

# ENGENHARIAS

REVISTA PIBIC 2018





## Engenharias ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS POR SIMULAÇÃO DE UM PROCESSO PETROQUÍMICO EM PLATAFORMAS OFFSHORE

Julia B.R.S. Costa (IC), Ninoska Bojorge (PQ)  
Departamento de Engenharia Química e de Petróleo  
/Universidade Federal Fluminense - Niterói/ BIOTEC

### INTRODUÇÃO:

O petróleo constitui a base da economia produtiva mundial. A crescente demanda por petróleo e gás para geração de energia faz com que a indústria petrolífera esteja continuamente buscando por novas e maiores reservas. Os perigos associados a uma atividade não se podem avaliar com uma técnica APR se não se tem identificado antes. Em geral, não é eficiente usar técnicas APR com o único propósito de identificar perigos quando há informação adequada para realizar a identificação e a avaliação. Não obstante, quando a informação é limitada, como o caso de processos novos o projeto conceptual de unidades novas, as técnicas APR se podem utilizar para identificar perigos de forma eficiente. Os resultados da identificação de perigos se apresentar em uma listagem de materiais o condições do processo que podem conduzir a situações perigosas, entre as que se incluem: materiais inflamável, materiais tóxicos, reações perigosas, substâncias químicas e suas quantidades das que há que informar si se produz um vazamento ao médio ambiente, condições do processo que conduzem a uma reação descontrolada, etc.

Visto isso, foi avaliado o processamento offshore de petróleo com o objetivo de identificar a melhor rota com menores riscos. Para tal, foram realizadas diversas simulações estacionárias do processo de recuperação por absorção do TEG no software UNISIM, como um caso base com o intuito de analisar os parâmetros energéticos e mássicos envolvidos no processo. Os dados coletados foram analisados utilizando-se diversas fontes da literatura, para verificar e avaliar os danos e consequências de cada perigo e risco. Ao

analisar os erros já cometidos em acidentes e as normas de segurança pré-definidas em processamento offshore, tornou-se possível otimizar o processo com alternativas viáveis.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Foram analisados causas e efeitos de alguns acidentes com maior ocorrência na exploração offshore e postos na figura abaixo.

Possíveis acidentes em processamento de óleo e gás offshore			
Perigo	Causa	Modo de detecção	Efeitos
Vazamento de hidrocarbonetos	Extração de hidrocarbonetos	Análise de água	Impacto negativo a vida marinha
Combustão espontânea de hidrocarbonetos	Processamento de hidrocarbonetos extraídos	Uso de detectores de incêndio; inspeção dos equipamentos com riscos em potencial	Ferimento grave ou morte de funcionários; impacto ambiental
Incêndio	Bombeamento de petróleo	Uso de detectores de incêndio; inspeção dos equipamentos com riscos em potencial	Ferimento grave ou morte de funcionários; impacto ambiental
Temperaturas maiores que a do meio ambiente	Descarte da água	Análise de água; termômetro	Impacto ambiental negativo

Com o intuito de avaliar a eficiência na recuperação de TEG no processo de absorção, foram adotadas diferentes pressões, sendo elas de 6101kPa e 9101kPa. Para o caso de 6101kPa foi utilizado um estágio de compressão a mais após o gás ser desidratado do que no caso de 9101kPa apresentado na figura 1 abaixo.

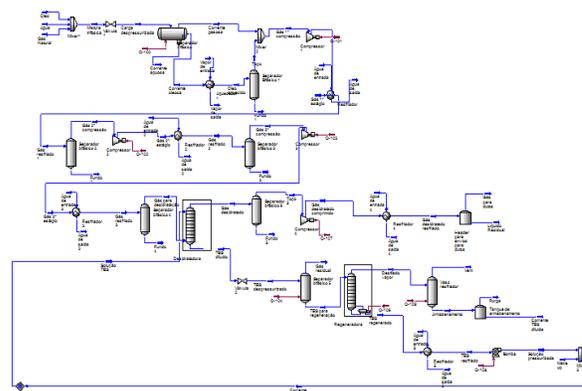
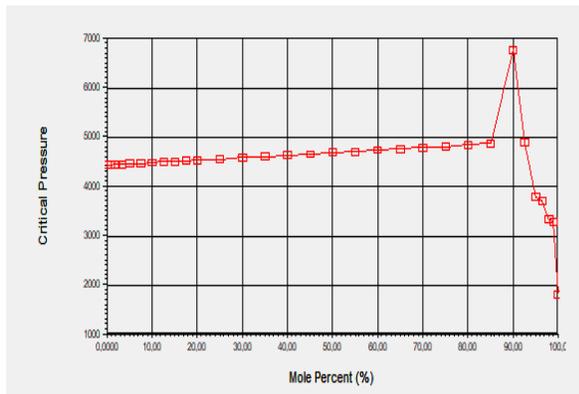
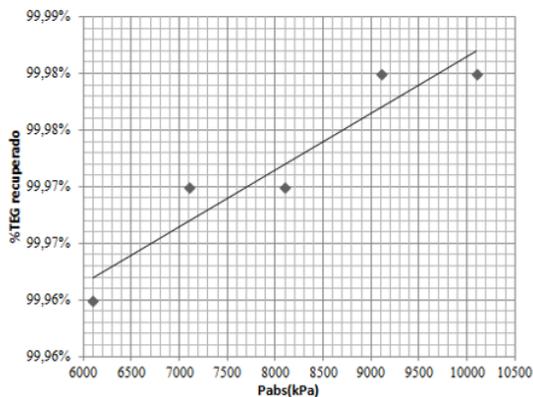


Fig. 1 Processo de recuperação de TEG

Foi observado, no gráfico abaixo que quanto maior a pressão, menor é a quantidade relativa de água presente no gás desidratado advindo da corrente de gás para desidratação que passa pela coluna desidratadora. Obtendo-se assim, um melhor produto.



A partir do gráfico abaixo foi possível observar que quanto maior a pressão utilizada, no intervalo de 6000 – 10500 KPa, maior foi a recuperação de TEG, sendo assim, menor a perda.



Os produtos da corrente de gás para dutos, que é a etapa final do processo, são os produtos esperados para um processamento de gás natural.

### CONCLUSÕES:

Com os resultados obtidos na simulação realizada no software, observou-se que no começo do sistema não há diferença, porém, na pressão de absorção a melhor opção é a de 9101 KPa pois possui uma melhor eficácia em relação: a recuperação de TEG, a desidratação

do gás e a menor quantidade de hidrocarbonetos na corrente de TEG regenerado. Além de possuir um estágio de compressão a menos do que a de pressão de absorção de 6101 KPa.

COMPONENTE	VAZÃO MÁSSICA (kg/h)
Metano	371,78
H2O	7,06E-03
Etano	71,052
Propano	51,384
i-Butano	13,01
n-Butano	10,333
i-Pentano	21,463
n-Pentano	16,609
n-Hexano	12,142
n-Heptano	2,8224
n-Octano	0,56547
n-Nonano	4,81E-02
n-Decano	3,33E-03
n-C11	2,65E-04
n-C12	1,96E-05
n-C13	1,26E-06
CO2	9,058
TEG	7,69E-04
<b>Vazão Total</b>	<b>580,2784202</b>

No caso da análise de riscos, observou-se que para minimizar o risco de acidentes é necessário, observar rigorosamente os requisitos de segurança elaborados ainda na fase de concepção do projeto, elaborar e treinar técnicas de contornar o acidente caso o mesmo ocorra.

Além disso, para análise da corrente de produtos. Observou-se uma alta vazão de hidrocarbonetos, principalmente o metano, etano e propano. Com pouca presença de água na corrente, que é o ideal.

### Agradecimentos:





## Engenharias - Engenharia Química

### Desenvolvimento de simulação aplicada aos processos de gaseificação e pirólise de biomassas

Isabela Barreto Correa e Lizandro de Sousa Santos

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

#### INTRODUÇÃO:

Durante o processo de pirólise rápida e super-rápida da biomassa é requerido um rigoroso controle das condições operacionais visando, principalmente, a obtenção do bio-óleo. Desse modo, torna-se necessário identificar a temperatura e tempo ótimos de operação, os quais variam com as propriedades da biomassa a ser utilizada, e são identificados por meio de modelos existentes que descrevem os fenômenos ocorridos dentro das unidades de processo, como as reações e suas cinéticas.

Existem disponíveis modelos de mecanismos de reação que considera a biomassa formada unicamente pelos seus principais componentes, a dizer a celulose, hemicelulose e lignina, assim como despreza a interação existente entre eles durante suas decomposições térmicas. Um exemplo consiste no modelo proposto por Miller, *et al.* (1997), que se encontra esquematizado na Fig. 1. O parâmetro  $X$ , obtido experimentalmente, assume um valor de 0,35 para a celulose, 0,60 para hemicelulose e 0,75 para a lignina.

Visando-se maior simplificação, têm-se modelos que consideram a biomassa como um composto único, a dizer, o modelo desenvolvido por Van de Velden, *et al.* (2008) e se encontra esquematizado na Fig. 2.

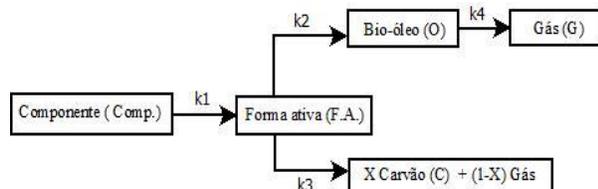


Figura 1- Esquema genérico do modelo cinético desenvolvido por Miller, *et al.* (1997).

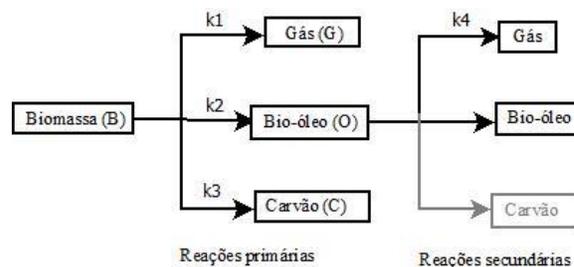


Figura 2- Mecanismo de pirólise de biomassa (Van de Velden, *et al.*, 2008)

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Por meio da utilização do software Scilab®, analisou-se o processo de pirólise ao se implementar o modelo presente no artigo de Van de Velden, *et al.* (2008) para uma biomassa de madeira de abetos e o modelo desenvolvido por Miller *et al.* (1997) para uma biomassa de madeira de carvalho.

Plotaram-se gráficos 3D, que permitiram a visualização do efeito conjunto de temperatura e tempo de reação no rendimento da fração mássica de bio-óleo (Figs.3 e 4). As regiões ótimas de produção estão evidenciadas na região de vermelho intenso.

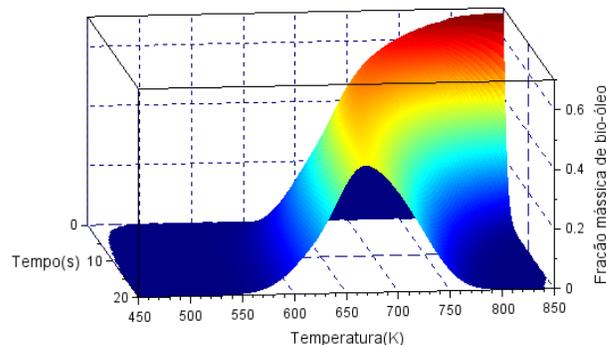
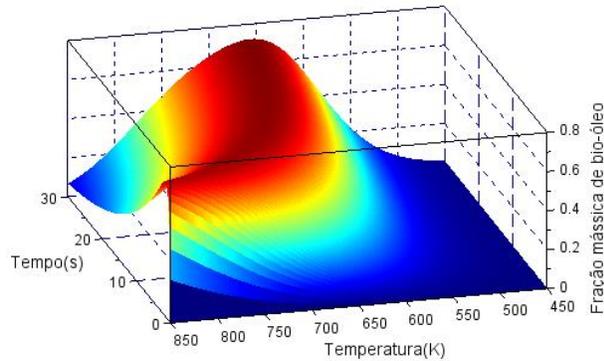


Figura 3- Fração mássica de bio-óleo em função da temperatura e tempo pelo modelo utilizado por Van de Velden, *et al.* (2008).



**Figura 4-** Fração mássica de bio-óleo em função da temperatura e tempo pelo modelo desenvolvido por Miller, *et al.* (1997).

Na Tabela 1 estão expressos os resultados da otimização da temperatura para diferentes tempos de residência, em um processo de pirólise rápida de abetos com a finalidade de produção de bio-óleo. Velden, *et al.* (2008) obteve para a mesma biomassa e tempo de reação de 2,5 s uma temperatura ótima de 793K e fração mássica de bio-óleo correspondente de 0,625. A provável explicação para a diferença observada consiste na utilização de estimativas para os valores das constantes de velocidade  $k_1$  e  $k_4$ .

Objetivando produção de bio-óleo por meio da simulação da pirólise rápida e super-rápida para biomassa de madeira de carvalho, realizou-se a otimização da temperatura de operação para tempos de 0,2 s; 0,4 s; 0,6 s; 1 s; 2,5 s e 5 s. Os resultados encontram-se na Tabela 2. A fração mássica decresce à medida que o tempo aumenta, o que pode ser deduzido ao se observar o gráfico 3D correspondente. Assim, ao se trabalhar em condições de pirólise super-rápida se obtém os melhores resultados. Quanto menor o valor do tempo, mais elevado o valor da temperatura ótima, assim como observado anteriormente.

