulo rígido.

Após a compilação e análise dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização dos módulos, por meio da medição da Curva I-V, constatou-se que os módulos semi flexíveis testados obtiveram uma diferença de 40% a 59% entre a potência nominal, informada pelo fabricante, e o valor de potência gerada em STC, conforme representado no gráfico da Fig. 4. O mau desempenho desses módulos é ratificado e comprovado com o ensaio de EL representado pela Fig. 6, onde é possível notar inúmeras microfissuras na estrutura cristalina do módulo. Em contrapartida, o módulo rígido ensaiado apresentou uma diferença de apenas 2% entre a potência nominal e a potência gerada em STC, comportamento que está em concordância com o ensaio de EL do módulo rígido, representado na Fig. 7, já que o equipamento está com sua estrutura cristalina interna intacta. Portanto, ao longo da realização dos ensaios foi possível constatar a resiliência dos módulos rígidos em comparação aos módulos semi flexíveis utilizados no Catamarã Elétrico.

## CONCLUSÕES:

Com a realização dos procedimentos citados acima foi possível fazer a caracterização I-V e por imagens em EL dos módulos fotovoltaicos ensaiados, e compreender o quanto as microfissuras internas presentes na estrutura cristalina dos módulos podem afetar diretamente na eficiência de geração dos módulos (De Moura, M., et al.,2024).

Além disso, a experiência com as atividades do projeto forneceu subsídios para o desenvolvimento de uma proposta de traçador de curva I-V, utilizando uma carga capacitiva, para possibilitar uma alternativa de baixo custo, portátil, de fácil utilização, capaz de caracterizar o módulo ensaiado em um menor intervalo de tempo, motivado pelos trabalhos (Stivanello, J. J., 2021) e (Oliveira, F. S., 2015).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ANEEL. Resolução Normativa No 482, de 17 de abril de 2012.AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012. (REVOGADA).
- DE MOURA, M. M.; et al. Avaliação da Integridade de Módulos Fotovoltaicos Semiflexíveis Aplicado ao Sistema de um Catamarã Elétrico, Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2024.
- EPE. Balanço Energético Nacional 2022. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA.
- IEC TS 60904-13, 2018. Photovoltaic Devices Part 13: electroluminescence of photovoltaic modules, vol. 1.
- OLIVEIRA, F. S. DE. Desenvolvimento de traçador de curvas I-V portátil para arranjos fotovoltaicos. 2015.

STIVANELLO, J. J.; GAREIS, G.; SCHMIDT, J.  
Trazador de curvas I-V capacitivo para  
caracterización eléctrica de módulos  
fotovoltaicos. Avances en Energías Renovables  
y Medio Ambiente - AVERMA, v. 25, p. 155–163,  
2021.

#### **AGRADECIMENTOS:**

Os autores expressam sua gratidão ao CNPq e  
à UFF pelo suporte fornecido durante a  
condução das pesquisas no âmbito do PIBIC  
2023/2024.





## Engenharias

# ÁRVORES DE OTIMIZAÇÃO PARA A PREVISÃO DO RETORNO DE INVESTIMENTOS NO IBOVESPA

Miguel Nobrega Mendes / Diogo Ferreira de Lima Silva

Departamento de Engenharia de Produção / Niterói

## INTRODUÇÃO:

Este projeto visou explorar a utilização das técnicas *Optimal Classification Trees* (OCTs) e *Optimal Classification Trees with Hyperplanes* (OCT-H) (BERTSIMAS & DUNN, 2019), métodos de aprendizado de máquina que utilizam otimização inteira mista.

Essas abordagens diferem das técnicas tradicionais de árvores de decisão, que resolvem a otimização de forma sequencial em cada nó, ao resolverem o problema de forma global. Assim, permite-se que a árvore seja otimizada em uma única etapa com uso de métricas sobre os erros de previsão, sem depender das tradicionais métricas de impureza dos nós. Os modelos podem ser resolvidos com *solvers* avançados de programação inteira mista.

No cenário acadêmico, as OCT são bastante recentes e foram aplicadas em diversas áreas (BERTSIMAS & DUNN, 2017, 2019), incluindo saúde e finanças. No entanto, a aplicação de OCT em ativos do Ibovespa não havia sido explorada, no melhor do nosso conhecimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Inicialmente, realizou-se a implementação de um modelo de otimização inteira mista para a OCT em linguagem de programação Julia, através da biblioteca JuMP. Essa etapa foi interessante para o entendimento das restrições do modelo e para o desenvolvimento do discente. Por outro lado, para a aplicação dos métodos nos dados financeiros e a utilização de ferramentas mais avançadas, optou-se pela utilização de uma biblioteca de referência no uso dessas abordagens, fornecida pela IAI (Interpretable AI, 2024).

Os dados financeiros utilizados para treinar o modelo de OCT foram coletados do Ibovespa, com foco no ativo PETR4. Este é um ativo de grande representação e importância no índice. Foram incorporadas variáveis macroeconômicas assim como diversos indicadores de análise técnica. O pré-processamento dos dados incluiu o tratamento de dados, a seleção de variáveis mais relevantes, e o uso de análise de correlação entre as variáveis, resultando em um número final de 33 atributos.

Para a separação dos dados de treino e teste, foi utilizado o método Expanding Windows

(BERA et al. 2023). Esse método consiste em treinar o modelo com os dados mais antigos e, progressivamente, incluir dados mais recentes no conjunto de treino, simulando uma situação real em que previsões são feitas com base em dados históricos e novos dados são incorporados continuamente.

Nesse cenário, utilizando como alvo crescimento e decréscimo do preço do ativo PETR4, foram gerados 50 modelos diferentes (expandindo-se um mês por vez). As árvores tiveram profundidade entre 1 e 10.

Dentre os resultados que chamaram atenção, pode-se destacar um modelo de profundidade 1 que utilizou apenas a variável *Ease of Movement*, relacionada ao volume e à variação de preço do ativo, e obteve boa acurácia no conjunto de treinamento. Por outro lado, outros modelos mais complexos, com maior profundidade, utilizaram múltiplas variáveis. Um dos modelos OCT-H, que incorporou múltiplas variáveis, apresentou alta performance, classificando corretamente a maioria dos exemplos com base em hiperplanos formados por combinações de variáveis. Em média, obteve-se uma acurácia média de 66% nos dados de teste.

A capacidade do modelo de fornecer regras claras de decisão, baseadas em hiperplanos, facilita a interpretação dos resultados e sua aplicação pode ser interessante para apoiar decisões em investimentos.

## **CONCLUSÕES:**

A implementação das árvores ótimas para a previsão do comportamento do ativo PETR4

mostrou-se interessante. É importante destacar, no entanto, que testes adicionais e comparações com outras abordagens são importantes e devem ser realizados em estudos futuros. Além disso, há espaço para a inclusão de indicadores fundamentalistas e de finanças comportamentais que possam aumentar a precisão do modelo.

## **AGRADECIMENTOS:**

Agradeço ao meu orientador por todo o tempo dedicado ao meu auxílio e por suas diversas contribuições ao longo desses meses. Gostaria de agradecer ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) a ao CNPq pela oportunidade de realizar este projeto e pela concessão da bolsa que viabilizou a execução do trabalho. Também estendemos nossa gratidão à Universidade Federal Fluminense (UFF) e ao Departamento de Engenharia de Produção. Por fim, agradeço à Interpretable AI pela disponibilização da licença acadêmica das bibliotecas de métodos utilizadas neste projeto.

## **REFERÊNCIAS:**

- BERA, B.; LIN, C. L.; HUANG, S. C.; LIANG, J. W.; LIN, P. T. Establishing a real-time multi-step ahead forecasting model of unbalance fault in a rotor-bearing system. *Electronics*, v. 12, n. 2, p. 312, 2023.
- BERTSIMAS, D.; DUNN, J. Optimal classification trees. *Machine Learning*, v. 106, n. 7, p. 1039–1082, 3 jul. 2017.

BERTSIMAS, D.; DUNN, J. Machine Learning Under a Modern Optimization Lens. [s.l.] Dynamic Ideas LLC, 2019.

INTERPRETABLE AI, LLC. Interpretable AI Documentation. <https://www.interpretable.ai>.



2024.

Imagem 1: Imagem PIBIC



## ENGENHARIAS

### HIDROGENÓLISE DO GLICEROL SOBRE CATALISADORES BIMETÁLICOS RUTÊNIO-ÍNDIO SUPORTADOS EM ZIRCÔNIA.

**RONALD ROBALLO SILVA PEREZ, CAMILA GABRIELE SILVA, ANDRE VON-HELD SOARES E FABIO BARBOZA PASSOS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E DE PETRÓLEO /UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE/ RECAT - LABORATÓRIO DE REATORES, CINÉTICA E CATÁLISE.**

#### 1. INTRODUÇÃO

A utilização de combustíveis fósseis como principal alternativa de fonte de energia vem trazendo consequências danosas ao meio ambiente e também a vida humana. A busca por alternativas mais amigáveis ao meio ambiente se faz cada vez mais necessária (Borges et al., 2016). O biodiesel aparece como uma das opções para a ampliação da matriz energética por ser um combustível de alta qualidade produzido através da transesterificação de triglicérides derivados de fontes renováveis como gorduras animais e óleos vegetais na presença de catalisadores que podem ser homogêneos, heterogêneos ou enzimáticos (Soares et al., 2016).

Com o aumento da produção de biodiesel, é inevitável o crescimento da produção de glicerol, sendo um dos principais coprodutos da transesterificação, representando cerca de 10% em peso (Satyanarayana et al., 2015). Portanto, a criação de alternativas de uso para o glicerol se faz de grande relevância para o mercado de biodiesel. A hidrogenólise catalítica do glicerol pode gerar os

seguintes produtos: 1,2-propanodiol, 1,3-propanodiol, etilenoglicol, 1-propanol e 2-propanol. Neste trabalho, foram estudados os catalisadores bimetálicos In-Ru suportados em  $ZrO_2$  na reação de hidrogenólise do glicerol a fim de verificar o efeito no rendimento e seletividade para os produtos desejados.

#### 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES

##### 2.1.1. FISSORÇÃO DE NITROGÊNIO

Análises texturais dos catalisadores e do suporte referentes à fisissorção de  $N_2$  foram realizadas e estão representadas na Tabela 1. Para os catalisadores de índio, as análises foram realizadas antes da redução/passivação do catalisador e para os catalisadores bimetálicos com rutênio, as análises foram realizadas após a redução/passivação do catalisador a fim de dar algum tratamento térmico a essas amostras, uma vez que elas não foram

calcinadas para evitar sinterização e/ou perda de rutênio como  $\text{RuO}_4$  (volátil).

Observa-se que a área específica e o volume de poros diminuíram conforme o teor do índio aumentou, também sendo possível perceber a mesma diminuição quando o rutênio foi adicionado à composição. A diminuição do volume de poros se deu, provavelmente, pela obstrução dos poros provocada pela presença dos dois metais na composição.

Catalisadores	Área Específica BET ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	Volume Total de Poros ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
m- $\text{ZrO}_2$	119	0,289
$5\text{In}_2\text{O}_3/\text{m-ZrO}_2$	104	0,278
$10\text{In}_2\text{O}_3/\text{m-ZrO}_2$	94	0,257
$2,5\text{Ru-5In/m-ZrO}_2$	78	0,144
$2,5\text{Ru-10In/m-ZrO}_2$	71	0,135

Tabela 1 – Área específica e volume de poros dos catalisadores.