**Tabela 1:** Temperaturas ótimas da pirólise de em diferentes tempos.

Tempo (s)	Temperatura ótima (K)	Fração mássica de bio-óleo
2,5	809,38	0,698
5,0	760,01	0,706
7,5	733,81	0,710
10,0	716,27	0,713

**Tabela 2:** Temperaturas ótimas da pirólise de carvalho em diferentes tempos.

Tempo (s)	Temperatura ótima (K)	Fração mássica de bio-óleo
0,2	813,80	0,663
0,4	781,21	0,639
0,6	765,31	0,624
1,0	748,06	0,602
2,5	721,20	0,557
5,0	702,76	0,518

## CONCLUSÕES:

A otimização da temperatura do processo em relação ao tempo através da modelagem cinética da pirólise da biomassa foi realizada visando-se o rendimento do bio-óleo. Pode-se observar que houve pequenas disparidades em relação a biomassa abeto, sendo estas possivelmente decorrentes de falhas no próprio modelo e que possivelmente foram corrigidos pelo autor. Ao se modificar o modelo utilizado para um de maior complexidade, devido consideração da composição da biomassa, tem-se que se obtiveram resultados coerentes.

Apesar do escopo inicial do projeto prever a simulação do processo de gaseificação da biomassa, além do de pirólise, este não foi possível de ser realizado. Isso decorre do fato deste tema ser abordado em artigos e teses de forma mais complexa, não se tendo tido tempo hábil para explorá-lo.

## Agradecimentos:

Ao programa CNPq/PIBIC pelo financiamento do projeto de pesquisa número IC178804 e à Universidade Federal Fluminense pelo apoio.

## REFERÊNCIAS:

Van De Velden, *et al.* (2008), Modeling CFB biomass pyrolysis reactors. *Biomass & Bioenergy*. 32, 128-139.

Miller, R.S,et al. (1997), A generalized biomass pyrolysis model based on superimposed cellulose, hemicellulose and lignin kinetics. *Combust Sci Technol*, 126(1), 97-137.



**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**NANOPARTÍCULAS CARBONO TIPO DIAMANTE (DLC)  
PRODUZIDAS DIRETAMENTE SOBRE MEIO LÍQUIDO**

**Gabriela Ferreira dos Santos, Dante Ferreira Franceschini**

**Departamento de Física/Instituto de Física/Laboratório de  
Produção de Nanomateriais**

**INTRODUÇÃO:**

Os revestimentos duros à base de DLC (Diamond-Like Carbon) hidrogenado (a-C:H duro) tem sido intensamente estudados ao longo das últimas três décadas. Estes materiais têm sido usados como revestimentos redutores de atrito e desgaste em diversos ramos industriais, desde revestimentos em sistemas mecânicos, em próteses, discos rígidos de computador e motores automotivos. Recentemente foi relatada a obtenção de coeficiente de atrito ultrabaixo ( $<0.05$ ) por meio da lubrificação por óleo do deslizamento entre superfícies revestidas por DLC, lubrificada com óleo aditivado por nanopartículas provenientes do desgaste de DLC. É um excelente resultado, mas sua extensão a escalas industriais é complicada, pois a produção de partículas de desgaste de DLC é muito lenta, e demanda a aplicação de altos campos elétricos para recolhê-las e concentrá-las. Uma alternativa seria a obtenção direta de nanopartículas de a-C:H duro dispersas em óleo lubrificante. Este é o objetivo deste trabalho, produzir lubrificantes a partir da deposição de filmes de a-C:H sobre lubrificantes líquidos ou pastosos, que após fragmentação resultam em nanopartículas.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Estudamos a produção de suspensões de partículas de DLC (Diamond-like Carbon) em graxa de hidrocarbonetos Apiezon M, por meio da deposição de filmes finos de DLC sobre camadas de graxa, por meio da ignição de plasma de metano sobre o catodo do sistema de deposição revestido por camada fina de graxa. As amostras obtidas foram analisadas por espectroscopia de Raman e Microscopia Eletrônica de varredura (MEV). As análises de Raman mostraram as bandas D e G típicas de carbono, com parâmetros característicos de

filmes DLC, superpostas a um largo fundo de fotoluminescência proveniente da graxa. As imagens de MEV mostraram partículas extremamente rugosas, semelhante as as de DLC.

A graxa obtida foi utilizada como lubrificante em dois tipos de experimento de atrito por deslizamento, em um tribometro “pin-on-disk”. O primeiro tipo de experimento, entre superfícies de borracha revestidas por DLC não foi conclusivo, provavelmente por causa da grande elasticidade das duas contrapartes em contato. O experimento onde as contrapartes são um pino de aço e uma superfície de borracha revestida com DLC mostrou resultados alentadores, com uma redução de quase 25 % do coeficiente de atrito com a utilização de graxa aditivada com partículas de DLC.

**CONCLUSÕES:**

Foram produzidos lubrificantes à base de nanopartículas de DLC dispersas em graxa de hidrocarboneto. As dispersões foram produzidas por deposição por plasma de hidrocarboneto sobre graxa. As dispersões foram testadas em tribômetro de tipo pin-on-disk, com testes de atrito de deslizamento entre pinos de aço e superfícies de borracha natural revestida com DLC. O uso da dispersão como lubrificante revelou-se promissor, como revelado pela redução de 25 % no coeficiente de atrito, em comparação com superfície não lubrificada, ou lubrificada com graxa pura.

**Agradecimentos:**

Ao CNPq, pela concessão da bolsa PIBIC, ao MCT/INCT(Instituto nacional de Engenharia de Superfícies) e à ANP/Petrobrás.



**Grande área do conhecimento: Engenharia de Produção**

**Título do Projeto: Ensino de FMEA em Engenharia de Produção com aplicação do software IQRM**

**Autores: Stephanie D'Amato Nascimento e Robisom Damasceno Calado**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Laboratório de Design**

**Thinking, Gestão e Engenharia Industrial/ Instituto de Ciência e Tecnologia/ Universidade Federal Fluminense, Campus Rio das Ostras.**

## **INTRODUÇÃO:**

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), sigla em Inglês para análise de modo e efeito de falha é uma ferramenta sistemática conhecida por analisar preventivamente riscos em projetos, processos e serviços. Apesar de ter surgido com fins militares, hoje o FMEA é amplamente utilizado nas indústrias e serviços com o objetivo de reduzir defeitos, melhorar a segurança e garantir a satisfação dos clientes no âmbito da qualidade. Segundo a grande variedade de aplicações do FMEA e sua importância para a confiabilidade de produtos e processos, justifica-se o ensino desta ferramenta como objeto de pesquisa. Este trabalho, portanto, visa construir a base teórica para o ensino do FMEA com aplicação do software IQ-RM em um curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Através deste projeto de iniciação científica obtivemos a licença para ensino do software IQ-RM da empresa alemã APIS e a instalação do mesmo em todos os computadores do Laboratório do curso de Engenharia de Produção do Campus de Rio das Ostras. Como resultado da pesquisa realizou-se uma fundamentação teórica sobre o tema que

resultou na construção de uma apostila e material teórico para curso, publicação de artigos em simpósio, periódicos, apresentações orais em congressos e dois capítulos de livro relativos aos temas pertinentes.

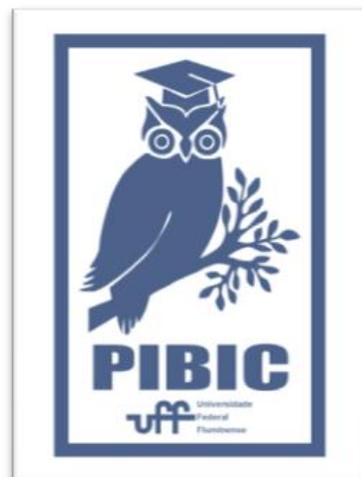
## **CONCLUSÕES:**

Com a realização da pesquisa bibliográfica foi possível verificar que existe uma brecha para a pesquisa, pois temos poucos artigos nas bases de dados de engenharia de produção que tratem do ensino do FMEA. A pesquisa bibliográfica rendeu, além das reflexões sobre os próximos passos a serem tomados no projeto de pesquisa, uma boa base teórica para a construção da literatura já mencionada. Diante do alto volume de artigos escritos sobre o FMEA e sua ampla aplicação nos segmentos de indústria e saúde percebe-se a importância do tema, no entanto, quando falamos sobre educação e FMEA o número de artigos nas bases cai drasticamente, portanto, torna-se relevante uma pesquisa que preencha as lacunas do conhecimento sobre a metodologia de ensino do FMEA na área de engenharia.

## **Agradecimentos:**

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) e à Universidade Federal Fluminense pela concessão da bolsa de iniciação científica através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). Agradecimentos aos membros do LabDGE - Laboratório de Design Thinking, Gestão e Engenharia Industrial, pelo aporte de conhecimentos e pela disponibilidade e auxílio durante toda a pesquisa realizada.

Figure 1: Logo PIBIC





**Grande área do conhecimento:  
Administração / Engenharia de Produção**

**Título  
IDENTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA  
A GESTÃO, PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS  
APLICANDO A SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA**

**Autores  
Marcelo Jasmim Meiriño  
Marcos Filipe de Oliveira Martinez  
Departamento de Engenharia Civil / Escola de Engenharia**

## **INTRODUÇÃO:**

Segundo Papadopoulos et al., (2014), os projetos de construção no Brasil são realizados em sua grande maioria através do processo tradicional. Este processo é geralmente preconizado pela realização do projeto de arquitetura, engenharia e sequência da construção em documentações desconexas e inconsistentes, em ferramentas 2D e sem integração com as ferramentas de análise (ferramentas CAE). Sobretudo, todas as fases dos projetos sofrem com estas descontinuidades que geram retrabalhos por não terem uma base de dados 3D centralizada e atualizada para gestão do empreendimento. Estudos apontam para o BIM (Building Information Modeling) como um caminho para ganhos de eficiência em projetos, gestão, construção e manutenção de edifícios, assim como para ganhos efetivos no campo da Eficiência Energética e Sustentabilidade em todo o processo de projeto, construção e uso da Construção Civil.

A principal finalidade ou função do BIM é permitir que as informações geométricas e/ou não geométricas de um modelo possam ser integradas, analisadas, simuladas e visualizadas. No contexto da Arquitetura, Engenharia e Construção a finalidade é gerenciar o projeto ao longo de parte ou de toda sua vida útil (Li et al., 2017).

Dada a importância das práticas sustentáveis para a proteção da natureza, otimização dos recursos naturais, etc. surge o conceito de "Green BIM" incorporando ao BIM funções como análise da eficiência energética,

análise da emissão de carbono, análise do sistema de ventilação natural, análise de iluminação e radiação solar, análise do uso da água, análise acústica e análise de conforto térmico. Essas funções tem como objetivo obter benefícios que vão além do viés econômico (Lu et al., 2017).

Até pouco tempo o uso do BIM se concentrava nos estágios iniciais do projeto como planejamento, execução e entrega da obra. As pesquisas, então, começaram a tratar de questões que fazem parte dos estágios mais avançados do projeto como, manutenção, reforma, demolição e final da vida útil do projeto. Além disso, quando o BIM é aplicado desde os estágios iniciais do projeto com o objetivo de continuar a ser utilizado durante os estágios mais avançados do ciclo de vida do projeto, as informações do modelo se tornam mais robustas e confiáveis do que quando o BIM é implementado em um edifício já existente que não utilizava o BIM. Nessa última situação, na maioria dos projetos (isto é, dos edifícios, pontes, infraestrutura, etc) é comum a predominância de informações obsoletas, omitidas e incompletas, resultando em um gerenciamento de projeto ineficiente e perda de tempo ou gastos mais elevados com manutenção, retrofit e correção de problemas (Volk, Stengel e Schultmann, 2014)

## **METODOLOGIA**

Foi utilizado a técnica da bibliometria. Conforme estudo de COSTA (2010, p. 116), a bibliometria

tem como propósito o aprendizado de técnicas e métodos para obter informações de referências bibliográficas e associá-las as estatísticas das pesquisas realizadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Utilizando a técnica da bibliometria nas 7 fases, cada fase apresentou os resultados mostrados abaixo:

Fase 0 - Escolha das bases para serem utilizadas na FASE 1. Para isso, foi utilizado a Busca de Assunto com as palavras-chave "BIM" e "FACILITIES", no portal CAPES, para verificar quais portais aparecem no resultado;

Bases selecionadas para a Fase 1
Scopus (Elsevier)
Technology Collection (Proquest)
Materials Science & Engineering Database
ScienceDirect Journals (Elsevier)
Elsevier (CrossRef)
Directory of Open Access Journals (DOAJ)
ASCE Library (American Society of Civil

Fase 1 – Busca em cada base escolhida na Fase 0 com as palavras-chave bim OR "building information modeling" AND facilities OR "facility management" AND maintenance OR "maintenance management" e também limitando o resultado ao período de 2010 a 2018;

Fase 2 – Refinamento das buscas ainda com as palavras chave bim OR "building information modeling" AND facilities OR "facility management" AND maintenance OR "maintenance management" limitando os resultados ao período de 2010 a 2018, artigos e periódicos acadêmicos e exclusão de áreas não relacionadas a engineering, building, building management systems, construction, etc... enfim, exclusão de áreas não relacionadas ao escopo deste artigo;

Fase 3 - Verificação das bases que permitem exportação de lista dos documentos (artigos,

periódicos...). Somente as bases que permitem foram usadas na fase seguinte (Fase 4);

Fase 4 – Em cada base, seleção e exportação de lista de documentos (artigos, periódicos...) tendo como parâmetro, os 50 mais citados (ou, caso não tenha essa opção, "por relevância") com os 50 mais atuais. Exportação da lista com o máximo de informações possível de cada documento, como citações, bibliografia, resumo, etc. no formato .RIS;

Fase 5 – Importação das listas de documentos no software Mendeley Desktop para verificação de repetições de documentos e então exclusão dos repetidos;

Fase 6 - Leitura dos títulos e resumos para agrupamento dos documentos segundo o assunto abordado por cada um.