É possível observar pela Figuras 1 e 2 que todos os materiais apresentaram isotermas de adsorção características do tipo IV, com característica de cobertura da monocamada em pressões baixas seguida de formação de multicamadas com o aumento da pressão, entretanto, diferenciam-se quanto ao tipo de histerese. Para a m- $\text{ZrO}_2$  e os catalisadores de  $\text{In}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ , a histerese foi do tipo H1 em que os poros apresentam formato cilíndrico. Já para os materiais com rutênio, a histerese foi do tipo H2, onde os poros possuem formato de tinteiro: gargalo estreito e corpo largo.

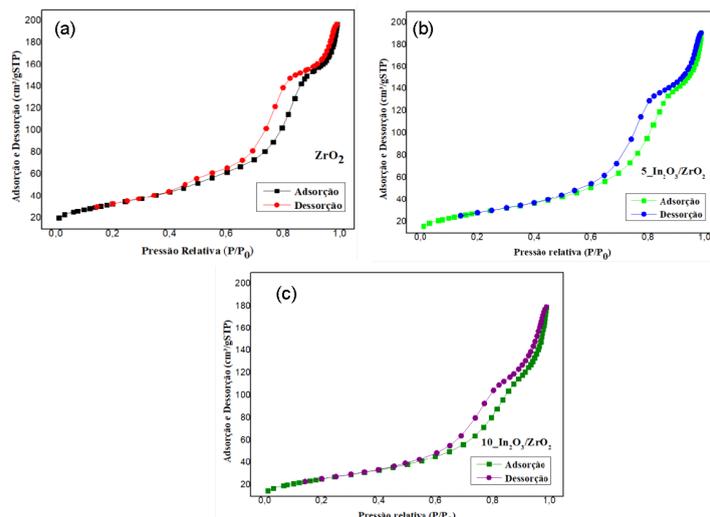


Figura 1 - Isotermas de adsorção de  $\text{N}_2$  da (a) m- $\text{ZrO}_2$  e dos catalisadores (b)  $5\text{In}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ , (c)  $10\text{In}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$

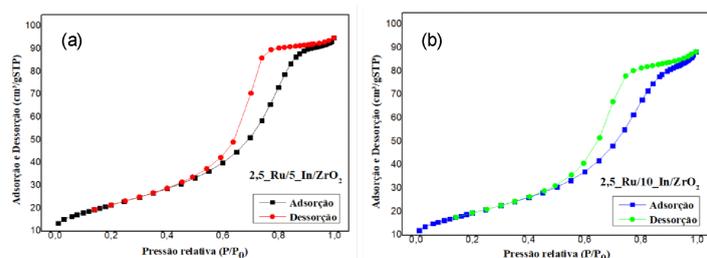


Figura 2: Isotermas de adsorção de  $\text{N}_2$  dos catalisadores (a)  $2,5\text{Ru-5In}/\text{ZrO}_2$  e (b)  $2,5\text{Ru-10In}/\text{ZrO}_2$

### 2.1.2. DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Os difratogramas de DRX dos catalisadores estão representados na Figura 3. Na Figura 3-a, estão representados os catalisadores monometálicos de índio suportados em  $\text{ZrO}_2$ , após calcinação. O suporte puro, assim como os catalisadores, apresentou picos característicos da fase monoclinica (JCPDS PDF#13-0307). Devido à sobreposição dos picos do  $\text{In}_2\text{O}_3$  e da  $\text{ZrO}_2$ , é difícil identificar a fase característica do  $\text{In}_2\text{O}_3$ , mas pode-se relacionar os picos em

$2\theta = 30.58^\circ$  e  $35.45^\circ$ , aos planos (2 2 2) e (4 0 0) do óxido de índio (PDF#00-044-1087).

Na Figura 3-b, é possível observar os difratogramas de raios-X das amostras 2,5Ru-5In/ZrO<sub>2</sub> e 2,5Ru-10In/ZrO<sub>2</sub>, após redução/passivação. Não se pode confirmar a presença de rutênio nas amostras apenas pelas análises de DRX, pois todos os picos relacionados ao rutênio ficaram sobrepostos. Não é possível identificar picos referentes ao Ru<sup>0</sup> na posição  $2\theta = 38,579^\circ$ , assim como também não é possível identificar picos referentes a espécie RuO<sub>2</sub>, devido à sobreposição, nas posições  $2\theta = 28,289^\circ$ ,  $35,061^\circ$ ,  $40,173^\circ$  e  $54,382^\circ$  (JCPDS PDF#88-0322).

Foi possível observar que não houve muita diferença entre os difratogramas do suporte e dos catalisadores, indicando que houve uma boa dispersão da fase metálica ou que houve uma dificuldade de detecção das fases dos óxidos ou metálica devido à pequena quantidade de metal/óxido impregnado ou devido à sobreposição dos perfis.

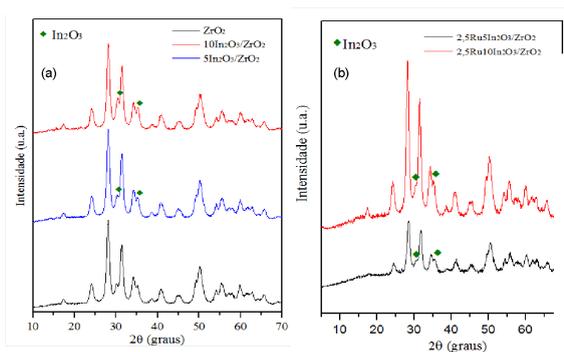


Figura 3 – Difratogramas para as espécies suportadas em m-ZrO<sub>2</sub>

## 2.2 TESTES CATALÍTICOS

A tabela 2 apresenta os valores obtidos na reação de hidrogenólise do glicerol em um reator do tipo PARR, utilizando

amostras do catalisador 2,5Ru-5In/ZrO<sub>2</sub> sintetizados. Este foi avaliado em termos de conversão do glicerol, e suas respectivas seletividades em função dos produtos formados, identificados a partir da cromatografia gasosa (GC-MS), e desconsiderando possíveis impurezas presentes no meio reacional.

Catalisador	Conversão (%)	Seletividade (%)		
		Propilenoglicol	Etilenoglicol	Acetol
2,5Ru-5In/ZrO <sub>2</sub>	21,4	96,7	0,7	2,6

Solução 20% (m/m) de glicerol em água; 1,0 g de catalisador; T = 180°C; P = 3,6 MPa; t = 12 horas; 600 rpm.

Tabela 2 – Testes catalíticos

## 3. CONCLUSÃO

A partir finalização da produção dos catalisadores e das análises, pode-se concluir que, de fato, foram atingidos os teores desejados teoricamente e que as sintetizações foram feitas corretamente. É possível afirmar que o primeiro teste feito na amostra de 5% de índio apresentou

resultados satisfatórios. Novas rodadas, no entanto, fazem-se necessárias.





**Engenharias**

**ANÁLISE PRÁTICA DA TÉCNICA DE APRENDIZADO FEDERADO APLICADA A DISPOSITIVOS DA INTERNET DAS COISAS**

**Ricardo Amorim Lundgren, Tadeu Nagashima Ferreira,**

**Diogo Menezes Ferrazani Mattos**

**Departamento de Engenharia de Telecomunicações/Escola de Engenharia/Laboratório MídiaCom**

**INTRODUÇÃO:**

O rápido desenvolvimento da internet e o aumento da quantidade de informações recebidas e transmitidas por dispositivos inteligentes e móveis, como smartphones, carros conectados e dispositivos de IoT, geraram uma demanda crescente por maior processamento de dados na borda da rede.

Sistemas de detecção de intrusão têm desempenhado um papel crucial na segurança e privacidade desses dispositivos, com o uso de aprendizado de máquina e aprendizado profundo se destacando pela alta precisão na classificação entre comportamentos normais e anômalos nas redes. No entanto, a maioria dos métodos de aprendizado de máquina utiliza um servidor centralizador que coleta informações dos usuários, o que aumenta o risco de vazamento de dados, muitas vezes sensíveis. Assim, a técnica de aprendizado de máquina conhecida como aprendizado federado tem atraído interesse devido à sua maior proteção à privacidade [1].

A técnica de aprendizado federado consiste em cinco etapas: **Inicialização**, em que o servidor central de parâmetros inicializa o modelo global e o distribui para os clientes participantes. **Treinamento local**, que ocorre nos dispositivos na borda da rede com base apenas nos dados locais. **Agregação do modelo**, em que os parâmetros de treinamento dos clientes são reunidos no servidor agregador para gerar um novo modelo global. Nessa etapa, utiliza-se uma estratégia de agregação, sendo a mais comum a média federada (*Federated Average - FedAvg*) [2], que otimiza o modelo global levando em consideração a quantidade de dados utilizados por cada cliente no treino de seus modelos locais [1]. **Atualização dos modelos locais**, em que o novo modelo global é compartilhado com os clientes na borda da rede. Essas etapas são repetidas até que o modelo atinja os resultados desejados em suas métricas de avaliação, promovendo maior privacidade e segurança para os usuários, uma vez que seus dados não são expostos diretamente na rede.

O objetivo desta pesquisa é a implementação de um modelo de Sistema de Detecção de Intrusão (IDS - *Intrusion Detection System*) que

emule o arcabouço sugerido em [3]. A estrutura é dividida em três etapas principais: o uso de um *autoencoder*, um modelo de classificação e um algoritmo de seleção de características, com o intuito de classificar ataques com base em comportamento anômalo por meio do sistema de detecção de intrusão.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Para o treinamento do *autoencoder*, foi utilizada a base de dados "CIC-IDS2017", amplamente empregada no treinamento de sistemas de detecção de intrusão. A base contém mais de 70 características que representam tráfegos normais e anômalos, sendo estes classificados em diferentes tipos de ataques.

O *autoencoder* funciona recebendo os dados de entrada em sua camada inicial, com o número de neurônios igual à quantidade de características utilizadas. Ele reduz a dimensionalidade ao diminuir o número de neurônios em suas camadas ocultas. Na camada de saída, o *autoencoder* reconstrói a informação, mantendo o número de neurônios da camada de entrada. O *autoencoder* utilizado possui uma estrutura com 77 neurônios na camada de entrada, seguida por uma camada oculta com 54 neurônios e uma camada central com 32 neurônios. Após essa etapa, há uma camada de 54 neurônios e, finalmente, uma camada de saída com 77 neurônios.

Para a avaliação da proposta foi desenvolvida uma rede simulada com 3 clientes de aprendizado federado sobre o *framework*

*Flower*, executando sobre a linguagem de programação *Python*. As figuras a seguir demonstram a função de custo e a acurácia em relação ao número de épocas. Cada 200 épocas representam um turno no treinamento federado, ilustrando a reconstrução dos dados de entrada após passarem pelo *autoencoder* em cada cliente.

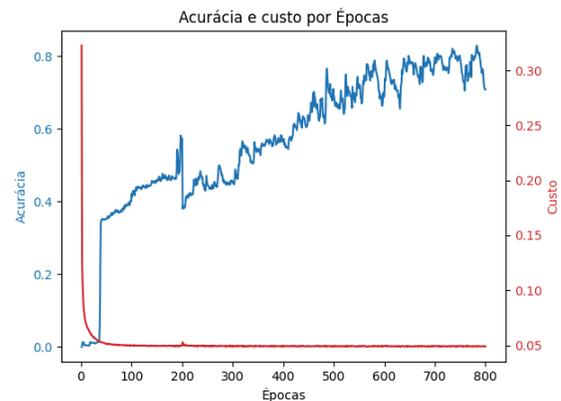


Fig.1: Acurácia e custo por épocas do cliente 1.

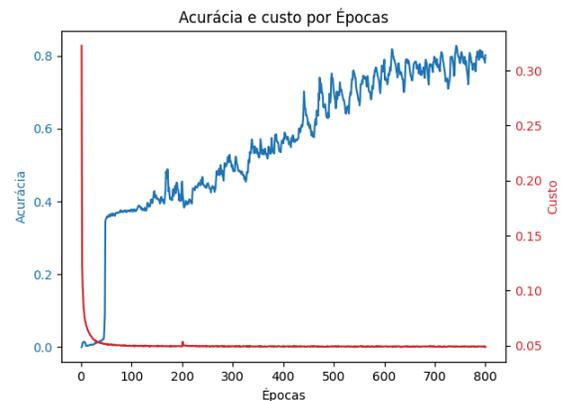
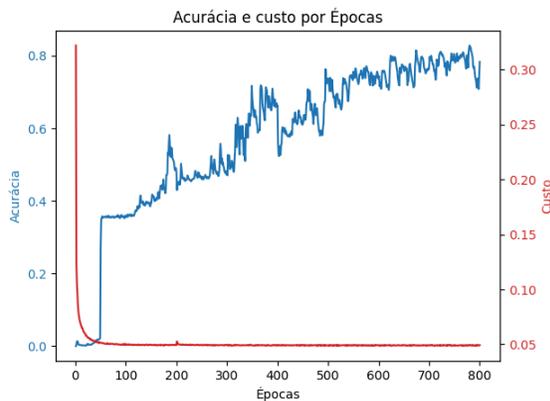


Fig.2: Acurácia e custo por épocas do cliente 2.



**Fig.3:** Acurácia e custo por épocas do cliente 3.

Por se tratar de um trabalho em desenvolvimento, a próxima etapa do experimento será a implementação de uma rede neural convolucional como classificador em sequência ao autoencoder, além da aplicação de técnicas de seleção de atributos. O objetivo é reduzir o número de características utilizadas, diminuindo o custo computacional causado pela maldição da dimensionalidade e reduzindo a chance de *overfitting*.

### CONCLUSÕES:

Os valores de reconstrução dos dados utilizando o *autoencoder* atingiram cerca de 80%. Os valores apresentados no início do treinamento, nas primeiras épocas, podem ser justificados pelos pesos iniciais da rede neural do *autoencoder*, que estavam bastante defasados. A rápida melhora na acurácia ocorreu nas primeiras 100 épocas, seguida por uma redução na eficácia do treinamento, o que era esperado.

Além disso, como próximos passos, destaca-se a possibilidade de utilizar o *autoencoder* como

um modelo de classificação semi-supervisionado. Isso seria viável, uma vez que o treinamento inicial considera todos os dados como normais, sem diferenciá-los entre anômalos e normais. Assim, ao ajustar um limite para o erro de reconstrução dos dados pelo *autoencoder*, seria possível identificar os dados anômalos. O fato de que os dados de ataques estão presentes em menor quantidade na base torna mais difícil a sua reconstrução pelo modelo, resultando em maiores erros, o que pode ser um indicativo eficaz de anomalias.

### AGRADECIMENTOS:

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq, CAPES, FAPERJ e RNP.





Engenharia / Tecnologia

## MODELAGEM ELASTOPLÁSTICA BASEADA EM IMAGENS DA MICROESTRUTURA DE MATERIAIS COM O MEF

Kaio Araujo Pereira, Pedro Cortez Fetter Lopes, Andre Maues Brabo Pereira

Instituto de Computação / LCC

### INTRODUÇÃO:

A modelagem computacional tornou-se uma ferramenta essencial para diversas áreas, especialmente na engenharia, onde o **Método dos Elementos Finitos (MEF)** é amplamente utilizado para analisar problemas mecânicos complexos. Esse método exige a discretização do domínio através de malhas, e a precisão dos resultados depende fortemente da qualidade dessas malhas. Com o avanço tecnológico, a **microtomografia computadorizada (microCT)** surge como uma técnica promissora para análises tridimensionais não destrutivas de materiais, sendo capaz de fornecer dados internos detalhados das amostras.

O projeto aqui descrito propõe a criação de um programa educacional que utiliza imagens obtidas por microCT para gerar malhas de elementos finitos e realizar análises elasto-plásticas de materiais. O principal objetivo é determinar as propriedades elásticas e a resistência de materiais estruturais a partir da microestrutura. Essa abordagem não só preenche uma lacuna existente na análise de materiais via microCT, como também apoia o

desenvolvimento de novas ferramentas computacionais para a engenharia.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A metodologia baseia-se na utilização de uma ferramenta preexistente, desenvolvida por estudantes, que gera malhas de elementos finitos a partir de imagens no formato **TIFF**. Esse gerador de malhas processa as imagens, identificando os elementos com base nas cores, o que permite a criação de uma malha que representa fielmente a microestrutura do material.

O processo de análise elasto-plástica foi conduzido em duas etapas principais: a criação da malha e a simulação de tensões e deformações. No simulador, o **MEF** é utilizado para realizar cálculos elasto-plásticos, abrangendo tanto o **estado plano de tensões** quanto o **estado plano de deformações**. Essas condições permitem avaliar o comportamento do material sob diferentes tipos de carregamentos, como deformações locais e grandes deslocamentos.

As análises elasto-plásticas baseiam-se no **Princípio dos Trabalhos Virtuais**, onde o trabalho das forças internas (elásticas e

plásticas) equilibra o trabalho das forças externas aplicadas. No regime elástico, o comportamento é linear, conforme a **lei de Hooke**. No entanto, quando o material ultrapassa o limite elástico, a análise torna-se não linear, exigindo a introdução de um termo de deformação plástica. O **critério de escoamento de von Mises** é utilizado para determinar o início da plastificação no material.

O código utilizado implementa a montagem das matrizes constitutivas e de rigidez, além da transformação das coordenadas naturais em coordenadas cartesianas. Essa conversão é essencial para o cálculo das deformações nos elementos do modelo. A função de derivadas isoparamétricas e a **matriz jacobiana** garantem uma integração precisa das tensões e deformações ao longo do domínio, utilizando **pontos de Gauss** para a integração numérica.

Durante os testes, o simulador demonstrou ser capaz de calcular as tensões e deformações nas malhas geradas a partir de imagens microCT. Na imagem gerada no final da execução, são mostrados os resultados obtidos, com uma comparação entre a deformação da malha original e a malha deformada sob carregamento. Além disso, o mapa de tensões destaca as regiões mais críticas, permitindo uma visualização clara do comportamento mecânico do material.

Os resultados confirmam a eficiência do simulador em realizar análises elastoplásticas com base em malhas geradas por imagens microCT. As deformações e tensões foram calculadas com precisão, e as áreas críticas de plastificação foram corretamente identificadas.

## **CONCLUSÕES:**

O desenvolvimento de uma ferramenta capaz de gerar malhas de elementos finitos a partir de imagens microCT, combinado com a análise elastoplástica via MEF, oferece uma contribuição significativa para o campo da **integridade estrutural**. O projeto demonstra que é possível automatizar a criação de malhas e realizar análises detalhadas do comportamento mecânico dos materiais, otimizando o processo de simulação e reduzindo a necessidade de testes experimentais extensivos.

O simulador desenvolvido mostra-se robusto, permitindo a avaliação precisa de materiais submetidos a diferentes condições de carregamento. A integração entre o gerador de malhas e o simulador elastoplástico proporciona uma plataforma abrangente para a modelagem de materiais complexos, preenchendo uma lacuna na análise estrutural baseada em microCT. Os resultados obtidos fornecem informações valiosas para o aprimoramento de projetos estruturais e para a análise da resistência de materiais.

Este projeto representa um avanço no uso de técnicas computacionais para a análise de microestruturas, trazendo uma ferramenta que pode ser expandida para outros campos da engenharia. As simulações realizadas contribuem para a compreensão de como as microestruturas influenciam o comportamento global dos materiais, permitindo otimizações em termos de resistência e durabilidade.

## **AGRADECIMENTOS:**

O aluno-bolsista expressa seu agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa, no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), processo 166561/2023-1.



n 1: Imagem



## Grande área do conhecimento: Engenharias

Título do Projeto: FASE SIGMA: NUCLEAÇÃO, DEFORMAÇÃO E CRESCIMENTO

GABRIEL CALDEIRA LOPES, GLÁUCIO SOARES DA FONSECA

VEM/ VMT/ PPGEM

### INTRODUÇÃO:

Atualmente, na vida cotidiana somos rodeados de materiais metálicos e principalmente aços de diferentes tipos e composições. É importante que a durabilidade desses materiais seja a máxima possível para aumentar o tempo de vida útil, segurança, utilidade, etc. Tendo em vista essas informações é necessário estudar a fundo como esses materiais se comportam, em nosso âmbito, mais precisamente o aço inoxidável. Existem cinco tipos de aço inox, são eles, Ferrítico, Martensítico, Austenítico, Duplex (ferrítico-austenítico) e endurecido por precipitação. (MACHROTERM, site da MACHROTERM, 2024).

A diferença deles está em sua composição e características físicas como dureza, ductilidade, magnetismo, resistência e outras. Mas neste relatório o foco estará voltado para o estudo do aço inoxidável duplex (AID). Há uma variação do tipo Duplex que se chama aço inoxidável superduplex (AISD), a diferença entre eles é sutil estando voltada para a parte da composição química, o que afeta diretamente suas características mecânicas e corrosivas. (MACHROTERM, site da MACHROTERM, 2024)

Esse tipo de aço inox é um excelente candidato para construções navais, indústrias químicas e petroquímicas por sua baixa capacidade de oxidação. Porém este material quando aquecido, tende a formar precipitados de novas fases. Esses precipitados são prejudiciais às propriedades do aço, pois alteram sua microestrutura, reduzindo a resistência à corrosão e a tenacidade (MARTINS; CASTELETTI, 2007).

Uma fase importante nesse estudo é a fase sigma, uma fase intermediária que tem um grande impacto negativo nas propriedades mecânicas do material (Tratamentos Térmicos dos Aços, Álvaro D'Oliveira e Gerson Santos). O objetivo dessa pesquisa é estudar a fundo a velocidade de formação desta fase sigma, juntamente com o comportamento da fase quando a amostra é submetida a conformações mecânicas. Para tal existem modelos de estudo criados com o intuito de estudar a formação de uma nova fase a partir de contornos de grão, visando investigar as faces, vértices e arestas do grão.

Para uma análise mais minuciosa da formação desta fase sigma, será utilizado o modelo de nucleação elaborado por Cahn, (Cahn, J. W. (1961). Theory of Crystal Growth and Nucleation. Acta Metallurgica, 9(9), 786-793.) e

os estudos de JMAK (Kolmogorov AN. The statistics of crystal growth in metals. *Isvestiia Akademii Nauk SSSR - Seria Matematicheskaiia*. 1937; 1: 333-359.) que possibilitam entendermos muito bem como o material se comporta. Neste modelo, há 3 equações que regem a aparição desta nova fase, que chamaremos de sigma. São elas:

$$V_v = 1 - e^{-2S_v r}$$

$$V_v = 1 - e^{-\pi L_v r^2}$$

$$V_v = 1 - e^{-\frac{4}{3}\pi C_v r^3}$$

$V_v$  é a fração volumétrica da fase sigma,  $S_v$  é a área do contorno de grão, o comprimento da aresta é dado por  $L_v$  e  $C_v$  representa o número de vértices do grão.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

### SEM ECAP

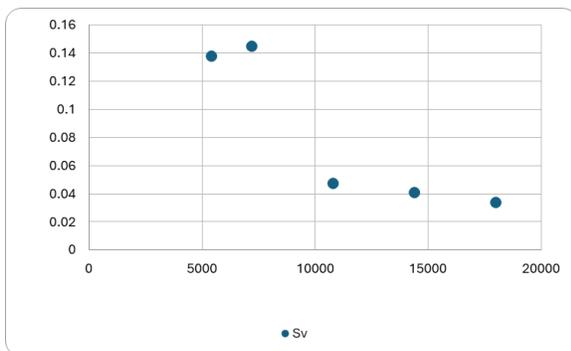


Figura 1 –  $S_v$  x tempo

$$Sv(t) = 16039 x^{-1,343}$$

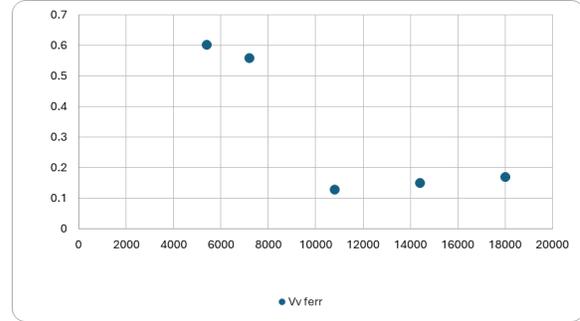


Figura 2 –  $V_v$  x tempo

$$Vv(t) = 47272 x^{-1,314}$$

Como:

$$G(t) = \frac{1}{Sv} \frac{dVv}{dt}$$

$$R(t) = \int G(t) dt$$

$$G(t) = -3,87x^{-0,971}$$

$$R(t) = -133,44x^{0,029}$$

Comparando com o gabarito de nucleação ( Fig 3), é possível ver que a fase de estudo se forma nos vértices da célula unitária. Lembrando que o R calculado é para o desaparecimento da fase ferrita. Aqui, a suposição é que o aparecimento da fase sigma é igual ao desaparecimento da fase ferrita. Logo o r aplicado nos modelos apresentado na introdução é igual ao R calculado, mas com sinal positivo.