Após a fase 6, foi feita uma tabela com resumo dos principais pontos em destaque de dezoito artigos avaliados como mais relevantes para o tema. Abaixo, será apresentada parte da tabela da forma como foi construída. Porém, como não será possível a leitura devido ao tamanho da fonte e da tabela, o conteúdo da tabela será exibido, em seguida, de forma sequencial.

## CONCLUSÕES:

Os benefícios da utilização do BIM nos projetos são muitos e muito poderosos. A implementação deste conceito é um desafio, que precisa superar barreiras culturais, econômicas, tecnológicas e não tecnológicas nas organizações para que a forma/conceito tradicional dos projetos que se mostra de certo modo obsoleta seja substituída pelo conceito de BIM que se mostra muito mais robusto e eficiente. Esse conceito BIM abrange todas as fases do ciclo de vida do projeto e sua implementação nas organizações traz benefícios financeiros e também não financeiros relacionados, por exemplo, a sustentabilidade, qualidade, eficiência energética, segurança e produtividade.

## Referências bibliográficas

ARASZKIEWICZ, K. Digital Technologies in Facility Management – The state of Practice and Research Challenges. Procedia Engineering, v. 196, p. 1034–1042, 2017.

BECERIK-GERBER, B. et al. Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 138, n. 2, p. 431–442, mar. 2012.

HE, Q. et al. Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis. *International Journal of Project Management*, v. 35, n. 4, p. 670–685, maio 2017.

HU, Z.-Z. et al. BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. *Advances in Engineering Software*, v. 115, p. 1–16, 2018.

KIM, K. et al. Integration of ifc objects and facility management work information using Semantic Web. *Automation in Construction*, v. 87, p. 173–187, 2018.

KLEIN, L.; LI, N.; BECERIK-GERBER, B. Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings. *Automation in Construction*, v. 21, n. 1, p. 161–171, 2012.

LI, X. et al. Mapping the knowledge domains of Building Information Modeling (BIM): A bibliometric approach. *Automation in Construction*, v. 84, p. 195–206, dez. 2017.

LU, Y. et al. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, v. 83, p. 134–148, nov. 2017.

MCAULEY, B.; HORE, A.; WEST, R. Establishing Key Performance Indicators to Measure the Benefit of Introducing the Facilities Manager at an Early Stage in the Building Information Modeling Process. *International Journal of 3 - D Information Modeling*, v. 2, n. 4, p. 38–51, 1 out. 2013.

MOTAMEDI, A.; HAMMAD, A.; ASEN, Y. Knowledge-assisted BIM-based visual analytics for failure root cause detection in facilities management. *Automation in Construction*, v. 43, p. 73–83, jul. 2014.

NICAŁ, A. K.; WODYŃSKI, W. Enhancing Facility Management through BIM 6D. *Procedia Engineering*, v. 164, p. 299–306, 2016.

PÄRN, E. A.; EDWARDS, D. J. Conceptualising the FinDD API plug-in: A study of BIM-FM integration. *Automation in Construction*, v. 80, p. 11–21, ago. 2017.

PISHDAD-BOZORGI, P. et al. Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). *Automation in Construction*, v. 87, p. 22–38, 2018.

RÓKA-MADARÁSZ, L.; MÁLYUSZ, L.; TUCZAI, P. Benchmarking facilities operation and maintenance management using CAFM database: Data analysis and new results. *Journal of Building Engineering*, v. 6, p. 184–195, jun. 2016.

SHI, Y. et al. A Multiuser Shared Virtual Environment for Facility Management. *Procedia Engineering*, v. 145, p. 120–127, 2016.

TAN, A. Z. T.; ZAMAN, A.; SUTRISNA, M. Enabling an effective knowledge and information flow between the phases of building construction and facilities management. *Facilities*, v. 36, n. 3/4, p. 151–170, 2018.

VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. *Automation in Construction*, v. 38, p. 109–127, mar. 2014.

WETZEL, E. M.; THABET, W. Y. The use of a BIM-based framework to support safe facility management processes. *Automation in Construction*, v. 60, p. 12–24, dez. 2015.

YU-CHENG, L.; YU-CHIH, S.; YEN-PEI, C. Developing Mobile BIM/2D Barcode-Based Automated Facility Management System. *The Scientific World Journal*, 2014.

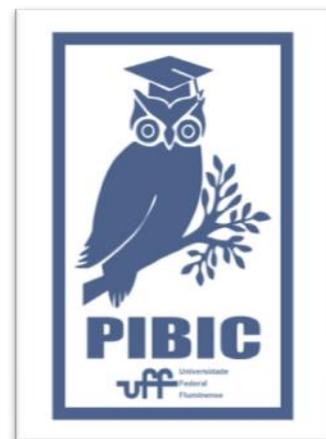
ZADEH, P. A. et al. Information Quality Assessment for Facility Management. *Advanced Engineering Informatics*, v. 33, p. 181–205, ago. 2017.

## **Agradecimentos:**

Agradeço aos meus familiares pelo apoio constante em todas as etapas de minha vida.

Agradeço a UFF através da PROPPi pelo oportunidade em participar deste projeto de iniciação científica, que me permitiu adquirir relevantes conhecimentos como pesquisador.

Por fim agradeço ao Professor Marcelo J. Meiriño, meu orientador, por enxergar em mim potencial para pesquisa científica, me receber e abrir para mim as portas de vasta mundo da pesquisa científica.





**Grande área do conhecimento: Engenharia**

**Título do Projeto: Sistema de caracterização de Redes Bragg em fibra ótica na região do visível**

**Autores: Gabriel Gonçalves Guimarães**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Laboratório de comunicação Óptica (LACOP)**

## **INTRODUÇÃO:**

O uso de fibras óticas como sensores são tão antigas quanto o seu uso para telecomunicações. Historicamente, as primeiras aplicações de sensores óticos eram pontuais e destinadas há alarmes indicando a presença ou ausência de um objeto.

Uma estrutura bem conhecida na literatura de sensoriamento e multiplexação óticas é a rede de Bragg em fibra – FBG (Fiber Bragg Grating). As FBG's são estruturas fotônicas de disposição periódica ou semiperiódicas internas ao núcleo da fibra, formadas por uma modulação do índice de refração ao longo do eixo de propagação.

A utilização da rede como sensores está relacionada aos efeitos de mudança do índice de refração e o período de repetição da rede devido a excitações externas. Elas podem ser detectadas tanto em transmissão quanto em reflexão. Os dois principais parâmetros que podem ser diretamente relacionados a essas alterações são Tensão ( $\epsilon$ ) e temperatura (T).

A disseminação comercial e científica de periféricos e equipamentos óticos na banda C levaram a uma predileção na utilização dessa banda para a escrita das redes. No entanto, motivados especialmente na redução de custos associados a equipamentos de interrogação, existe um progressivo interesse no desenvolvimento de redes na região do visível.

Essas reduções dos custos associados aos receptores de luz no visível (CMOS/CCD) estão relacionadas a popularização de smartphones no mercado.

A medição de espectros óticos no visível - sejam de fontes óticas ou de amostras em espectrometria - são uma técnica bastante conhecidas nas diversas áreas da tecnologia. No mercado, por exemplo, existem opções de monocromadores de tamanho reduzidos para uso em campo, no entanto, esses dispositivos

mais tradicionais são caros e exigem uma fonte de alimentação externa. Essas limitações impedem que sensores óticos se tornem mais populares fora da indústria.

A solução proposta para sobrepor essa limitação foi usufruir da expansão do mercado de smartphones e seus sensores para câmera digital para elaborar espectrômetros compactos e de fácil usabilidade sem a necessidade de fonte externa. Ademais, o uso de smartphones permite a conexão entre as diversas medições seguindo a tendência do mercado de "internet das coisas (IOT).

A pesquisa executada no Laboratório de Comunicação Óticas (LACOP) da Escola de Engenharia da UFF foi dividida em duas etapas: na primeira visou à atualização bibliográfica, à caracterização de diversos parâmetros das FBG's, e à utilização da rede como um termômetro simples através do deslocamento de comprimento pela variação de temperatura. Em segundo momento foi elaborado um monocromador baseado na CMOS de celulares do tipo smartphone

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

A rede utilizada foi gravada sob uma máscara de fase produzida pela Ibsen Photonics, com espaço entre frestas de 460nm, gerando uma rede de Bragg gravada por volta do 673 nm. A fonte UV para exposição foi a Ar-ion- laser (Coherent Xantos 500S).

O processo de fabricação completa dessa FBG pode ser verificado no artigo publicado na *Applied Optics; Characterization of femtosecond-inscribed fiber Bragg gratings in the visible spectral region* de Inácio et al.

A primeira etapa em laboratório foi a caracterização da rede. Diversos métodos de detecção foram testados. Em todos eles o set up básico de caracterização da FBG inclui

quatro equipamentos: fonte luminosa, a rede de Bragg, um acoplador e um receptor.

Foram experimentadas 3 fontes ópticas. Dois LEDs: o primeiro, em vermelho, com comprimento de onda nominal em 660 nm; e o segundo, branco, banda larga com temperatura de cor 6200 K (modelos M660F1 e MCWHF2). O terceiro uma lâmpada halogênica enriquecida com gás Xênon (temperatura de cor de 3600 K) modelo HL2150 da KomLux.

No que concerne a acopladores óticos tanto modelos multimodo (TM105R5F2A e TG625R5F1, índice degrau e gradual respectivamente) quanto modelo monomodo (TW670R5F2) foram experimentados. Todas as com taxas de divisão, no entorno do 673 nm, próximas a 50%.

O espectro foi medido com o espectrômetro da Thorlabs – CCS100/M, com uma relação sinal-ruído de 3,5.

A figura 1 e 2 mostram o espectro em transmissão e reflexão da rede de Bragg utilizando a lâmpada halôgena.

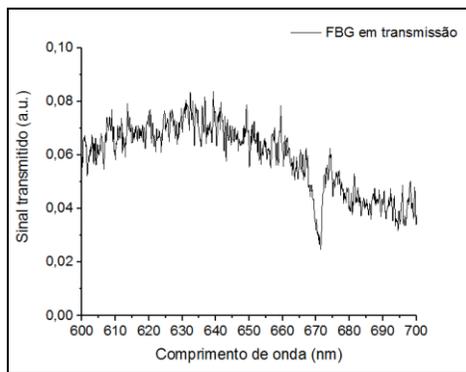


Figure 1: Espectro em transmissão com fonte HL2250, o vale mais pronunciado é devido à FBG.

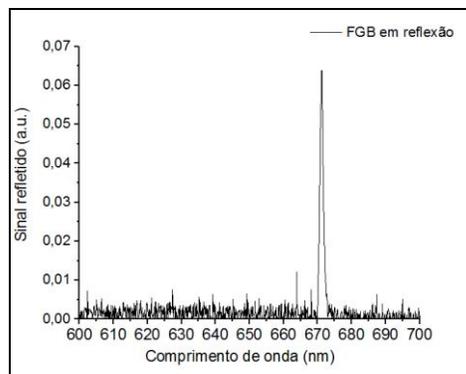


Figure 2: Espectro em reflexão com fonte HL2250 centrado em 671,5

Apesar da relação sinal-ruído de 3,5, foi possível claramente observar o espectro bem definido da FBG. Uma vez que esse ruído é branco, esse espectro pode ser melhorado com a ferramenta de média.

A figura 3 e 4 mostram os espectros medidos com o Led branco MCWHF2. Priorizamos em ambos os casos o led branco uma vez que seu espectro é similar ao do led presente em *smartphones*.

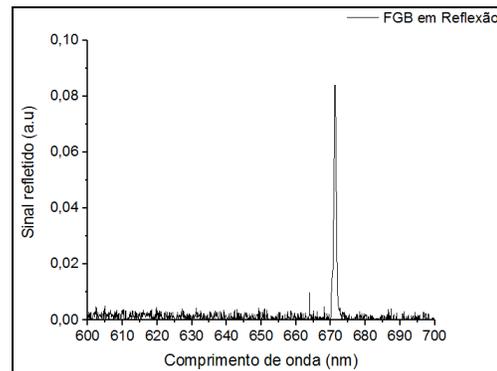
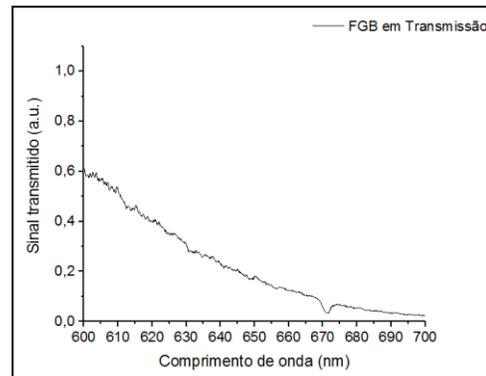
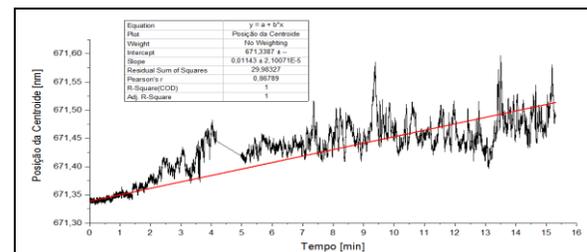


Figure 3 e 4: Espectros em transmissão e reflexão com fonte MCWHF2

Avaliamos ainda, o deslocamento no tempo do pico de comprimento de onda em reflexão consequente do aquecimento da rede. A temperatura foi incrementada de 30,7 K à 61,6 k.