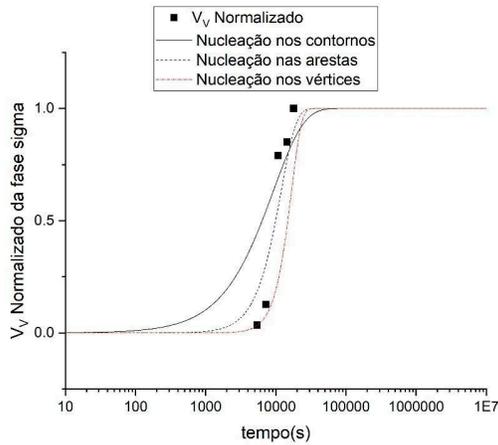


Fig.3 – Vv normalizado da fase sigma versus os modelos de Cahn

Com ECAP

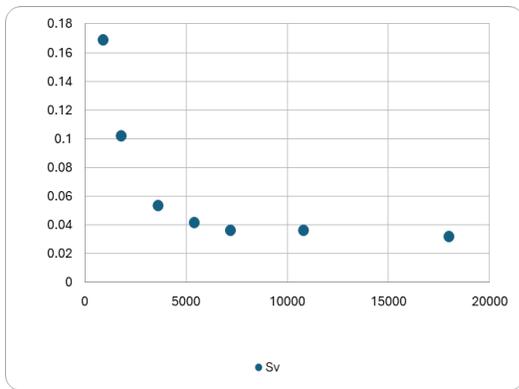


Fig 4. Sv x tempo

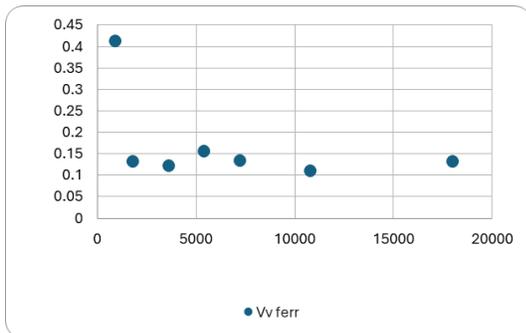


Fig. 5 – VV x tempo

$$Sv(t) = 7,515 x^{-0,582}$$

$$Vv(t) = 2,0245 x^{-0,305}$$

$$G(t) = -0,08217x^{-0,723}$$

$$R(t) = -0,2966x^{0,277}$$

Aplicando os modelos citados anteriormente na Introdução, mas JMAK:

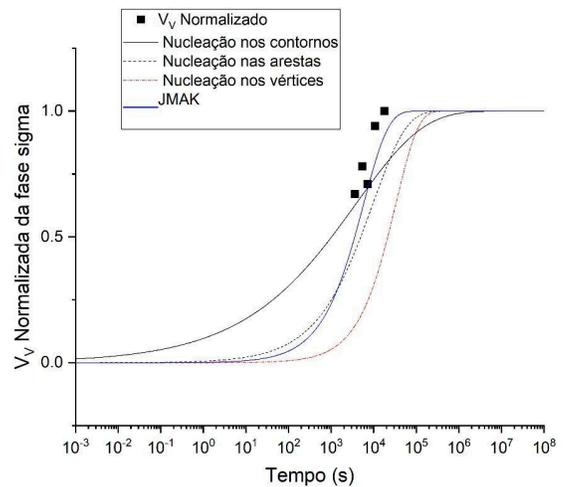


Fig. 6 – Vv normalizado da fase sigma versus os modelos de Cahn e JMAK

É nítido que, após a deformação plástica, sigma se forma em uma nova região da célula unitária, passando de vértices (SEM ECap\_ Fig3) para as arestas ( COM ECAP. Fig 6.)

**CONCLUSÕES:**

Com estes dados apresentados é possível entender que a ocorre uma transformação nas fases com o aquecimento do material a 800°C no decorrer do tempo. No primeiro momento, em que as amostras estão sem a deformação, a fase sigma começa a se formar em torno de 2h,

em contrapartida quando a amostra sofre deformação pelo ECAP a fase começa a se formar entre 15 e 30 minutos. Ou seja, com este processo feito pelo ECAP as amostras ficam mais suscetíveis ao aparecimento desta nova fase, que enfraquece e torna o aço inox menos eficiente. Também é importante citar que a deformação plástica atuou na mudança de estrutura atômica do material, fazendo com que o surgimento de sigma ocorresse em uma região diferente

### **AGRADECIMENTOS:**

Ao CNPQ pela bolsa de IC



## Engenharias

### UM ESTUDO SOBRE EMBARCAÇÃO AUTÔNOMA PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Victor Freire de Oliveira (IC), Daniel Henrique Nogueira Dias (Orientador)

Departamento de Engenharia Elétrica/Escola de Engenharia/

Núcleo de Inovação Tecnológica em Engenharia Elétrica (NITEE)

#### INTRODUÇÃO:

O monitoramento da água é uma prática essencial para garantir não só o controle e o bom desenvolvimento industrial de setores que utilizam e atuam com corpos hídricos, como também a preservação de ecossistemas e a saúde pública. Assim, são utilizados ainda alguns métodos tradicionais para coleta de dados, tais quais exigem a preparação de uma operação que necessita de mão de obra, possui custo elevado, necessita de tempo para amostragem ser feita de forma manual e possuía uma cobertura reduzida. Nesse contexto, o uso de tecnologias autônomas tem se demonstrado uma adição e alternativa promissora para essas operações, promovendo melhorias no processo de monitoramento pela sua simplificação do processo através da diminuição da mão de obra envolvida, autonomia e adaptação de suas aplicações. Para fazer este estudo foi utilizado a embarcação autônoma elétrica Innoboat (Figura 1) cujo objetivo é o monitoramento da qualidade de água através do uso de sondas que avaliam propriedades do corpo hídrico, como pH e

temperatura. Este veículo elétrico (VE) está sendo projetado e desenvolvido pela startup Innomaker, incubada dentro da Universidade Federal Fluminense (UFF).



Figura 1 - Barco Innoboat

Neste trabalho será abordado um dos diversos aspectos do sistema que compõem uma embarcação autônoma elétrica, o sistema de armazenamento de energia da embarcação. Um sistema de armazenamento de energia pode ser composto por alguns itens diferentes, tendo como seu principal item a bateria. Assim, existem diversos tipos de baterias, com composições químicas distintas, que podem ser

utilizadas em Veículos Elétricos (VEs) como Chumbo-Ácido, Níquel-Hidreto Metálico e Lítio-íon, cada uma possuindo suas respectivas propriedades, formas de utilização, vantagens e desvantagens. Dentro da embarcação Innoboat o sistema de armazenamento utiliza uma bateria de Lítio-íon, ponto central de estudo e trabalho deste projeto. Tal sistema de armazenamento demonstrava problemas e complicações os quais exigiam um estudo priorizado pois inviabilizava o desenvolvimento e testes da embarcação. Tendo isso em vista, o objetivo do trabalho é o estudo, manutenção do sistema de armazenamento da embarcação elétrica autônoma Innoboat e assim relatar os procedimentos empregados, as soluções desenvolvidas e as conclusões tiradas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Foram utilizadas algumas técnicas de caracterização da bateria para identificar seus problemas e para os solucionar foram feitos balanceamentos manuais em strings da bateria com valores de tensão distantes uns dos outros para aproximá-las e troca de células com Estado de Saúde, ou State of Health (SoH), precário. Nas figuras 2, 3 e 4 é demonstrada a dados de um teste de descarga na bateria antes de ser interrompido pelo BMS devido o desbalanceamento das células.

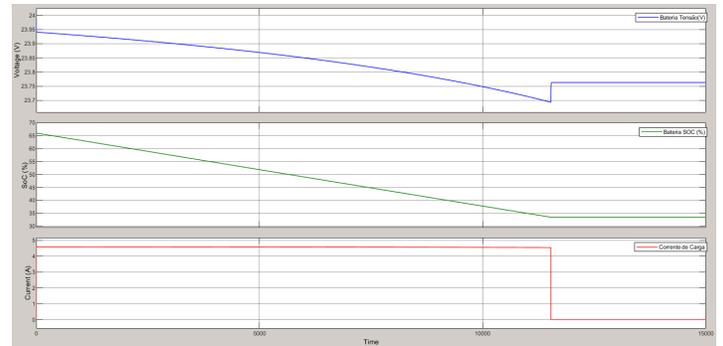


Figura 2 - Teste de Descarga da Bateria pré-manutenção

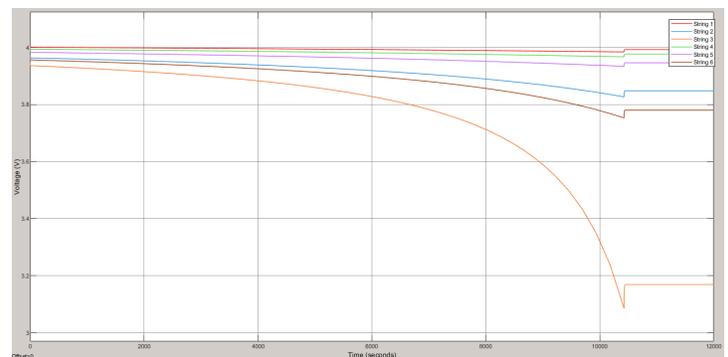


Figura 3 - Tensão das Strings durante o descarregamento da bateria pré-manutenção

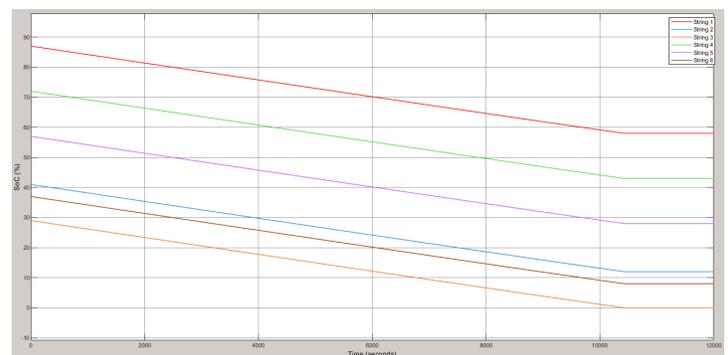
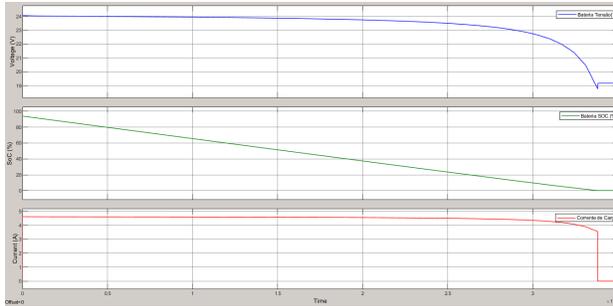
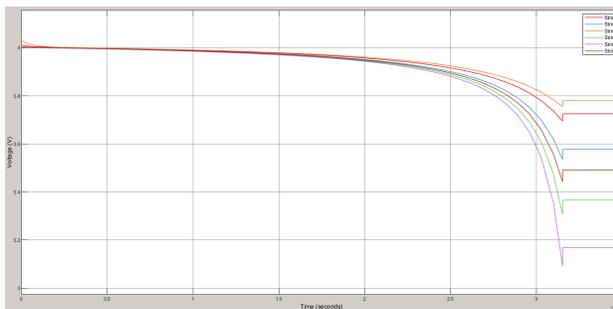


Figura 4 - SoC (%) das Strings durante o descarregamento da bateria pré-manutenção

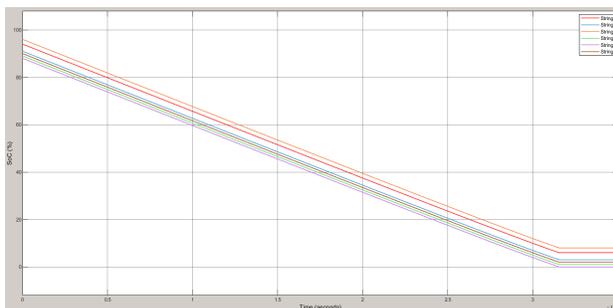
Já nas figuras 5, 6 e 7 o mesmo teste de descarga foi feito, porém, pós-manutenção e técnicas empregadas para melhorar o funcionamento da bateria.



*Figura 5 - Teste de descarga da bateria pós-manutenção*



*Figura 6 - Tensão das Strings durante o descarregamento da bateria pós-manutenção*



*Figura 7 - SoC (%) das Strings durante o descarregamento da bateria pós-manutenção*

Com os balanceamentos feitos de forma manual e as strings defeituosas substituídas, os testes foram refeitos, seguindo a mesma metodologia, para caracterizar a bateria e identificar a solução dos problemas. Com os resultados demonstrados nos testes de descarga pré e pós manutenção, é possível notar que a bateria opera bem mais próximo de seus limites de tensão, fornecendo assim mais energia armazenada antes da atuação do BMS.

## CONCLUSÕES:

Na primeira parte do projeto, foi concluído que o BMS está funcionando de forma apropriada, porém a bateria demonstrava problemas de desbalanceamento. Assim, é necessário a manutenção da bateria para operação adequada do sistema. Com isso, com as pesquisas referentes ao funcionamento e características de bateria a base de lítio e identificação dos problemas, o próximo passo do projeto foi encontrar formas de solucionar esses problemas de desbalanceamento detectados. Para isso, foi feita a troca completa das strings com os piores State of Health (SoH), que foram identificadas, por strings com células novas. A substituição por células novas é importante, uma vez que manter células muito próximas de seus limites operacionais reduz a faixa de operação da bateria como um todo. Além disso, foi feito o balanceamento manual de todas as strings da bateria, assim como os testes de caracterização, confirmado seu funcionamento ideal.

Através destes resultados, é possível concluir que a bateria se encontra em um melhor estado de operação, onde é possível acessar uma maior parcela de energia sem risco de interrupção elétrica através do BMS. Porém, esse método de balanceamento de baterias não é o ideal pois com a bateria lacrada e instalada em campo, não é possível reproduzir essa técnica.

Assim, existem equipamentos BMS no mercado que possuem funções de balanceamento utilizando diversos tipos de técnicas. Como por

exemplo, o balanceamento passivo, que é feito através dissipação de energia por resistores, e o balanceamento ativo, feito através de transferência de energia entre strings com o uso de capacitores.

### **AGRADECIMENTOS:**

O primeiro autor gostaria de agradecer ao grupo NITEE por toda a capacitação provida e principalmente ao Orientador Daniel Dias e Dr Alexandre Bitencourt cujos foram de essencial colaboração e instrução para a realização do trabalho. Também à Innomaker a qual disponibilizou a bateria a ser trabalhada nesse projeto. Além dos agradecimentos para a UFF, CNPq e PROPPi pelo auxílio financeiro durante o tempo de projeto.





**Engenharias**

**INTENSIFICAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS DA  
INDÚSTRIA PETROQUÍMICA ENVOLVENDO SEPARAÇÃO DE  
BENZENO**

**Fernanda Ribeiro Figueiredo**

**Diego Martinez Prata**

**Escola de engenharia/ Departamento de Engenharia Química**

**e de Petróleo**

**INTRODUÇÃO:**

Com o progresso técnico-científico, novas tecnologias são criadas para atender as demandas sociais e melhorar a qualidade de vida da população. Nesse contexto, novas plantas químicas são construídas, enquanto as já operantes são melhoradas em prol do desenvolvimento industrial. Frequentemente, os processos produtivos necessitam de etapas de separação, sendo as colunas de destilação muitas vezes utilizadas para este fim. Essas são conhecidas por serem energeticamente intensivas, sendo responsáveis por mais de 50% do custo operacional da planta. Com isso, estudos recentes têm averiguado diferentes estratégias para aumentar a eficiência dessa operação, reduzir seus gastos e fomentar uma produção mais ecológica (DE MIRANDA *et al.*, 2024).

A intensificação de processos (IP) representa um conjunto de técnicas de engenharia aplicadas à diferentes atividades produtivas para otimizar e aumentar a rentabilidade de sistemas químicos presentes na indústria. Dentre as estratégias relatadas na literatura, duas tecnologias se destacam, a

recompressão de vapor (VR) e a destilação duplo efeito (DED). A primeira consiste em aproveitar o calor removido no condensador para suprir parcial ou totalmente a energia requerida no refeedor. Já a segunda se baseia no aproveitamento do vapor de topo de uma coluna que opera a uma pressão mais elevada para prover o calor necessário para o refeedor de outra coluna que trabalha numa menor pressão. Tais técnicas podem melhorar a eficiência de operação, favorecendo o progresso econômico e ambiental.

Nesse íterim, o presente trabalho visa avaliar o potencial das tecnologias de DED e VR aplicadas ao processo convencional (PC) de separação do monoclorobenzeno (MCB) descrito por Seider *et al.* (2016). Foram propostas quatro novas configurações, cujos resultados foram analisados e comparados para destacar as diferenças em termos de sustentabilidade e viabilidade técnico-econômica de cada uma delas.

**METODOLOGIA:**

Este estudo utilizou uma metodologia teórico-computacional, aplicando o *software* UniSim® Design Suite versão R490 para



de retorno é requerido, de modo que a VRHI se torna viável apenas num período de 10 anos.

Figura 2: Gráfico radar da Ecoeficiência dos processos.

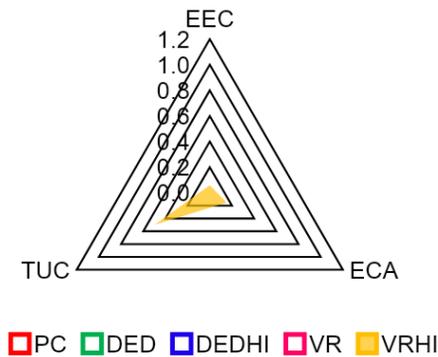
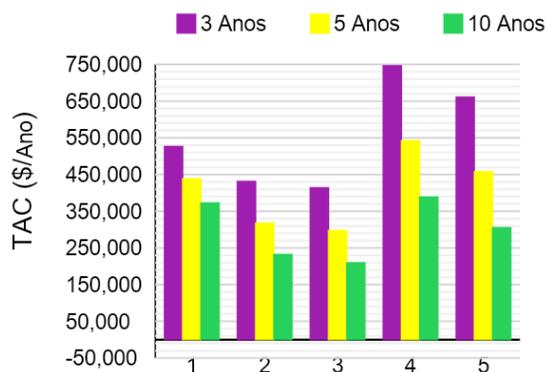


Tabela 2: Resultado da ecoeficiência.

	PC	DED	DEDHI	VR	VRHI
Área do gráfico	1.299	0.291	0.200	0.316	0.05
<b>ICE (%)</b>	<b>0</b>	<b>77.57</b>	<b>84.57</b>	<b>75.67</b>	<b>96.21</b>

Figura 3: Gráfico do TAC de cada conformação em três diferentes períodos.



## CONCLUSÕES:

Neste trabalho foi estudado o potencial das estratégias de VR e DED com/sem integração energética aplicadas ao processo de purificação do MCB.

Os resultados mostraram que a configuração VRHI teve o melhor desempenho ambiental, enquanto a DEDHI se destacou por ser mais vantajosa economicamente. Isso ressalta a importância da intensificação de processos perante decisões de *retrofit* e *revamping* de plantas em operação mundo a fora, instigando uma indústria mais limpa e rentável.

## AGRADECIMENTOS:

Agradecemos ao PIBIC, ao CNPq e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação pela oportunidade.

## REFERÊNCIAS:

DE MIRANDA, T.C.R.D., FIGUEIREDO, F.R., DE SOUZA, T.A., AHÓN, V.R.R., PRATA, D.M. Eco-efficiency analysis and intensification of cryogenic extractive distillation process for separating CO<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> azeotrope through vapor recompression strategy. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, v. 196, 109636, 2024.

FIGUEIREDO, F.R.; PAIVA, A.P.R.; SANTOS, R.O. dos; MAIA, M.P.; PRATA, D.M. Eco-efficiency analysis and intensification of the monochlorobenzene separation process through double-effect strategy. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, v. 197, 109709, 2024.

SEIDER, W.D., LEWIN, D.R., SEADER, J. D., WIDAGDO, S., GANI, R., MING Ng, K. *Product and*

Process Design Principles: Synthesis, Analysis and Evaluation. 4<sup>a</sup> ed., John Wiley & Sons, 2016.





**Grande área do conhecimento:** Engenharias

**Título do Projeto: DIAGNÓSTICO HIDRO-AMBIENTAL DO SISTEMA LAGUNAR MARICÁ-GUARAPINA COMO SUBSÍDIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**Autores:** Raiane Oliveira Serra Campos

Rodrigo Amado Garcia silva

**Laboratório/Departamento:** LABCOST - Laboratório de Modelagem de Processos Costeiros / Departamento de engenharia Agrícola e Meio Ambiente

**INTRODUÇÃO:**

O Sistema Lagunar de Maricá-Guarapina, localizado no município de Maricá-RJ, é um sistema lagunar sensível, por ser influenciado por fatores naturais como chuvas, ventos e marés, além de intervenções humanas que acabam interferindo no meio ambiente, especialmente a urbanização crescente na região. Esse sistema é composto por quatro lagunas costeiras: Maricá, Barra, Padre, e Guarapina, e a sua área total de espelho d'água compreende entre 34 km<sup>2</sup> a 38 km<sup>2</sup> (Cruz e Carvalho, 1996; Ana, 2017), porém todo o complexo lagunar possui baixa profundidade. A única conexão significativa com o mar é o Canal de Ponta Negra, situado na Lagoa de Guarapina, no extremo leste do sistema.