Por fim, elaboramos um monocromador com leitura de espectro executada através do CMOS do *smartphone*. A grade de difração utilizada foi o modelo da Rainbow Symphony Store, fabricada por holografia com 1000linhas/mm.

A figura 5 exibe o esquema do monocromador.

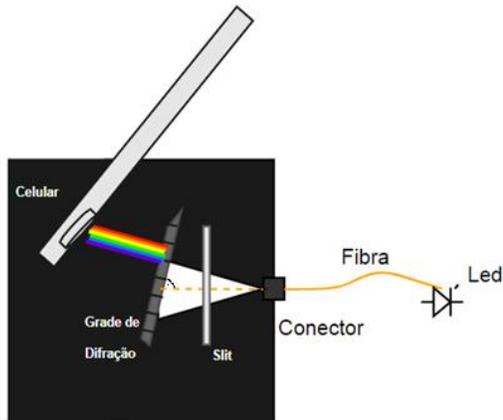


Figure 5: Desenho esquemático do monocromador

Buscando validar a montagem foram realizados testes utilizando o programa de análise de espectro óptico da plataforma Open Source da SpectralWorkBench.

Os testes visaram à calibração do sistema e demonstrar a assertividade do monocromador quando comparado à um espectrômetro já estabelecido no mercado.

Para esses fins, foi usado o espectro óptico conhecido do LED vermelho da ThorLabs e ajustada a posição adquirida pelo monocromador CCS100/M. A figura 6 mostra os dois espectros sobrepostos e normalizados

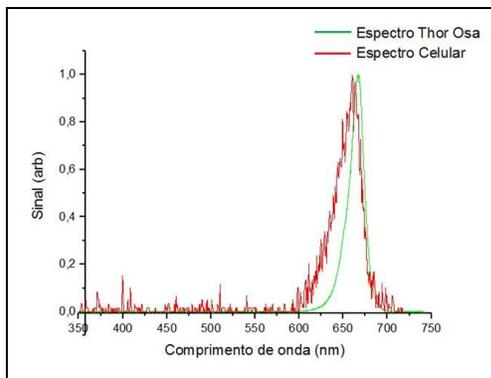


Figure 6: Espectros normalizados do LED M660F1 após calibração. Em verde adquirida com o CCS100 e em vermelho pela CMOS do smartphone.

## CONCLUSÕES:

Esperamos que o escopo do trabalho tenha sido atingido. Os diversos testes buscaram evidenciar as diferenças em cada equipamento para a caracterização da FBG e como esses podem afetar seu espectro. Também nutrimos a expectativa de que a importância das Redes de Bragg em fibra ótica no visível para o ramo do sensoriamento ótico tenha sido esclarecida.

O estudo iniciado acerca do desenvolvimento de um monocromador baseado na CCD/CMOS de smartphones validam uma aplicação. A estrutura proposta reduziria o custo de operação dos sensores e facilitaria a interpretação de resultados em ambiente externo ao laboratório.

Visto o potencial do projeto, pretendesse em trabalhos futuros desenvolver um *software* analisador de espectro próprio e uma aplicação para celular.

A valiosa oportunidade de executar atividades no LACOP foi fundamental para o nosso conhecimento prático e teórico sobre a estrutura de sensoriamento, que normalmente não é contemplado na graduação.

## Agradecimentos:

Agradeço ao suporte e financiamento do PIBIC-CNPq, aos colegas de laboratório e, especialmente, ao orientador - pelo auxílio e disponibilidade - a oportunidade de contribuir com o projeto.



**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**Título do Projeto: Proposta de novo processo industrial de produção de dimetil éter utilizando coluna reativa via simulação computacional**

**Autores: Nathália Dalbó de Azevedo Tracera; Diego Martinez Prata (orientador); Patrick Vaz Mangili (co-orientador).**

**Escola de engenharia / Departamento de Engenharia Química e de Petróleo – TEQ / Laboratório de Modelagem e Controle de Processos - LMCP**

## **INTRODUÇÃO:**

O dimetil éter (DME) é um composto de grande importância para a indústria na atualidade. Com características físicas semelhante às do gás liquefeito de petróleo (GLP), o DME ganha destaque em diversas aplicações, sendo uma importante matéria-prima para a indústria química, além de combustível alternativo para motores a diesel e células de combustão, propelente de aerossol, e usado na geração de hidrogênio para células a combustível e em termoelétricas. Nesse sentido, é imprescindível que os processos de produção deste composto sejam intensamente estudados a fim de obter-se uma produção eficiente.

Por outro lado, é notável a tendência das indústrias a seguirem o desenvolvimento sustentável, buscando a minimização dos impactos ambientais. Para quantificar e avaliar um impacto ambiental, utiliza-se o conceito de ecoindicador. O ecoindicador é uma razão entre uma variável ambiental e uma variável econômica (receita ou produção), que permite relacionar o quanto um processo agride o meio ambiente frente a quanto ele produz. Combinando-se diferentes ecoindicadores é possível chegar a um coeficiente global chamado ecoeficiência, capaz de mensurar o desempenho do processo como um todo, avaliando todos os possíveis problemas ambientais relacionados (Pereira 2013).

Ainda, é possível aumentar a ecoeficiência através da intensificação de processos, que consiste no desenvolvimento de novas tecnologias que promovam melhoria significativa da produtividade. Um exemplo de intensificação é a integração energética dos equipamentos, o que reduz o consumo

energético da planta como um todo, diminuindo o impacto ambiental e aumentando a ecoeficiência.

Nesse contexto, a simulação computacional aparece como uma excelente alternativa para o desenvolvimento de novos projetos e na melhoria dos projetos já existentes.

Dessa forma, o objetivo do presente projeto é desenvolver via simulação computacional (UniSim®) um novo processo de produção de DME otimizado de forma ambiental, com base em uma planta piloto, projetando uma coluna reativa, capaz de atender as condições industriais e especificações de qualidade comerciais do produto.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Desenvolveu-se a simulação das plantas descritas por Diemer e Luyben (2010): a planta de síntese de DME com um reator adiabático (RA), a planta de síntese de DME com dois reatores adiabáticos (DRA) e a planta de síntese de DME com um reator refrigerado (RR); assim como das plantas descritas por Bildea et al. (2017): a planta de síntese de DME de uma única etapa com coluna reativa (CR) e a planta de síntese de DME combinada com reator de fase gasosa e coluna reativa (RFGCR). Ainda, realizou-se a simulação da planta proposta: a planta de síntese de DME combinada com reator de fase gasosa e coluna reativa integrada energeticamente (RFGCRIE).

Também foram simuladas as plantas de utilidades: de geração de vapor e de refrigeração que fornecem vapor e água para as plantas de processo, respectivamente; os

resultados dos ecoindicadores que compõem o consumo de matéria-prima, consumo de energia, consumo de água, emissão de CO<sub>2</sub>, geração de efluentes e consumo de combustíveis, assim como são feitas as análises da ecoeficiência.

Os resultados dos ecoindicadores são mostrados na Figura 1 na forma de gráfico tipo radar, onde cada ponta do polígono representa um ecoindicador.

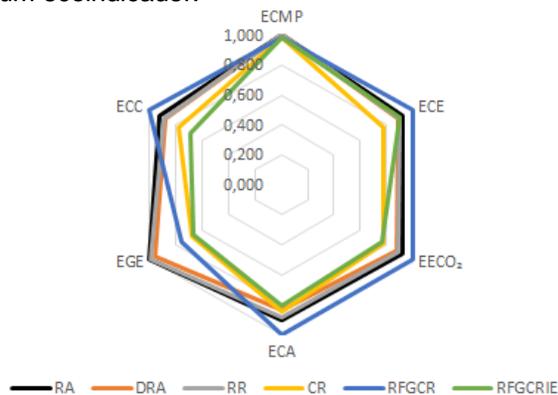


Figura 1 – ICE para os seis processos.

Observando a Figura 1, pode-se destacar que dentre os processos tradicionais, o mais ecoeficiente é o processo DRA e o menos é o processo RA, já entre as que contém coluna reativa o mais é o processo RFGCRIE e o menos é o processo CR. Também comparando os seis processos estudados as plantas que apresentam um melhor desempenho é a planta proposta RFGCRIE e as que apresentam um pior desempenho é a RFGCR. É importante ressaltar que a planta proposta foi ainda mais ecoeficiente que a planta conceitual CR.

## CONCLUSÕES:

Entre as seis plantas analisadas, a que apresenta a melhor ecoeficiência é a proposta no presente trabalho. Apesar da ecoeficiência da planta de única etapa com coluna reativa ter sido próxima à proposta, o controle é inviável, uma vez que são 52 pratos. A análise dos ecoindicadores das plantas evidencia a possibilidade de redução nos impactos ambientais a partir de alterações na configuração dos equipamentos e integrações energéticas. Sendo assim, é essencial que se desenvolva um estudo mais aprofundado nas plantas de produção de dimetil-éter visando a redução dos impactos ambientais.

Como visto nos resultados, a implementação da CR pode intensificar o

processo e reduzir significativamente os gastos com água, energia, emissão de CO<sub>2</sub>, consumo de combustíveis e conseqüentemente a geração de efluentes.

## Agradecimentos:

Primeiramente, agradeço ao auxílio fornecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal Fluminense. Agradeço também ao meu orientador, Diego Martinez Prata e ao meu co-orientador, Patrick Vaz Mangili, pelo suporte e auxílio neste trabalho e por acreditarem no meu potencial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BÎLDEA, Costin Sorin et al. "Optimal design of intensified processes for DME synthesis". *Computers and Chemical Engineering*. v. 105, p. 142-151, 2017.
- DIEMER, R. B.; LUYBEN, W. L. "Design and Control of a Methyl Acetate Process Using Carbonylation of Dimethyl Ether". *Industrial Engineering Chemical Research*, v. 49, p. 12224–12241, 2010.
- PEREIRA, C.P, *Desenvolvimento e avaliação de índice de comparação de eco-indicadores em uma unidade industrial*, Dissertação de Mestrado. UFF, Niterói, RJ, Brasil, 2013.
- MANGILI, Patrick V. et al. Eco-efficiency evaluation of acetone-methanol separation processes using computational simulation, *Chem. Eng. Process.* 123 (2018) 100–110.

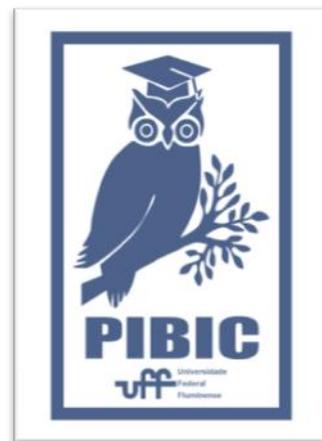


Figura 2: Logo PIBIC



## Grande área do conhecimento

### Título do Projeto: APROVEITAMENTO DA GLICERINA RESIDUAL DE BIODISEL POR TECNOLOGIA MICROBIANA – PRODUÇÃO DE 3-HIDROXIPROPIONALDEIDO (REUTERINA)

**Autores: Prof.<sup>a</sup> Sorele Batista Fiaux, DSc., Gabrielle Alves Ribeiro da Silva. MSc. e Fernanda Mantuano**

**Departamento/Unidade/Laboratório: LTM/ UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE/ LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA MICROBIANA**

#### INTRODUÇÃO:

Na produção de biodiesel há a formação de 10% de glicerina, cujo principal componente é o glicerol. O excesso desse subproduto no mundo representa sérios problemas econômicos e ambientais. Um dos possíveis usos para essa glicerina é empregá-la na produção de substâncias de interesse econômico através de tecnologia microbiana. A espécie bacteriana *Lactobacillus reuteri* é capaz de transformar glicerol em reuterina e acumulá-la. A reuterina é produzida pelo *L. reuteri* através da desidratação do glicerol pela enzima glicerol desidratase. É um composto neutro, de baixo peso molecular, que resiste a proteínas proteolíticas e lipolíticas, sendo capaz de inibir o crescimento de microrganismos como bactérias Gram-positivas, Gram-negativas, fungos e leveduras. Essa característica faz da reuterina importante na indústria de alimentos, devido ao seu potencial como biopreservador de carnes e produtos lácteos. Também é utilizada como precursor de produtos como acroleína, ácido acrílico e acrilamina, possuindo aplicações nas indústrias de tintas, revestimentos, polímeros e resinas.

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Em experimentos anteriores foi verificada a produção de reuterina a partir de glicerol PA, usando células com diferentes idades. As idades celulares de 4 e 15 horas foram as de melhor resultado e, por isso, utilizadas para verificar a viabilidade do uso da glicerina proveniente do biodiesel. A concentração de reuterina obtida com o uso de glicerina do biodiesel foi aproximadamente quatro vezes maior quando comparado ao que

foi produzido utilizando o glicerol na mesma concentração volumétrica. O resultado foi inesperado, uma vez que a glicerina utilizada apresenta um menor teor de glicerol e possui impurezas como sabão, estéres, ácidos graxos e resíduos de álcool. Partindo-se da hipótese de uma possível inibição da produção de reuterina pela concentração de glicerol, foi feito um experimento com o glicerol PA em menor concentração e duas gliceras de origens diferentes em concentrações equivalentes. O resultado revelou que de fato há uma inibição na formação de reuterina com uma maior concentração de glicerol. O coeficiente de rendimento (mmol/g) de reuterina obtido com uma menor concentração de glicerol (110 mM) foi três vezes maior quando comparado ao rendimento com 200 mM de glicerol.