Durante períodos de chuvas intensas, a estrutura do terreno favorece alagamentos na cidade, levando a prefeitura a adotar medidas emergenciais, como a abertura do Canal da Barra para controlar as cheias, que é uma conexão marítima intermitente situada ao sul da Lagoa da Barra. No entanto, essa medida é temporária, pois o canal é rapidamente

assoreado pelos sedimentos transportados pelas ondas. (Barrocas et. al, 2019).

A pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade hidroambiental do Sistema Lagunar Maricá-Guarapina para apoiar a gestão de recursos hídricos. O estudo foi desenvolvido por meio de modelagem computacional, de modo a identificar os problemas existentes. Análiseu-se a circulação hidrodinâmica e a renovação das águas deste sistema lagunar, com e sem abertura do Canal da Barra.

Este estudo faz parte do projeto “Diagnóstico Hidro-Ambiental de Sistemas Lagunares do Estado do Rio de Janeiro como Subsídio à Gestão de Recursos Hídricos”, coordenado pelo Prof. Rodrigo Amado junto à FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro. Ao final do projeto, as informações geradas nesta pesquisa de iniciação científica serão disponibilizadas ao público por meio de uma plataforma online.

O projeto tem como base o uso de dados ambientais compilados, onde foram encontradas informações sobre cotas batimétricas da região marítima adjacente às lagoas e foram obtidas no sítio eletrônico do CHM – Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil

(<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-seg-na-av/cartas-raster>). Além disso, a modelagem numérica foi realizada pelo software SisBaHiA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental (Rosman, 2019), e a partir deste software foram feitas toda a análise e diagnóstico Hidro – Ambiental. Além disso, o projeto tem como embasamento artigos, teses e dissertações sobre a lagoa e o relatório sobre o Sistema Lagunar Maricá – Guarapina disposto do site Baías do Brasil, disponível em <https://www.baiasdobrasil.coppe.ufrj.br/>.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Comparando os cenários estudados, percebe-se que a abertura do Canal da Barra resultou em uma diminuição expressiva na idade da água na Lagoa da Barra. No cenário 1, o tempo de renovação da água era de 55 dias, enquanto no cenário 2, esse período foi reduzido para menos de 20 dias. A Lagoa do Padre também mostrou uma melhora na idade da água, com a renovação passando de 35 dias para aproximadamente 25 dias. As outras duas lagoas também registraram melhorias: a Lagoa de Guarapina teve uma redução de cerca de 5 dias no tempo de renovação, enquanto a Lagoa de Maricá apresentou uma diminuição de aproximadamente 10 dias. Abaixo, é possível visualizar espacialmente todos os dados extraídos da série temporal das lagoas, mostrando como o complexo lagunar se renovou após 90 dias, do cenário 1 para o cenário 2.

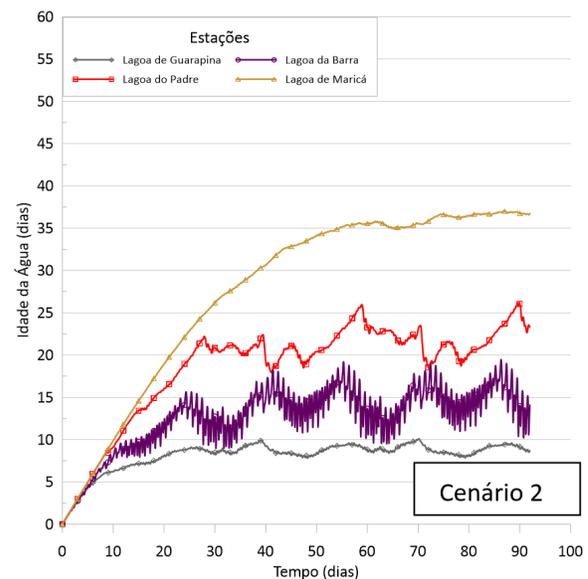
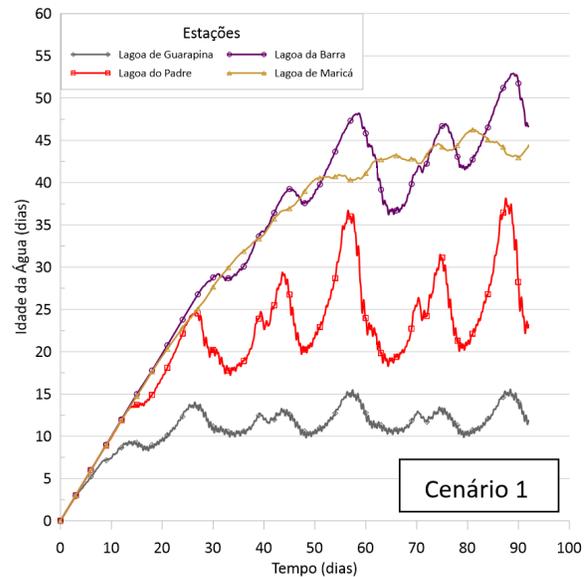


Imagem 1: Variação temporal da Idade da água nos cenários 1 e 2 em cada lagoa.

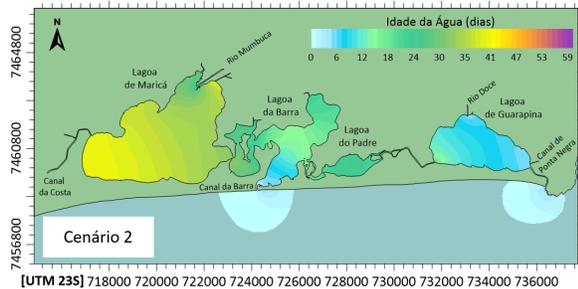
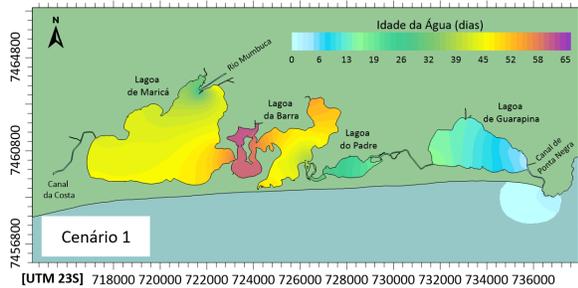


Imagem 2: Variação espacial da Idade da água nos cenários 1 e 2 em cada lagoa.

## CONCLUSÕES:

Com a análise dos resultados gerados pelo modelo hidrodinâmico, foi possível identificar e constatar as diferenças nas velocidades e elevações entre os períodos de maré de sizígia e maré de quadratura. Após a preamar, ocorre a baixa mar, que é quando ocorre o fluxo de água do sistema lagunar para o mar. Nos cenários estudados, o sistema lagunar Maricá - Guarapina apresenta uma elevada perda de carga nos canais de ligação entre as lagoas que amortecem significativamente as marés, e os afluentes que alimentam as lagoas não possuem vazões consideráveis para renovar as águas totalmente. Por isso, principalmente na lagoa da Barra, no meio do sistema, a idade da água é mais elevada em relação às outras lagoas.

No segundo cenário, foi realizada a abertura vitalícia do canal da Barra, o que auxiliou

significativamente na troca de água nas lagoas, especialmente naquelas que, no primeiro cenário, apresentavam problemas de renovação. Assim, conclui-se que essas intervenções são importantes para que o sistema lagunar Maricá-Guarapina possa apresentar bons níveis de renovação de água, influenciando positivamente o bem-estar social, ambiental e econômico proporcionado por esse importante corpo hídrico.

## REFERÊNCIAS:

ANA. Hidroweb. 2017. Disponível em : <hidroweb.ana.gov.br.>

CRUZ, C. B. M.; CARVALHO, W. Impactos Ambientais No Sistema Lagunar Maricá - Guarapina. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1996.

BARROCAS, F. M. ; PRADEL, A. B. B. F. ; SILVA, R. A. G. ; GALLO, M. N. Abertura do Canal da Barra como Medida de Mitigação de Cheias em Maricá-RJ. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz do Iguaçu. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

ROSMAN, P. C. C. Referência Técnica do SisBaHiA®. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2019.

ROSMAN, P. C. (2007). Estudos de Hidrodinâmica Ambiental para Desenvolvidos na APA do Sistema Lagunar de Maricá. Engenharia Costeira & Oceanográfica COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.





**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**Título do Projeto: UM ESTUDO SOBRE DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO BASEADO EM LIMITADOR DE CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO HÍBRIDO**

**Autores: Davi Lemos Henriches; Yuri Barbosa Couto; Victor da Silva Monteiro; Guilherme Gonçalves Sotelo**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Engenharia Elétrica /**

**Departamento de Engenharia Elétrica / Núcleo de Inovação Tecnológica em Engenharia Elétrica (NITEE)**

## **INTRODUÇÃO:**

O aumento da demanda por energia e a integração de novas fontes de geração distribuída no Sistema Elétrico de Potência (SEP), o que tem elevado os níveis de curto-circuito, especialmente em pontos de conexão dessas novas unidades. Os curtos-circuitos são apontados como a principal causa de desligamentos não programados, gerando correntes transitórias que podem danificar equipamentos e ameaçar a segurança.

É importante destacar a necessidade de novas técnicas para limitar os níveis de curto-circuito, mencionando que, no Brasil, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) está mobilizado para encontrar soluções. Um equipamento que tenta mitigar problemas gerados com a ocorrência de faltas na rede é o Limitador de Corrente de Curto-Circuito (LCC).

O LCC detecta rapidamente correntes anormais e limita-as, protegendo equipamentos e evitando interrupções no fornecimento de

energia. O projeto explora o funcionamento do LCC por meio de modelagem e simulação em software.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

A metodologia aplicada envolve o estudo do LCC utilizando os softwares PSCAD e Typhoon HIL para simulação e análise. Primeiramente, uma revisão bibliográfica foi realizada para investigar as diferentes topologias de LCC, como reatores limitadores de corrente, fusíveis, limitadores supercondutores e aqueles que utilizam eletrônica de potência.

O algoritmo de detecção de falta utiliza o sistema por unidade (pu) para facilitar a análise da corrente antes e após o curto-circuito. Para isso, foi definida uma potência nominal de 2 MVA e uma tensão linha de 13,8 kV no sistema modelado no PSCAD, resultando em uma corrente nominal de 118,33 A, usada como referência para condicionar os sinais de entrada do controle.

A detecção de curto-circuito é feita ao comparar a componente fundamental da corrente com um limite predefinido. Para estimar a amplitude da corrente, foi aplicada a Transformada Rápida de Fourier (FFT), que permite decompor o sinal de corrente em suas componentes de frequência e identificar a frequência fundamental. Dessa forma, a amplitude é calculada e comparada com uma constante predeterminada para a limitação. Caso seja superior, o LCC entra em ação e ativa o reator no circuito elétrico para atuar na redução da corrente.

Os resultados obtidos no software PSCAD mostram claramente a eficácia do LCC. Na Figura 1, o gráfico de corrente em pu sem a atuação do limitador revela que, durante o curto-circuito, a corrente atinge até 10 vezes o valor da corrente nominal, o que pode causar sérios danos aos equipamentos do sistema. Já na Figura 2, com o limitador em operação, observa-se uma redução significativa da amplitude da corrente após o curto, mantendo-se em torno de 2 pu.

Essa comparação demonstra que a atuação do limitador é capaz de reduzir drasticamente os impactos de um curto-circuito, protegendo o sistema e os componentes de sobrecorrentes perigosas. A redução da corrente para um valor muito mais controlado (2 pu) indica que o limitador desempenha um papel crucial na mitigação de danos e no aumento da segurança do sistema elétrico.

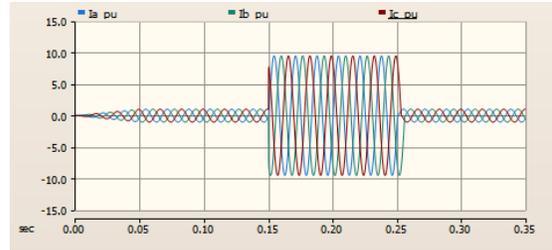


Figura 1 Gráfico da corrente em pu sem a atuação do limitador

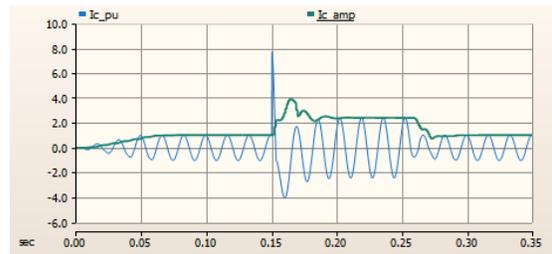


Figura 2 Gráfico da corrente e estimação da fase C

Em relação ao tempo de detecção, verifica-se, a partir do gráfico da Figura 3, que o algoritmo foi capaz de identificar o curto-circuito após um tempo de 3 ms. Esse tempo de detecção pode ser considerado rápido em termos do sistema de proteção, porém ainda está acima do ideal em relação ao tempo que a chave IGBT suporta uma corrente elevada (1 ms para 600 A).

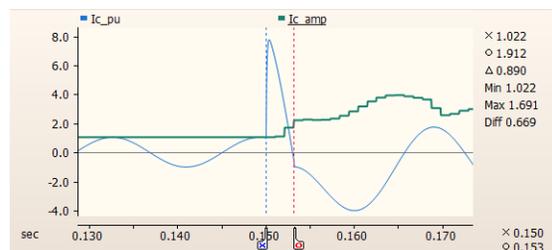


Figura 3 Gráfico da corrente da fase C com tempo de detecção

Na simulação realizada no Typhoon HIL, sem a atuação do limitador, a corrente de curto-circuito

atinge um pico de 9,28 pu, cerca de 9 vezes o valor nominal. Com o limitador em operação, a corrente é reduzida para aproximadamente 1 pu, demonstrando sua eficácia em proteger o sistema, limitando as correntes de curto a níveis seguros.

A diferença entre os curtos é observada na Figura 4, onde é possível ver as correntes sem a presença do limitador, passando somente pelo by-pass, em vermelho, e as com a presença do limitador, em azul e verde, sendo essas as correntes que atuam no reator e na chave IGBT respectivamente.

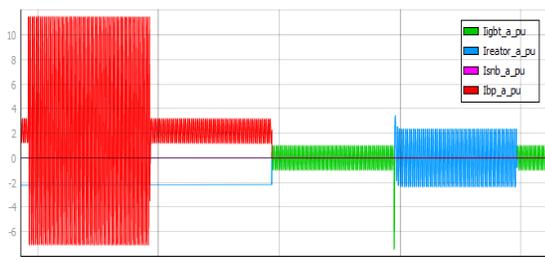


Figura 4 Correntes em pu ao longo do tempo com e sem a atuação do limitador

A atuação do limitador antes, durante e após o curto é mostrado na Figura 5 e na Figura 6, inferindo que o tempo de resposta para limitar o curto seria de aproximadamente 13 milissegundos. Utilizando uma estratégia de controle simples, e devido à Transformada de Fourier ser um processo demorado computacionalmente, os resultados estão, portanto, dentro do esperado.

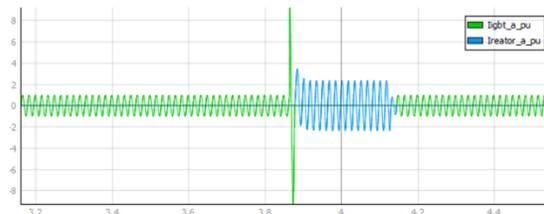


Figura 5 Correntes do IGBT e do reator com influência do curto

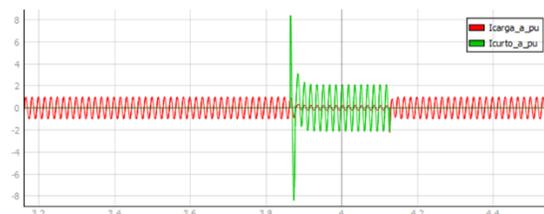


Figura 6 Correntes da carga e do curto

## CONCLUSÕES:

Foram feitas simulações de LCC nos softwares PSCAD e Typhoon HIL. Ambos os resultados ficaram dentro do esperado, com a limitação ocorrendo com sucesso. Novas estratégias de controle precisam ser testadas para aprimorar o controle e a atuação do dispositivo de proteção

Para futuras pesquisas, será estudada a topologia do Limitador de Corrente de Curto-Circuito Híbrido, com simulações no PSCAD ou Typhoon HIL. A modelagem da fita supercondutora também será explorada no software COMSOL, visando obter um modelo matemático que descreva seu comportamento.

## AGRADECIMENTOS:

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil e da Universidade Federal Fluminense – UFF.





**Grande área do conhecimento:** 3.00.00.00-9 Engenharias

**Título do projeto:** EFEITO DE PARTÍCULAS DE SÍLICA NA FORMAÇÃO DE HIDRATOS DE GÁS DE METANO

**Autores:** Davi Guilherme de Souza e Silva, Leticia Vitorazi, José Adilson de Castro

**Departamento/Unidade/Laboratório:** Departamento de Engenharia Mecânica, UFF - Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, Laboratório de Fluidos e Termociências

## **INTRODUÇÃO:**

Hidratos de gás são sólidos formados por moléculas de gás e água em condições de baixa temperatura e pressão [1]. A sua formação depende das condições físicas do sistema, portanto, aumentando a temperatura ou diminuindo a pressão de um sistema pode afetar a formação. A composição química também afeta a formação de hidratos, por exemplo, a adição, de sais, surfatantes, emulsificantes [2].

Alguns aditivos podem minimizando ou favorecendo a formação de hidrato. Os aditivos que minimizam a formação do hidrato dessa maneira são conhecidos como inibidores termodinâmicos. Exemplos são os sais inorgânicos, álcoois e glicóis que geralmente são aplicados em cerca de 10-50% [3]. Outros aditivos podem alterar a cinética do processo de formação dos hidratos, atuando nas etapas de nucleação e de crescimento de cristais de hidratos. Esses componentes são geralmente usados em baixa concentração, cerca de 3% [2] e polímeros [4], nanopartículas e surfactantes podem ser citados como exemplos dessa classe.

Neste projeto objetivou-se estudar o efeito de partícula de sílica na formação de

hidrato de gás metano e fazer um estudo sobre o efeito da concentração na inibição de hidrato.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

As nanopartículas de sílica foram sintetizadas pelo processo Stober, baseada em estudos anteriores com modificações [5]. A síntese foi realizada utilizando água ultrapura aquecida a 45°C, na qual foi adicionado o surfactante brometo de dodeciltrimetilamônio (CTAB). Posteriormente, foi adicionado hidróxido de sódio e TEOS (ortossilicato de tetraetila). A solução foi agitada por 15 minutos e verificou-se a formação de uma dispersão opaca. O material foi mantido por sob aquecimento e o sólido foi recuperado por filtração. O sólido foi seco em uma estufa e calcinado.

Nos experimentos realizados para formação dos hidratos de gás utilizou-se uma célula de alta pressão da Hydrafact ltd (Reino Unido) composta por cilíndrico fabricado em liga inconel C-276 com volume interno de 290 mL, com agitação promovida por uma haste em hélice. A temperatura no interior da célula é mantida constante por um banho e monitorada por um termopar [4].

As concentrações de sílica testadas foram 0,005%, 0,01% e 0,02%, com resultados comparados aos obtidos com água pura. O estudo revelou que a concentração de 0,01% foi a mais eficaz, dobrando a quantidade de hidratos formados em relação à água pura, enquanto as outras concentrações apresentaram comportamento similar ao da água ultrapura.

### **CONCLUSÕES:**

Os resultados mostraram que a adição de sílica na concentração de 0,01% teve um efeito significativo na indução da formação de hidratos de metano, aumentando a quantidade formada e acelerando o tempo para alcançar o equilíbrio. Essa concentração mostrou-se a mais eficaz em comparação com outras concentrações testadas e com a água pura, tornando-se promissora como inibidora cinética. As concentrações de 0,005% e 0,02% tiveram comportamentos semelhantes ao da água ultrapura, com menor impacto na formação de hidratos.

### **AGRADECIMENTOS:**

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC-CNPq) pelo apoio para a realização deste trabalho.

[1] Sloan, E.D. Fundamental principles and applications of natural gas hydrates. *Nature* 2003;426:353–9.

[2] Zhukov A.Y.; Stolov M.A.; Varfolomeev M.A. Use of kinetic inhibitors of gas hydrate formation in oil and gas production processes: current state and prospects of development. *Chem Technol Fuels Oils* 2017;53:377–81.

[3] Kamal, M.S.; Hussein, I.A.; Sultan A.S.; von Solms, N. Application of various water soluble polymers in gas hydrate inhibition. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;60:206–25.

[4] Silva, B.L.L.D.; Ferraz, I.L.; Castro J.A.; Vitorazi, L. Effect of polymer aggregation on the kinetics of hydrate formation. *J Nat Gas Sci Eng* 2020;73:103053.

[5] Greasley, S.L.; Page, S.J.; Sirovica, S.; Chen, S.; Martin, R.A., Riveiro, A. et al. Controlling particle size in the Stöber process and incorporation of calcium. *J Colloid Interface Sci* 2016;469:213–23.



### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**



**Grande área do conhecimento:** 3.00.00.00-9 Engenharias

**Título do projeto: OBTENÇÃO DE CAMADAS NANOESTRUTURADAS COM INIBIDOR DE CORROSÃO ATRAVÉS DA TÉCNICA *LAYER-BY-LAYER***

**Autores:** Rubiane Vitória Souza Oliveira, Nykolle Fabiane Camilo Fernandes, Tatiana das Chagas Almeida, Letícia Vitorazi

**Departamento/Unidade/Laboratório:** Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, UFF - Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, Laboratório de Polímeros, Nanomateriais e Química Supramolecular

### INTRODUÇÃO:

A corrosão é um problema significativo para a indústria, causando danos e perdas econômicas (CHAUBEY, 2021). Para sanar efeitos de perdas por corrosão, uma solução promissora é o uso de revestimentos com inibidores de corrosão. A técnica *layer-by-layer* (LbL) pode ser aplicada para a confecção desses revestimentos, uma vez que permite a deposição alternada de camadas finas de polieletrólitos (PEs) sobre um substrato (DECHER; SCHLENOFF, 2003).

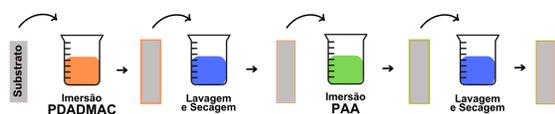


Figura 1: Técnica *layer-by-layer* feita pelo método de deposição por imersão para a obtenção de uma bicamada.

Nesse estudo, foram utilizados o PDADMAC (polieletrólito catiônico) e o PAA (polieletrólito aniônico), que interagem eletrostaticamente para formar as camadas nanoestruturadas (DAS; TSIANOU, 2017).

Esses filmes, compostos de camadas alternadas com diferentes cargas, permitem a

incorporação controlada de inibidores de corrosão, como o metilimidazol, para proteger contra os efeitos da corrosão (DECHER; SCHLENOFF, 2003).

### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A metodologia seguiu o fluxograma da Figura 2, com a preparação de soluções de polímeros e inibidor. A interação dos polímeros foi estudada, e a solução de inibidor foi caracterizada por medidas de potencial zeta. O inibidor foi incorporado via solução de imersão a  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  em oito camadas totais, estudos de liberação foram conduzidos em variados meios de pH.