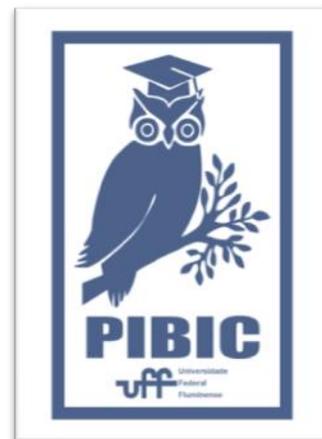
Um planejamento fatorial fracionado (2<sup>4</sup>-1) foi realizado com o objetivo de identificar as variáveis que afetavam significativamente a produção de reuterina. A partir dos resultados anteriores foi decidido estudar a influência do pH inicial, da concentração de glicerina, da temperatura de produção e da presença de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Os resultados tiveram como resposta a concentração de reuterina produzida, cuja variação observada foi de 0,987 a 5,244 mmol/g. As variáveis estatisticamente significativas (95% nível de confiança) foram o pH inicial, temperatura, concentração de glicerina e a interação entre pH e temperatura. Um novo planejamento, desta vez do tipo composto central, foi elaborado e realizado com as variáveis verificadas como significativas no planejamento anterior e em torno das melhores condições apontadas. A análise dos dados está em andamento.

## **CONCLUSÕES:**

É possível produzir reuterina a partir da glicerina proveniente do biodiesel, através da biotransformação realizada pela bactéria *Lactobacillus reuteri*. A biomassa com idade celular de 4 horas se mostrou adequada para o intento. A produção de reuterina é afetada significativamente por algumas variáveis, cujo estudo está sendo finalizado.

## **AGRADECIMENTOS:**

Agradecemos ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.





## Engenharias

### Apoio multicritério à priorização de riscos

Maria Cecília Guimarães

Pauli Garcia

Administração e Administração Pública/ICHS/ARCADE

**INTRODUÇÃO:** A análise de modo e efeitos de falhas (FMEA) é amplamente utilizado em diversos ramos industriais com a finalidade de auxiliar na identificação, avaliação e eliminação de potenciais modos de avarias em processos, sistemas, produtos e serviços da fábrica. Foi desenvolvida em 1949 pelo exército americano, no qual objetivava analisar as falhas nos sistemas e equipamentos. E, após a sua criação, na década de 1960, a FMEA foi aprimorada pela indústria aeroespacial através da NASA em uma missão Apolo, que teve como foco a priorização das ações de manutenção preventiva para melhorar a qualidade e segurança de produtos militares. E a partir de 1976, esta técnica veio sendo aperfeiçoada e usada em várias áreas industriais, como as áreas de ramo automotivo, aeroespacial, eletrônica e nuclear.

Além de existir a sigla FMEA, é comum também encontrar em alguns artigos a sigla FMECA que significa Análise de Criticidade, Modos e Efeitos de Falhas. No qual a principal diferença entre os dois métodos é que a primeira é ligada aos aspectos qualitativos e a segunda em pontos quantitativos.

De acordo com Chen et al (2014), o primeiro passo na FMEA é identificar todos os potenciais modo falhas dos sistemas, produtos, processos ou serviços, para que em seguida, seja realizada uma análise mais detalhada dessas anomalias. No qual será atribuído, nesse momento, um valor ordinal, que varia de 1 a 10, para cada fator:

- probabilidade de ocorrência (O) – no qual representa a probabilidade de uma causa acontecer no sistema, produto ou processo, provocando, assim, a anomalia. E a Tabela 1 auxilia na classificação da probabilidade de ocorrências.

Tabela 1. Avaliação da probabilidade da ocorrência

Valores Linguísticos	Ocorrência	Índice	Estimativa de ocorrência
Muito alta	Praticamente inevitável	10	$\geq 0,5$
		9	0,1
Alta	Frequente	8	0,05
		7	0,01
Moderada	Ocasional	6	0,02
		5	0,001
		4	0,002
Baixa	Poucas vezes	3	0,0001
		2	0,0002
Remota	Excepcionalmente.	1	<0,0002

Fonte: GARCIA (2006)

- gravidade dos efeitos (S) – segundo Garcia (2006), “[...] deve refletir a magnitude dos efeitos associados à ocorrência do modo de falha, considerando o funcionamento do sistema, da planta, a vida dos funcionários e da população circunvizinha, assim como o meio ambiente”. Para auxiliar com a classificação do grau deste índice, a Tabela 2 apresenta as características, os valores linguísticos e o nível que a falha poderá apresentar.

Tabela 2. Efeito da gravidade

Valores Linguísticos	Características	Índices
Muito alta	O efeito da falha pode afetar tanto a segurança operacional como a ambiental, podendo ocasionar danos a bens ou pessoas e/ou infringir alguma legislação ou regulamentação governamental.	9 e 10
Alta	Afeta a eficiência do sistema ao qual está associado e/ou da planta, ocasionando uma redução de potência ou até mesmo o seu desligamento.	7 e 8
Moderada	Reduz a eficiência do sistema ao qual está associado, gerando um estresse no ambiente de trabalho que leva a planta a operar num nível de risco mais elevado do que o normal.	4, 5 e 6
Baixa	O efeito da falha não interfere na operação da planta, mas reduz de forma mínima o desempenho do sistema ao qual está associado.	2 e 3
Remota	O efeito da falha praticamente não é percebido.	1

Fonte: GARCIA (2006)

- detectabilidade (D) – está relacionado com o êxito do funcionamento dos controles em detectar uma situação em potencial que irá ocasionar o modo de falha. Ou seja, a ação dos meios de controle em identificar desvios ou atributos mostrará se uma avaria está para suceder. A Tabela 3 apresenta a estimativa de detecção para ajudar na avaliação do índice de detectabilidade.

Tabela 3. Avaliação da detectabilidade

Valores Linguísticos	Índice	Estimativa de detecção
Muito alta	1	86% a 100%
Elevada	2	76 a 85%
	3	66 a 75%
Moderada	4	56 a 65%
	5	46 a 55%
	6	36 a 45%
Baixa	7	26 a 35%
	8	13 a 25%
Remota	9	6 a 15%
	10	0 a 5%

Fonte: GARCIA (2006)

E quanto mais alto o número posto na classificação dos índices, pior é a situação.

Depois de executado a atribuição dos valores, o passo seguinte é obter o número de priorização de risco (RPN), através do cálculo da multiplicação dos três parâmetros, como mostra a formula a seguir:

Em outras palavras, o grau de prioridade de cada risco identificados na FMEA é o resultado do produto dos índices. Assim, conseguido o resultado para cada modo de falha, a hierarquia de prioridade das anomalias é feita em ordem decrescente, no qual o maior grau do risco é posto em primeiro lugar e o menor em último. Ou seja, a maior solução expressará a mais crítica avaria. Com isso, tem-se a ordem da priori dos modos de falhas.

Porém, nos anos de 1995 e 1996, os autores Bowles & Peláez perceberam ao longo de seus estudos as primeiras deficiências do tradicional RPN. E em 2003, Bowles identificou mais uma anomalia. E conforme Ishizaka et al (2015), essas lacunas são:

- Que o número de priorização de riscos tradicional não leva em consideração a relevância de cada índice. Isto é, supondo que haja dois diferentes modos de falhas, cujo os valores dos RPNs são respectivamente 56 (O = 7, S = 4 e D = 2) e 25 (O = 1, S = 5 e D = 5). Logo, o risco que será priorizado é o de maior RPN, que no exemplo apresentado será o RPN = 56. Intuitivamente,

- entre as 1000 soluções possíveis, existem apenas 120 resultados únicos. Ou seja, o produto dos três parâmetros pode dar, aproximadamente, 880 respostas iguais. Por exemplo, identificados dois diferentes modos de falhas em um processo de produto, nos quais os valores da solução dos RPNs são idênticos, isto é,  $RPN_{1,2} = 8$  ( $O_1 = 1, S_1 = 2$  e  $D_1 = 4$ ;  $O_2 = 4, S_2 = 1$  e  $D_2 = 2$ ). Ou seja, para duas distintas anomalias, se obtém a mesma priorização.

Além disso, ao analisar os valores posto em cada critério no exemplo acima ( $RPN_{1,2} = 8$ ), percebe que se alternar a classificação dos índices, decorrerá de ter o mesmo resultado. Sintetizando, existem ao todo, dez combinações que sucede a este resultado. E para exemplificar, a Tabela 4 apresenta todas as possibilidades de se obter o  $RPN = 8$ .

Tabela 4. Combinações dos parâmetros que fornece o resultado do  $RPN = 8$

Modo de Falha	O	G	D	RPN
1	1	1	8	8
2	1	8	1	8
3	8	1	1	8
4	1	2	4	8
5	1	4	2	8
6	2	1	4	8
7	2	4	1	8
8	4	2	1	8
9	4	1	2	8
10	2	2	2	8

- Por fim, tendo em vista que os valores dos critérios variam de 1 a 10, os números primos 11, 22, 33, 990 não podem ser escritos. Porque para obter estes resultados, um dos fatores precisaria ser maior que 10. Além disso, baseado no mesmo raciocínio, soluções que precisam ter múltiplos de 11, 13, 17, 19 etc. também não podem ser escritas.

Posto isto, muitos especialistas têm procurado, e se aprofundando em estudos, para descobrir técnicas que possam preencher essas lacunas existente na priorização de riscos tradicional e reduzir as interpretações errôneas que o método gera em alguns casos.

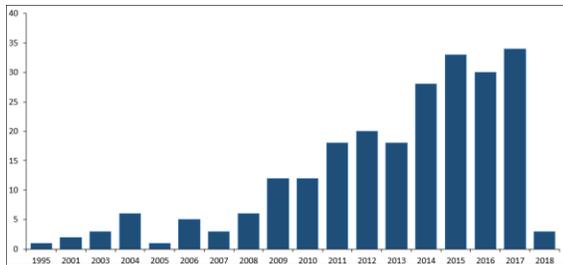
Por isso, como muitos autores tem efetuado pesquisas referentes a priorização de riscos com base nos indicadores utilizados na FMEA tradicional, o presente estudo tem por objetivo construir um mapa conceitual das principais abordagens multicritério propostas para superar as limitações apresentadas, dando uma visão sobre o panorama científico que os especialistas têm discutido do RPN tradicional.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Seguindo o procedimento metodológico, ao se realizar a busca na WoS, foram

encontrados 532 artigos. Estes resultados foram tabelados numa planilha com as seguintes informações: (i) DOI, (ii) Autores; (iii) Título do veículo; (iv) Ano de publicação; (v) Título do trabalho e (vi) Resumo.

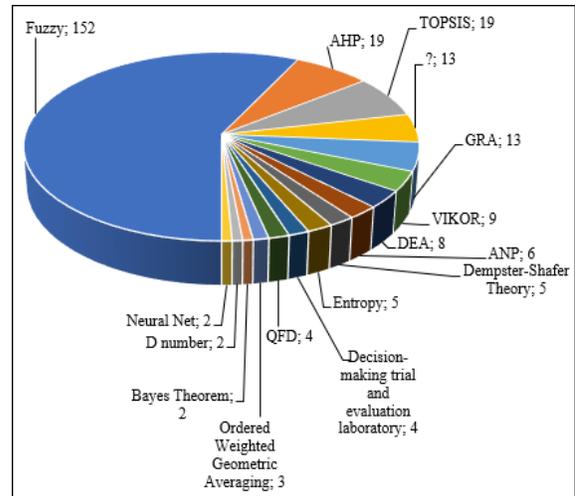
Primeiramente, percebeu-se uma evolução nas publicações, conforme pode ser visualizado na Figura 1.



**Figura 1:** Evolução das publicações sobre o problema de pesquisa

A partir da leitura de todos os resumos foi feita uma limpeza nessa base de dados, de modo a excluir as publicações que não propunham método para sanar os problemas associados ao RPN tradicional. A partir dessa limpeza, restaram 236 trabalhos. No qual, baseado nesses últimos, foi criada outra coluna na tabela em que, a partir da leitura dos resumos dos artigos restantes se identificava o método, ou combinação de métodos, chave propostos para contornar os problemas descritos nesta introdução.

De acordo com a Figura 2 apresentada a seguir, dos métodos chave encontrados, 64,6% são baseados em alguma abordagem Fuzzy. Isso reflete a percepção dos autores sobre a necessidade de se contemplar alguma abordagem que considere o uso de variáveis linguísticas, ou mimetize o pensamento dos especialistas por meio de regras de inferência, ou ainda considere as incertezas epistêmicas. Isso ocorre, porque a FMEA é uma abordagem analítica, ou seja, fortemente dependente do conhecimento do conjunto de especialistas envolvidos na análise.



**Figura 2:** Principais métodos propostos pelos autores para solucionar os problemas do número de prioridade de risco

O uso do Processo Hierárquico de Análise (AHP) foi percebido em 8,1% das publicações, refletindo a necessidade de se estabelecer pesos adequados aos indicadores da FMEA, ou seja, aos índices de ocorrência, gravidade e detecção. Ainda como forma de superar a questão dos pesos, há o uso da Análise Envoltória de Dados (DEA), identificado em 3,4% dos artigos.

Em aproximadamente 8,1% dos trabalhos há o uso de métodos de relativização, como o TOPSIS (técnica para preferência de ordem por semelhança com a solução ideal) e 5,5% a Análise Relacional Grey (GRA). Isso se dá pelas possíveis discrepâncias associadas ao produtório tradicional no cálculo do RPN que não relativiza os índices com base em um estado meta.

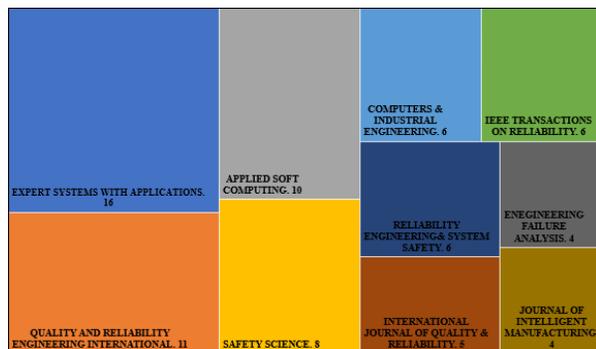
Combinações das abordagens supracitadas com abordagens baseadas em lógica Fuzzy também são encontradas, na expectativa de se combinar a consideração das incertezas epistêmicas, variáveis linguísticas etc., com estabelecimento de pesos, ou relativização etc.

Os principais veículos (periódicos ou anais de eventos) onde os trabalhos são publicados podem ser visualizados na Figura 3.

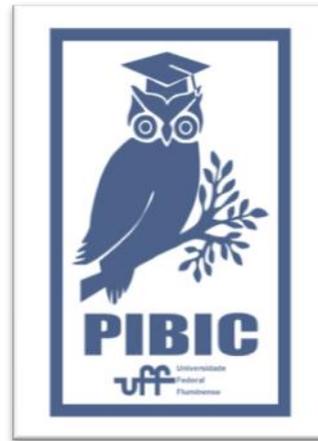
Pode-se dizer que o trabalho seminal sobre o tema, e que, por conseguinte é o mais citado, é o artigo de Bowles e Peláez (1995),

intitulado “Fuzzy-Logic prioritization of failures in a system Failure Mode, Effect and Criticality Analysis”. Note-se que a primeira abordagem é baseada em lógica Fuzzy com o intuito de melhor se ter uma representação das opiniões dos especialistas.

Sem esses apoios o trabalho não teria alcançados da mesma forma os resultados. Agradecemos à UFF pelo apoio com a bolsa PIBIC.



**Figura 3:** Principais periódicos de publicação sobre o tema



## CONCLUSÕES:

O estudo bibliométrico aqui apresentado trouxe um direcionamento sobre as pesquisas envolvendo a superação das deficiências atribuída ao tradicional número de priorização de riscos. A identificação das principais abordagens metodológicas e, conseqüentemente, dos caminhos até o presente seguido permite que se tracem diretrizes para um maior aprofundamento sobre o tema.

Como principal limitação tem-se o fato de as análises estarem baseadas exclusivamente do WoS, o que pode representar uma grande redução do real domínio de publicações.

Para trabalhos futuros pretende-se fazer um levantamento dos principais autores, as principais instituições que tem apoiado as pesquisas, além de buscar um maior refinamento/entendimento dos métodos baseados em Lógica Fuzzy.

## Agradecimentos:

Os autores gostariam de agradecer ao Professor Gustavo Motta (UFF) por ter nos apoiado e disponibilizado o VantagePoint para que pudéssemos desenvolver as análises. Agradecemos também ao apoio dado pelo Professor Maxwell Ferreira (CEFET) pelas orientações de manipulação do VantagePoint.



## Grande área do conhecimento

### Influência da adição de cloreto de potássio (KCl) na microestrutura de pastas de cimento para poços de petróleo

**Autores: Desirée C.R. do Nascimento e Camila A.A. Rocha**

**Departamento de Engenharia Civil**

## INTRODUÇÃO:

A Petrobrás prevê a instalação de 19 novos poços de exploração de petróleo entre os anos de 2018 e 2022. Dessa forma, espera-se que a produção seja aumentada em aproximadamente 38% (RAMALHO e ROSAS, 2017), movimentando o setor petrolífero no país. Para que essas expectativas se concretizem e para que se possa usufruir efetivamente de um poço sem prejuízos, a abertura deste e sua exploração demandam etapas importantes, já conhecidas, que incluem prospecção, perfuração, completação e extração (ROCHA, 2015).

Entre os diversos processos contidos na etapa de completação, está o de cimentação. A cimentação tem por objetivo impedir a comunicação ou migração entre as zonas atravessadas, facilitando o controle dos fluidos que são produzidos, e consiste no preenchimento do espaço entre a tubulação e a parede do poço com cimento (IRAMINA, 2016). O sal presente na rocha salina, ao entrar em contato com a pasta de cimento, pode ser incorporado na mesma mudando suas propriedades plásticas e acarretando, por exemplo, perda de fluidez, o que prejudicaria a etapa de cimentação, podendo gerar a perda e abandono do poço (SOUZA e BORGES, 2011). Visando a diminuição de tais interações, foram desenvolvidas as chamadas “pastas salinas” (pastas de cimento que podem conter cloreto de potássio (KCl) ou cloreto de sódio (NaCl)). O presente estudo tem por objetivo estudar a microestrutura de uma pasta de cimento contendo sal, especificamente o cloreto de potássio (KCl), por meio de imagens de microscopia e composição mineralógica por difração de raios X. Pretende-se obter uma melhor compreensão das reações que ocorrem, principalmente relacionadas às mudanças nas propriedades plásticas da pasta, além dos produtos gerados.

## MATERIAIS E METODOLOGIA:

Para a realização das análises necessárias utilizou-se uma pasta contendo os seguintes componentes: cimento classe G (CPP-G, ou cimento para poço petrolífero), KCl P.A. (cloreto de potássio) e água deionizada. As pastas foram dosadas com relação água-cimento de 0,44 e 15% de adição de KCl em relação à água.

A preparação das pastas consistiu em duas etapas principais. A primeira consistiu no secagem do sal em estufa, para retirar eventual umidade, dissolução dele em água e incorporação da solução ao cimento. Na segunda etapa, a pasta foi dividida em três embalagens diferentes, identificadas de acordo com seu tempo de cura (10 minutos, 30 minutos e 2 horas) e congeladas com o auxílio de nitrogênio líquido e em seguida colocadas no liofilizador para interrupção da hidratação.

As amostras foram analisadas por meio de microscopia eletrônica de varredura e difração de raios X. Para os ensaios de microscopia, inicialmente, as amostras foram analisadas sem qualquer tipo de recobrimento, em seguida foram recobertas com carbono e, por fim, foi utilizado o recobrimento com ouro.

Nas análises de difração de raios X, as amostras foram trituradas e analisadas sem e com adição de fluorita ( $\text{CaF}_2$ ). Fluorita foi adicionada para posterior análise quantitativa dos resultados.

Quando as amostras não estavam sendo utilizadas elas permaneceram protegidas da umidade dentro de um dessecador.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A primeira etapa das análises, feita através da microscopia eletrônica (MEV), resultou em imagens da microestrutura das pastas contendo diversos produtos típicos da hidratação de cimento. Além de tais produtos,

foram visualizadas pequenas agulhas, consideradas possivelmente como sendo singenita.

Na análise por difração de raios X detectou-se, qualitativamente, a presença de diversos picos que coincidem com os picos de diversos minerais formados durante a hidratação do cimento, tais como: Portlandita, silicatos, aluminatos e ferroaluminatos. Também foram detectados picos referentes aos produtos sal de Friedel, etringita e singenita nas diversas idades analisadas.

## CONCLUSÕES:

Detectou-se a presença de singenita nas imagens obtidas através de microscopia eletrônica de varredura e difração de raios-X, confirmando a hipótese levantada. Questões como interrupção, ou não, da hidratação da pasta e a sua utilização úmida serão levadas em consideração futuramente. A quantificação da singenita nas pastas é o próximo passo do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

IRAMINA, Wilson Siguemasa. **A operação de perfuração.** Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2219078/mod\\_resource/content/1/Aula%2017.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2219078/mod_resource/content/1/Aula%2017.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2018.

RAMALHO, André; ROSAS, Rafael. Petrobrás: **Produção de petróleo no Brasil deve crescer 38% até 2022.** Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/5234669/petrobras-producao-de-petroleo-no-brasil-deve-crescer-38-ate-2022>>. Acesso em: 22 jan. 2018.

ROCHA, Camila Aparecida Abelha. **Influência da pressão e temperatura de cura e da adição de NaCl e KCl no comportamento de pastas para cimentação de poços de petróleo.** 223 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.

SOUZA, Bruno Bolsanelo; BORGES, Sergio Pinto de Moura Souza. **Influência dos cloretos de sódio e de potássio nas propriedades plásticas e no comportamento mecânico de pastas para cimentação de poços de petróleo.** 155 p. TCC (Graduação em Engenharia de Petróleo) – UFRJ, Rio de

Janeiro, 2011.

## Agradecimentos:

À COPPE – UFRJ, por oferecer o suporte necessário à fabricação das pastas e aos ensaios de microscopia eletrônica;

Ao Instituto de Física – UFF, por permitir a utilização de seus laboratórios e a realização do ensaio com o difratômetro de raios X;



## Engenharia

### Desenvolvimento e avaliação de câmara climática com controle de temperatura e umidade relativa.

Matheus Coitinho Constantino, Fabio Toshio Kanizawa

Departamento de Engenharia Mecânica / Escola de Engenharia / LATERMO

**INTRODUÇÃO:** O objetivo principal deste projeto é desenvolver uma câmara climática compacta para aplicação laboratorial, baseada em uma célula Peltier, para possibilitar o resfriamento do interior, em uma resistência elétrica, para possibilitar o aquecimento do interior, e em um umidificador para ajuste de umidade. Ao final do projeto, o protótipo deve ser capaz de efetuar o condicionamento de amostras de material dessecante para avaliação de ciclos de refrigeração evaporativo.

A câmara climática de porte reduzido pretendida neste projeto contará com capacidade de 12 litros, controle de temperatura entre 10 e 60°C, e de umidade relativa entre 10 e 100%. A câmara será confeccionada a partir de placas de poliestireno expandido de baixa densidade, o qual possui reduzida condutividade térmica ( $k(20^{\circ}\text{C}) \approx 0,027 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ; Lienhard, 2013) e fácil manuseio. Já a parte de instrumentação e controle foi implementada em plataforma Arduino, com o auxílio de alguns componentes, como o sensor de temperatura.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

O sistema de arrefecimento foi composto da célula Peltier, acoplada a duas aletas, disponíveis no laboratório, que por sua vez possuíam ventoinhas presas em suas estruturas. A unidade de dissipação de calor, composta pelas aletas e ventoinhas, apresentava dois papéis fundamentais para o funcionamento do sistema. Em primeiro lugar, o calor cedido ao lado quente da célula, devido ao efeito termoelétrico, devia ser dissipado da melhor forma possível para que não houvesse uma diferença de temperatura muito elevada entre os lados da célula e, dessa forma, evitando assim fluxo de calor no sentido contrário ao desejado, prejudicando o resfriamento do ambiente interno à câmara. Em

segundo lugar, a área de transferência de calor entre a célula Peltier e o ambiente interno, devia ser aumentada para que o arrefecimento ocorresse de forma correta.

O sistema de aquecimento, por outro lado, foi mais simples de ser implementado. Conforme citado, uma resistência elétrica foi escolhida para aquecer o meio interno através do efeito Joule. Uma característica peculiar da resistência em questão é o fato dela ser adesiva. Dessa forma, esse componente do sistema foi colado em uma placa de alumínio que servia, tanto como suporte, quanto uma extensão de área de transferência de calor.

O valor estimado para a carga térmica de aquecimento foi de 30,69 W, enquanto para a de resfriamento foi de 22,52 W. A partir desses parâmetros, constatou-se que uma célula Peltier seria capaz de condicionar o ambiente interno à câmara à temperatura mínima desejada. Com relação ao sistema de aquecimento, foi escolhida uma resistência adesiva que, por efeito Joule, fosse capaz de fornecer a carga térmica calculada.

Com o protótipo finalizado, foi capaz de averiguar o funcionamento dos sistemas, a partir da leitura da temperatura interior por um termopar. Foi comprovado, portanto, que o sistema de aquecimento funcionava de forma correta, a temperatura aumentava rapidamente e, em alguns minutos, chegava ao patamar estipulado inicialmente, de 60 °C. Entretanto, o sistema de arrefecimento não funcionou de forma desejada. A temperatura interna mínima obtida foi de 14 °C, quatro graus Celsius a mais do patamar escolhido no início do projeto.

A Figura 1 ilustra a variação da temperatura com o tempo para dois ensaios realizados, com objetivo de obter temperatura interna de 60 e 10 °C. Conforme pode ser observado a partir desta figura, a temperatura elevada é atingida em curto intervalo de tempo, enquanto que a

temperatura de 10 °C não é atingida mesmo com elevado tempo de espera.

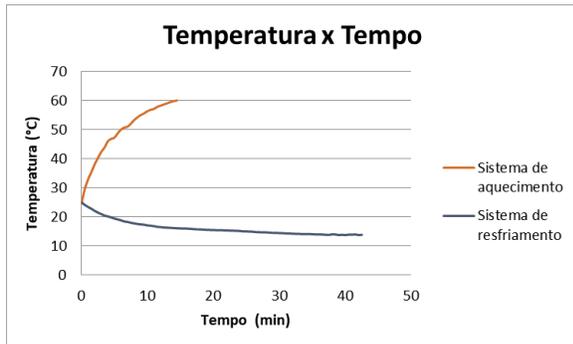


Figura 1 – Resultado de variação de temperatura com tempo para aquecimento e resfriamento.