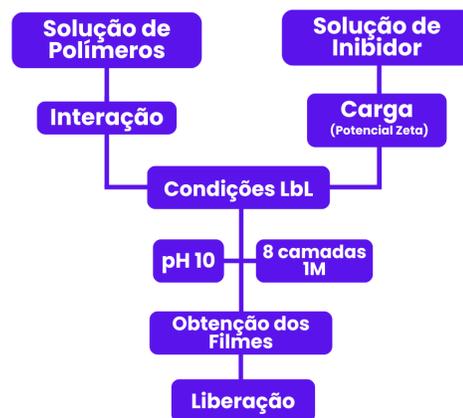


Figura 2: Fluxograma da metodologia do trabalho.

Nos estudos de interação, foram feitas soluções de PDADMAC e PAA nos valores de pH 1, 4, 7, 10 e 12,5, com a mesma razão de carga (20 mol.L<sup>-1</sup>). Essas soluções foram corrigidas com HCl e NaOH e quantidades dessas soluções foram colocadas em frascos de 2mL nas proporções indicadas na Tabela 1.

Frasco	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PAA	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
PDADMAC	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%

Tabela 1: Proporção em porcentagem de PAA e PDADMAC nas misturas de PEs.

A Figura 3 mostra as imagens dos frascos contendo as misturas dos PEs em diferentes composições e valores de pH. Em pH 1, a interação foi menos intensa. Em pH 4, a maior interação ocorreu com 80% de PAA e 20% de PDADMAC. Nos valores de pH 7 e 10, a interação foi mais forte com 50% de cada polímero. Em pH 12,5, a maior turbidez, indicando forte interação, foi observada com 40% de PAA e 60% de PDADMAC.

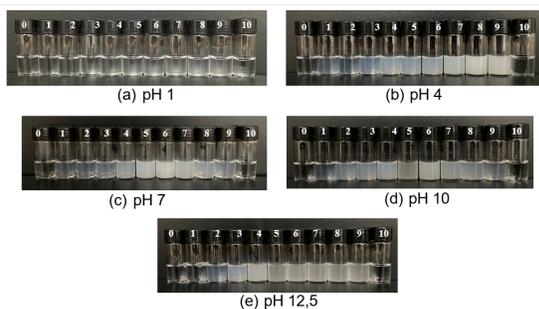


Figura 3: Misturas de PAA e PDADMAC nos valores de pH 1, 4, 7, 10 e 12,5, respectivamente representados pelas letras (a), (b), (c), (d) e (e).

polieletrólitos, o pH 10 foi selecionado como uma possível condição de aplicar a técnica LbL na construção de camadas nanoestruturadas, embora outros valores de pH seriam possíveis. Contudo visando futuras aplicações em aço inox, evitando a corrosão que poderia ocorrer

em pH 4, segundo (RUELA, 2017), o pH 10 foi escolhido.

As medidas de potencial zeta mostraram que o 4(5)-metilimidazol manteve um caráter negativo em todos os valores de pH analisados na faixa de pH de 6 a 10, com valores próximos a -10 mV em pH 10, indicando que o inibidor deve ser aplicado logo após o polieletrólito catiônico para garantir a interação.

A técnica LbL foi utilizada para criar camadas nanoestruturadas com os polieletrólitos PDADMAC e PAA, junto com o inibidor de corrosão 4(5)-metilimidazol, em diferentes valores de pH (1, 2,5, 4, 7) sobre um substrato de vidro.

A eficácia do inibidor foi avaliada, e sua liberação foi monitorada por espectrofotometria no UV-Vis, mostrando que a liberação depende do pH do meio, como pode ser observado na Figura 5. A maior liberação ocorreu em pH 1, especialmente na primeira hora.

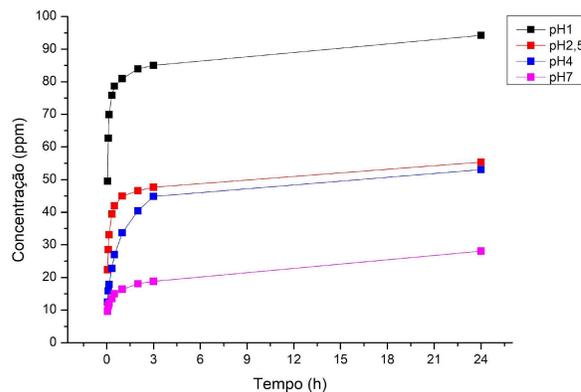


Figura 5: Gráfico de liberação dos substratos com 8 camadas com LbL confeccionada em pH 10 e liberação em solução de HCl de pH 1, 2,5, 4 e 7.

## CONCLUSÕES:

O estudo demonstrou a eficácia da técnica LbL na incorporação de 4-(5)metilimidazol em camadas nanoestruturadas de PDADMAC e PAA. A

interação significativa entre os polieletrólitos em diversos valores pH foi observada e medidas de potencial zeta suportou as condições de pH escolhidas para a formação das camadas. O inibidor de corrosão mostrou maior liberação em camadas imersas em solução de pH igual a 1, com o filme preparado com 8 camadas feito com solução de imersão de inibidor a 1 mol.L-1 de concentração.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

VISAKH P.M.; BAYRAKTAR, O.; PICÓ, G. A. **Polyelectrolytes: Thermodynamics and Rheology**. [s.l.] Springer, 2021.

SCHLENOFF, J. B.; DECHER, G. (EDS.). **Multilayer thin films: sequential assembly of nanocomposite materials**. Weinheim: Wiley-VCH, 2003.

DAS, B. P.; TSIANOU, M. From polyelectrolyte complexes to polyelectrolyte multilayers: Electrostatic assembly, nanostructure, dynamics, and functional properties. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 244, n. SI, p. 71–89, 2017.

CHAUBEY, N. et al. **Fronteiras e avanços em inibidores verdes e sustentáveis para aplicações de corrosão: uma revisão crítica**. Journal of Molecular Liquids, v. 321, p. 114385, 2021.

VITORAZI, L, et al. **Evidência de um processo de duas etapas e dependência**

**de via na termodinâmica da complexação de poli(cloreto de dialildimetilamônio)/poli(acrilato de sódio)**. Soft Matter, 2014, 10, 9496.

RUELA, M.S.P. **Corrosão de aço galvanizado em soluções ácidas**. The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC, v. 3, n. 8, p. 1250-1258, 2017.

CIPRIANO, J. **Estudos de multicamadas de polieletrólitos via elipsometria**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda. 2019.

#### AGRADECIMENTOS:

À Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da UFF e ao CNPq pela bolsa de iniciação científica PIBIC-CNPq (Processo 145977/2023-4), à FAPERJ pelas bolsas de Apoio Técnico (Processo E-26/203.172/2023) e Jovem Cientista do Nosso Estado (Processo E-26/200.129/2023). Ao Laboratório de Polímeros, Nanomateriais e Química Supramolecular da EEIMVR. À FINEP pela aquisição do equipamento Litesizer DLS 700 e ao Laboratório Multiusuários de Caracterização de Materiais, no Instituto de Ciências Exatas (ICEX) da UFF pela utilização do mesmo.





## Engenharias

### CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÕES DE SENSORES DE BRAGG NO VISÍVEL

Gabriel O. C. Cota, Taiane A.M.G. Freitas, Hypolito J. Kalinowski

Departamento de Engenharia de Telecomunicações

Escola de Engenharia

Laboratório de Comunicações Óticas

#### INTRODUÇÃO:

As redes de Bragg em fibra óptica são estruturas fotônicas baseadas na modulação periódica do índice de refração no núcleo da fibra ao longo da distância longitudinal (direção de propagação da luz). São bastante úteis como sensores e permitem, por exemplo, indicar e mensurar variações na temperatura e na deformação.

Os interrogadores de FBG mais comuns são modelos de bancada, existindo versões mais compactas e portáteis. Entretanto, dificuldades envolvendo custo, como o manuseio e utilização do material, tornam o uso de uma FBG como sensor em campo algo muito difícil.

Uma maneira de analisar aqueles sensores in loco usaria um espectrômetro portátil, de baixo custo acoplado a um celular, pois os *smartphones* têm uma capacidade de processamento considerável, além de câmaras de alta resolução.

Este trabalho trata do desenvolvimento de um sistema para caracterização de redes de Bragg em fibra óptica na região do visível e tem como objetivo o desenvolvimento de um espectrômetro associado a um *smartphone* para obtenção e análise dos dados de sensores FBG.

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Para fazer a análise dos espectros luminosos foi elaborado um software em *python* que foi otimizado, tornando-se mais modular e tendo uma estrutura que gera os gráficos em função das imagens a serem analisadas.

As figuras 1 e 2 demonstram respectivamente um espectro luminoso depois da passagem da luz branca (IMG\_20220824\_161912.jpg) e o gráfico da função do fator de correção com o seu comprimento de onda central.

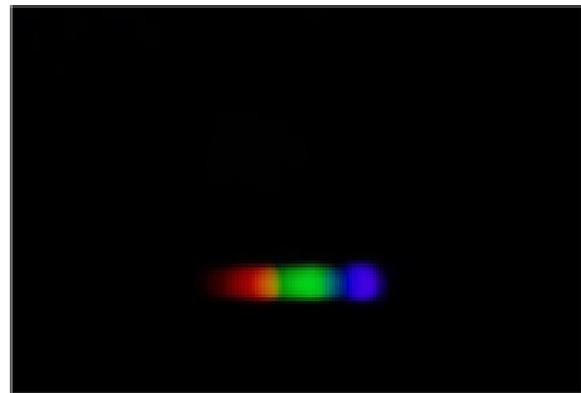


Figura 1: Espectro depois da passagem da luz branca gerada por um led pela FBG.

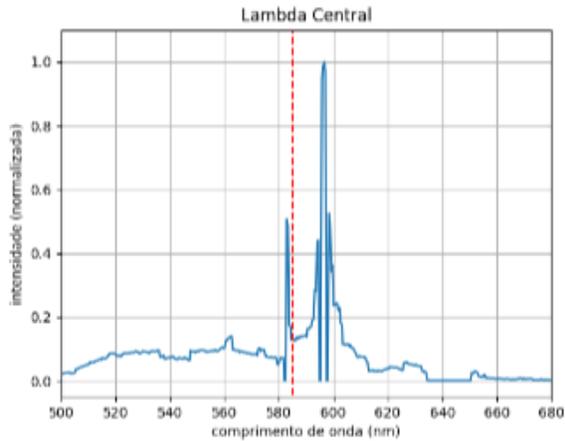


Figura 2: Espectro da luz refletida pela FBG.

O software analisa o espectro luminoso conforme demonstrado na figura 1, e encontrará o comprimento de onda central do espectro da luz refletida pela FBG conforme demonstrado na figura 2.

O resultado encontrado pelo software encontra-se satisfatório até o momento. Além disso, está sendo elaborado um estudo com o software Kivy para criar um aplicativo de fácil uso para o usuário e que possa avaliar os níveis de açúcar de uma amostra líquida de forma eficiente.

### CONCLUSÕES:

Com o trabalho realizado até este momento, observa-se que será necessária uma rodada de testes com o espectrômetro desenvolvido para que se possa adentrar a etapa de análise e processamento de imagem. Também é de ressaltar que os objetivos definidos estão sendo alcançados e as etapas seguintes da pesquisa aparentam estar bem encaminhadas.

### AGRADECIMENTOS:

Agradeço primeiramente a Deus, ao CNPQ pelo investimento e aos professores Hypolito José Kalinowski e Taiane Alvarenga Menandro Garcia de Freitas pelas orientações.



Imagem 1: Imagem PIBIC