Tal aspecto pode ser justificado com base na capacidade de refrigeração da célula Peltier ser insuficiente para atender a carga térmica do sistema. Alternativamente, pode-se especular que a face quente da célula Peltier não foi fixada adequadamente ao dissipador de calor, criando assim elevada resistência térmica de contato, e degradando o desempenho do sistema de resfriamento.

## CONCLUSÕES:

Com base no estudo realizado, pode-se concluir que o protótipo funcionou adequadamente para controle de temperatura, embora tenha limitação para temperaturas baixas. Adicionalmente, ressalta-se que a plataforma Arduino para controle do sistema se mostrou adequada, indicando assim potencial de melhoria do sistema para controle também de umidade.

## Agradecimentos:

O primeiro autor agradece a Proppi – UFF pelo suporte financeiro via bolsa de iniciação científica.



**Grande área do conhecimento: Engenharias**  
**Título do Projeto: Modelagem de Riscos de Processos com apoio da Lógica Nebulosa**  
**Bolsista: Ariela Araujo Serejo**  
**Unidade / Departamento / Laboratório: Escola de Engenharia - TCE / Engenharia de Produção - TEP / Núcleo de Estudo de Riscos de Processos Industriais - NERPI**

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto busca engajar graduandos no processo de investigação científica acerca das técnicas usuais que se aplicam Modelagem de Riscos de Processos, proporcionando a possibilidade do aprendizado tanto no contexto teórico quanto aplicado, despertando a vocação técnica e científica de pesquisa.

Esta etapa do projeto objetiva a análise da integração das técnicas qualitativas de risco com a modelagem por lógica nebulosa (*fuzzy*), de forma a reduzir a subjetividade inerente ao processo de apoio a decisão. A proposta metodológica segue quatro etapas: (1) pesquisa no portal de periódicos da CAPES, para a consolidação da base conceitual do projeto; (2) seleção e estudo da integração das técnicas de risco com a lógica *fuzzy*; (3) desenvolvimento do instrumento proposto e (4) aplicação e validação do instrumento num caso real da indústria.

## 2. ESTRATÉGIA DE MODELAGEM POR LÓGICA NEBULOSA

A lógica nebulosa é a lógica baseada na teoria dos conjuntos nebulosa. Ela difere dos sistemas lógicos tradicionais em suas características e seus detalhes. Nesta lógica, o raciocínio exato corresponde a um caso limite do raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas.

Na lógica nebulosa, o valor verdade de uma proposição pode ser um subconjunto nebuloso de qualquer conjunto parcialmente ordenado, ao contrário dos sistemas lógicos binários, onde o valor verdade só pode assumir dois valores: verdadeiro (1) ou falso (0). Nos sistemas lógicos multi-valores, o valor verdade de uma proposição pode ser ou um elemento de um conjunto finito, num intervalo, ou uma álgebra booleana.

Um controlador lógico *fuzzy* (sigla, em língua inglesa, FLC) é composto por uma interface de fuzificação, um sistema de inferência, uma interface de defuzificação e uma base de conhecimento que compreende uma base de dados e uma base de regras, conforme ilustrado na figura 1, a seguir.

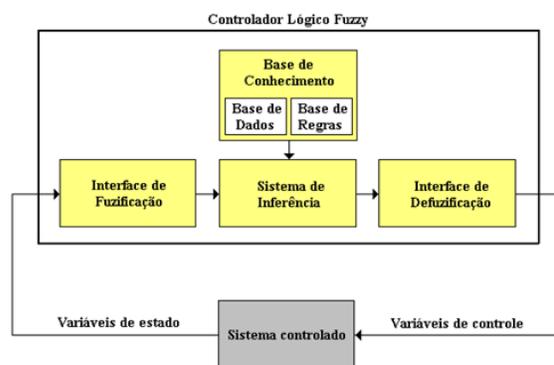


Figura 1 - Estrutura genérica de um Controlador Lógico (Ginalber,2001)

Neste sentido, segundo Ginalber (2001), basicamente, controladores lógicos nebulosos são sistemas baseados em conhecimento que incluem regras e funções de pertinência nebulosa, para incorporar o conhecimento humano em sua base de conhecimento, isto é, regras de inferência constituídas por uma parte antecedente condicional "IF" e uma parte consequente "THEN" descrevendo as ações a serem tomadas em face a um evento particular.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O projeto se encontra no estágio da consolidação do instrumento.

Para o desenvolvimento do instrumento para diagnóstico socioambiental municipal com Apoio da Lógica Nebulosa, adotaram-se as seguintes etapas:

1) Inicialmente foram definidos os conjuntos nebulosos sob os quais seriam analisadas as

variáveis de *input* do modelo PRESSÃO-ESTADO e *output* da abordagem RESPOSTA.

2) O passo seguinte consistiu em determinar as regras sob as quais seriam feitas as inferências a partir dos resultados dos inputs. Tais regras funcionam sob uma relação de causa e consequência, onde são estabelecidos cenários de correlação entre os indicadores de entrada e determinados os resultados do output a partir de cada caso.

- ✓ SE (Ocorrência é baixa) E (Severidade é baixa) ENTÃO Risco é Fracamente Irrelevante.
- ✓ SE (Ocorrência é média) E (Severidade é baixa) ENTÃO Risco é Irrelevante.
- ✓ SE (Ocorrência é alta) E (Severidade é baixa) ENTÃO Risco é Aceitável.
- ✓ SE (Ocorrência é baixa) E (Severidade é média) ENTÃO Risco é Fracamente Aceitável.
- ✓ SE (Ocorrência é média) E (Severidade é média) ENTÃO Risco é ALARP.
- ✓ SE (Ocorrência é alta) E (Severidade é média) ENTÃO Risco é Inaceitável
- ✓ SE (Ocorrência é baixa) E (Severidade é alta) ENTÃO Risco é Tolerável
- ✓ SE (Ocorrência é média) E (Severidade é alta) ENTÃO Risco é Fracamente Tolerável
- ✓ SE (Ocorrência é alta) E (Severidade é alta) ENTÃO Risco é Fortemente Inaceitável

3) A terceira etapa envolveu a definição das inter-relações entre inputs e o output, na qual foram delineados como seriam utilizados os operadores nebulosos que fariam a integração dos indicadores de entrada, e ainda nesta etapa foi definido como o resultado desta operação seria desdobrado no output (método de implicação).

4) No quarto passo foi determinado como o resultado do método de agregação seria interpretado para geração de um resultado.

5) E, por último, no 5º passo, o output é desdobrado em um resultado numérico que representa o nível de urgência da questão do saneamento básico no município analisado.



Figura 2: Modelo PER

A partir das regras de inferência elicitadas para as regiões, foi desenvolvido e modelado o controlador “fuzzy-risk” para o modelo PER.

#### 4. CONCLUSÕES:

A metodologia se mostrou adequada na identificação das regiões críticas em função dos parâmetros de severidade e ocorrência dos eventos em estudo e na identificação das respectivas regiões de risco estudadas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

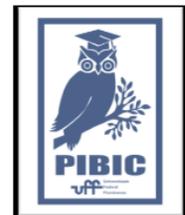
GINALBER L. de O. S. Computação Evolutiva e Sistemas Fuzzy. Curso de Computação Evolucionária. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Coordenação de Pós-Graduação. Universidade Estadual de Campinas, 2001.

LIMA, G.B.A. Gestão de Riscos de Processos em Sistemas Industriais. Projeto de Iniciação Científica. Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação. Universidade Federal Fluminense. RJ, 2016.

PROTA, L.F.M. Análise de Falhas em Processos Utilizando Metodologia Integrada FMEA e BOW-TIE: Estudo de Caso em Processos de Manufatura. Projeto Final de Graduação do Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal Fluminense. RJ. 2014.

#### Agradecimentos:

A PROPPI/UFF pela iniciativa de incentivo à pesquisa e apoio na concessão da bolsa de iniciação científica. Aos pesquisadores do Núcleo de Estudo de Risco de Processo Industrial pelo apoio e orientação na pesquisa.





Engenharia – 3.00.00.00-9

## MEDIÇÃO DE VAZÃO ATRAVÉS DE TUBOS COM SENSORES PIEZOELÉTRICOS

Brunno Abreu da Fonseca Vargas

Escola de Engenharia/ Laboratório de Vibrações e Automação

### INTRODUÇÃO:

A vazão é um parâmetro essencial para o controle e otimização de diversos processos de produção no setor industrial, e utilizada para finalidade de monitoramento de consumo doméstico e comercial. Métodos e técnicas de medição não invasivos de baixo custo e boa performance são cada vez mais demandados, principalmente em cenários em que o fluido possua características nocivas ou porta partículas sólidas.

O método de medição não invasivo apresentado neste trabalho baseia-se na instalação de sensores piezoelétricos na superfície externa de trechos retos, curvas de raio curto e curvas de raio longo montados em uma tubulação. O escoamento turbulento interno ao duto ocasiona flutuação de pressão e consequente vibração na parede do tubo, causando deformações precursoras de tensão elétrica nas piezocerâmicas. O objetivo é comparar os desvios padrões dos sinais obtidos com a vazão indicada por rotâmetros, criando uma curva de calibração para cada configuração de circuito hidráulico.

Na primeira etapa, simulações numéricas realizadas no software ANSYS *Fluent*®, através de modelos que se baseiam nas equações de Navier-Stokes simplificadas para escoamento incompressível, desprezando os termos força gravitacional. Considerando a existência de flutuações instantâneas de velocidade, pressão, temperatura, típicos de regime turbulento, aplica-se a decomposição de Reynolds nas equações de conservação da quantidade de momento linear e obtém-se RANS (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*). Aplicando a hipótese de Boussinesq para modelar os termos de tensões de Reynolds presentes em RANS, surge a necessidade de se estabelecer alguma relação matemática para a viscosidade turbulenta. Dentre os modelos semi-empíricos existentes na literatura para satisfazer

a relação, adotou-se o modelo  $K-\epsilon$ , incorporando outros novos termos: energia cinética turbulenta ( $K$ ) e taxa de dissipação viscosa ( $\epsilon$ ). Em seguida, a solução das equações diferenciais e algébricas na simulação numérica através do algoritmo SIMPLE ao longo da malha desenvolvida no próprio pacote computacional ANSYS®, sujeita às condições de contorno e propriedades observadas nos experimentos propostos. Não sendo possível calcular diretamente os termos de flutuação de pressão, utiliza-se a proposição de Evans *et al.* (2004) em que a flutuação de pressão pode ser relacionada com o termo de energia cinética turbulenta, valendo-se dessa variável como critério de seleção do posicionamento dos sensores piezoelétricos.

Dois circuitos hidráulicos implementados no Laboratório de Vibrações e Automação verificam aplicação do método: no primeiro caso, um circuito simples (Figura 1), válvula e trechos instrumentados em série; no outro, um circuito com derivação em paralelo (Figura 2), onde cada um dos ramos é composto por trechos curvos instrumentados e válvula. A última configuração simularia um sistema de distribuição, em que o consumo total de água é a soma daqueles valores de vazão estimados para cada um dos casos. Em ambos os circuitos, a simulação numérica foi levada em conta para a localização de instalação dos PZTs.

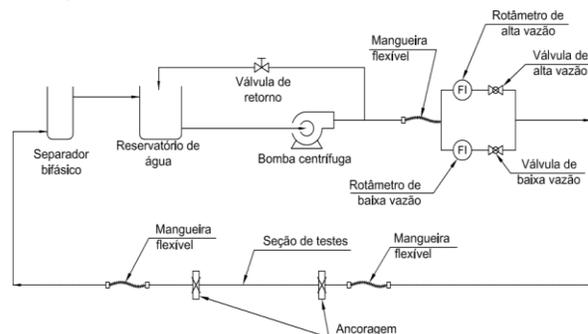


Figura 1: Circuito Hidráulico Simples.

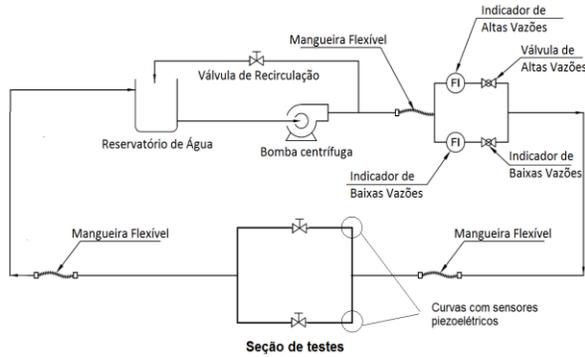


Figura 2: Circuito Hidráulico com derivação em paralelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

As simulações numéricas foram insuficientes para prever o melhor posicionamento dos PZTs no trecho reto. E, como proposto por Evans *et al.* (2004), os dados experimentais com a configuração do circuito hidráulico simples estão bem próximos à curva de interpolação polinomial de segundo grau, com Coeficiente de Determinação  $R^2=0,993$ , assegurando boa precisão em medições a partir de  $1,4\text{m}^3/\text{h}$  de vazão (Figura 3). As simulações para os trechos em curva de raio longo e curto, entretanto, indicaram regiões de pronunciada energia cinética turbulenta à jusante do raio externo, com maior destaque na curva de raio curto. No circuito hidráulico simples, o comportamento quadrático entre o desvio-padrão e a vazão também pôde ser observado para os trechos curvos; o PZT instalado na posição de  $90^\circ$  no trecho de raio curto (Figura 4), segundo o sistema de referência adotado, foi capaz de medir em toda a faixa de vazão do ensaio (de  $0,2\text{m}^3/\text{h}$  até  $8\text{m}^3/\text{h}$ ), com  $R^2$  de 0,997 para interpolação polinomial de ordem 2. Os melhores resultados para a curva de raio longo foi apresentado pelo PZT instalado à  $67,5^\circ$  (Figura 5), no lado externo à curva, com vazão mínima superior àquela obtida pelo raio curto:  $0,6\text{m}^3/\text{h}$ .

Os resultados com a configuração de circuito hidráulico contendo derivação em paralelo não foram satisfatórios. Quando uma das válvulas é mantida aberta e a outra, fechada, os sinais oriundos dos piezoelétricos de ambos os trechos assumem perfis semelhantes, quando se esperava comportamentos bem distintos entre si. Diante desse fenômeno, a proposta inicial em que se compararia a soma das vazões calculadas em cada ramo ao valor indicado pelo rotâmetro é

invalidada nas condições em que foram conduzidos os experimentos.

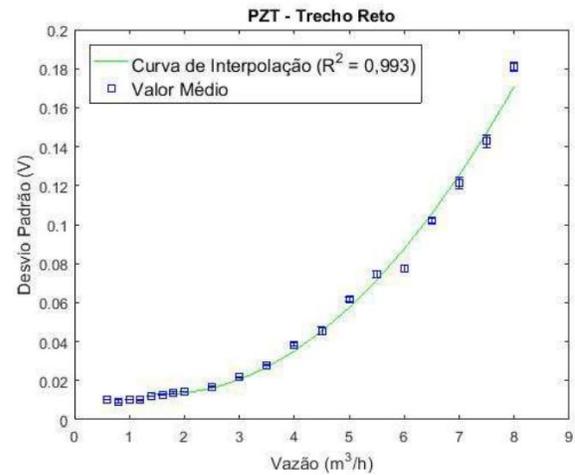


Figura 3: Resultado Trecho Reto.

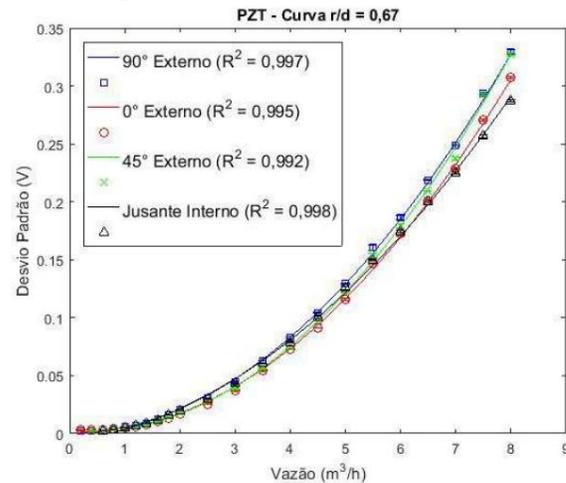


Figura 4: Resultado Trecho de Raio Curto.

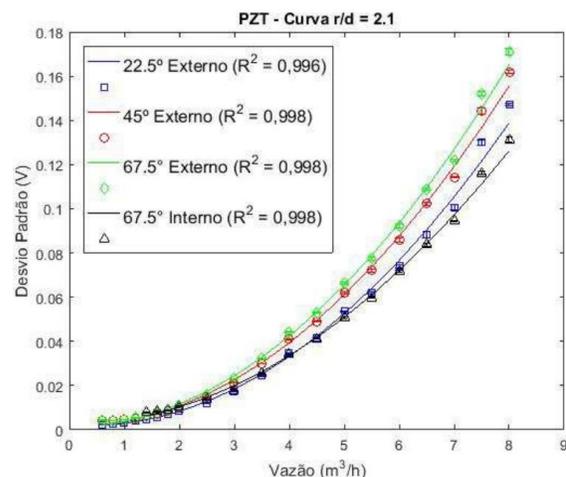


Figura 5: Resultado Trecho de Raio Longo.

## CONCLUSÕES:

Os resultados para os trechos curvos e reto demonstram a promissoriedade do método proposto para uma larga faixa de vazões, típicas do cenário domiciliar, industrial e comercial. Observou-se, conforme esperado, que as amplitudes de flutuação de pressão em escoamentos turbulentos e, conseqüentemente, de vibração e deformação dinâmica de estruturas tendem a aumentar com o aumento da vazão. Além disso, quanto mais pronunciada a mudanças da direção do escoamento, maiores os níveis de turbulência, razão pela qual o trecho de curva de raio curto exibiu os melhores resultados – como previsto na análise numérica – com a maior faixa de vazão e amplitude de sinais, seguido das respostas concebidas através curva de raio longo e reto, na ordem.

Entretanto, os resultados para o circuito hidráulico modificado para que a seção de testes contivesse uma derivação em paralelo foram insatisfatórios, principalmente por apresentar uma oscilação de sinais no trecho bloqueado para escoamento, fornecendo um falso indicativo de vazão. Concluiu-se que o trecho de tubulação com sensor piezoelétrico deve estar localizado distante de outros elementos de tubulações, como curvas e válvulas, que alteram o escoamento e causam perturbação nos sinais medidos. Essa premissa, inclusive, é condição a ser atendida na instalação de outros instrumentos de medição de vazão, e verifica-la experimentalmente apenas confirma a influência dos trechos vizinhos nos resultados.

## Agradecimentos:

A Deus pela saúde e força para que pudesse superar as dificuldades.

A minha mãe, meu pai e irmã, Heloisa, Rogério e Daniella, pelo incentivo à educação e pela perseverança ao longo da vida.

Aos meus orientadores, Roger M. Moreira e Antônio L. Gama por compartilharem conhecimento, conselhos e ensinamentos sem os quais não seria possível realizar este trabalho.

A Thiago F. B. Bento por todas as sugestões e explicações.

A todos aqueles que direta ou indiretamente me deram suporte durante esses meses de pesquisa.

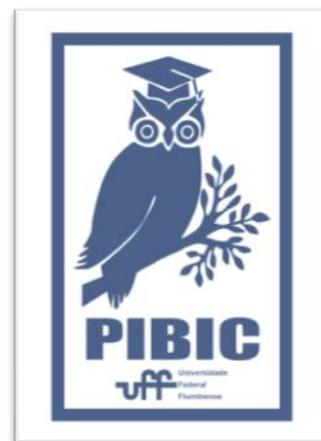


Figura 6: logotipo UFF – PIBIC.



**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**Modelagem da Dispersão de Poluentes em Meios Fluviais**

**Priscilla Maria Reis Thomé de Souza da Silva**

**Escola de Engenharia / Departamento de Desenho Técnico /  
Laboratório de Dinâmica dos Fluidos Computacional**

## **INTRODUÇÃO:**

O conhecimento do comportamento da dispersão de poluentes, para prever possíveis danos às bacias hidrográficas e proteger os sistemas fluviais, é essencial para o desenvolvimento de novos empreendimentos industriais. A utilização de softwares, capazes de analisar numericamente as variáveis e gerar modelos eficientes para a descarga de poluentes, é um importante aliado nesse cenário. O aumento da capacidade de processamento, que acompanha a evolução da tecnologia dos computadores, leva a Mecânica dos Fluidos a outro patamar, ampliando sua aplicabilidade e gerando resultados que podem ser comparados aos experimentais.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a evolução do campo de concentrações de uma pluma de efluente em um canal e investigar como esta se dispersa, realizando experimentos numéricos e comparando diferentes equações da literatura.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Os resultados das simulações computacionais obtidas através do software COMSOL 4.4, foram comparados gerando resultados específicos obtidos através da utilização dos coeficientes de dispersão longitudinal de Elder (1959), o coeficiente calculado através da viscosidade dinâmica turbulenta ( $\mu_T$ ), Nikora & Sukhodolov (1993) e Devens et al. (2010).

Para a comparação dos resultados obtidos através da modelagem foram escolhidos três pontos distintos do canal de correntes.

Um dos pontos selecionados foi à 0.05 m de profundidade de onde é lançado o poluente,

outro à 0.25 m e o último à 0.45 m. Estes pontos foram analisados ao longo de todo o comprimento do canal e suas concentrações calculadas de acordo com os respectivos coeficientes de dispersão longitudinal.

Na profundidade de 0.05 m as concentrações calculadas de acordo com o coeficiente de Elder (1959) mostraram-se maiores do que as demais - até os dois metros de distância. Nessa mesma profundidade, mas para distâncias maiores, as concentrações calculadas por essas três equações praticamente se equiparam.

De acordo com a Figura 1, para uma profundidade de 0.25 m, ocorreu uma inversão de concentrações, sendo as concentrações calculadas por Nikora & Sukhodolov (1993) maiores e as calculadas por Elder (1959) menores. Esse padrão de comportamento se repete na profundidade de 0.45 m.

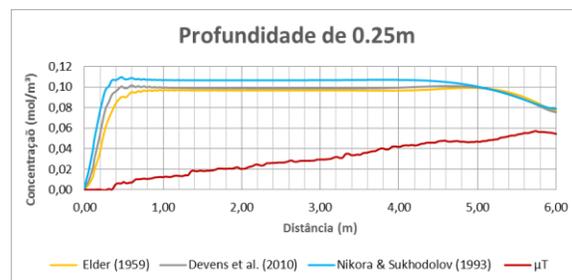


Figura 1: Concentrações na profundidade de 0.25m.

Por fim, é possível perceber que o comportamento da dispersão calculado por Elder (1959) e Devens et al (2010) praticamente se sobrepõe, enquanto os valores de dispersão calculados através de Nikora & Sukhodolov (1993) se destacam, vide Figura 2. Apesar das equações de Nikora & Sukhodolov (1993) e Devens et al (2010) terem sido deduzidas através de experimentos em campo, elas se diferenciam entre si, tendo Devens et al (2010)

um comportamento muito mais parecido com a equação de Elder (1959).

## CONCLUSÕES:

Os resultados obtidos através das simulações demonstraram uma maior correlação entre os valores de concentração calculados através das equações Elder (1959), Nikora & Sukhodolov (1993) e Devens et. al. (2010), sendo que o comportamento da dispersão calculado pela equação de Nikora & Sukhodolov (1993) se destaca dos demais, como pode ser visto na Figura 2, apresentando uma maior influência da difusão, o que pode ser notado de acordo com a angulação das curvas de dispersão.

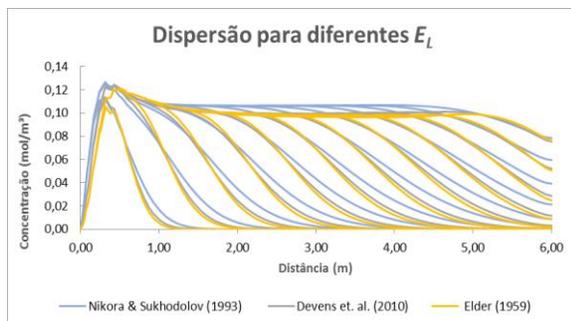


Figura 2: Dispersão de acordo com os coeficientes de Elder (1959), Nikora & Sukhodolov (1993) e Devens et. al. (2010).

Agora, será possível realizar os experimentos em um canal de correntes para se avaliar qual expressão para o coeficiente de dispersão longitudinal mais se adequa à realidade. A proposta para continuação deste trabalho consistirá na realização destes experimentos para corroboração dos resultados obtidos através da análise numérica.

## AGRADECIMENTOS:

Sou grata pelo tempo, paciência e conhecimento técnico que o Professor Roger Matsumoto Moreira disponibilizou para que fosse possível realizar este trabalho. Agradeço pela possibilidade de levar este trabalho adiante e por ter me orientado.

Também sou grata a Almir Guilherme Siqueira Lopes Ritta e Guilherme Meireles da Silva, ex-alunos do Mestrado e da Graduação de Engenharia Química da UFF, que auxiliaram na familiarização com o software COMSOL. Além

disso, a tese de mestrado e a dissertação, produzidas por eles, serviram de base para a elaboração deste trabalho.

## REFERÊNCIAS:

- [1]DEVENS, J.A.; BARBOSA JR., A.R.; SILVA, G.Q.; GIORGETTI, M.F. Modelos empíricos e semi-empíricos para a obtenção do coeficiente de dispersão longitudinal de pequenos cursos de água. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 15, n. 1, p. 75-88. 2010.
- [2] ELDER, J.W. The dispersion of a marked fluid in turbulent shear flow. *Journal of Fluid Mechanics*, v. 5, n. 4, p. 544-560. 1959.
- [3] NIKORA, V.I. & SUKHODOLOV, A.N. Longitudinal Dispersion of a Conservative Pollutants in Small Rivers. Proceedings of the First International Conference on Hydro-Science and-Engineering. Washington, DC, USA, pp.379-384, 1993.
- [4] RITTA, A.G.S.L. Análise dos efeitos do coeficiente de dispersão na modelagem numérica de efluentes em rios e canais. Niterói, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola de engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.



**Grande área do conhecimento: ENGENHARIA**

**Título do Projeto: TRANSMISSÃO DE SINAIS DE ÁUDIO SOBRE FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA**

**Autores: JULIANA OLIVEIRA DE PAULA**

**Departamento/Unidade/Laboratório ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES / UFF-UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE/ LACOP-LABORATÓRIO DE COMUNICAÇÕES ÓPTICAS**

### **INTRODUÇÃO:**

O trabalho desenvolvido no Laboratório de comunicações ópticas consistiu em uma série de caracterizações de alguns componentes Optoeletrônicos que compuseram a parte de transmissão e recepção de um enlace de envio de sinais de áudio através da fibra óptica plástica de PMMA, ou seja, além de mostrarmos o desenvolvimento de um enlace de sinais de áudio analógico com base no uso de POFs de PMMA e de dispositivos optoeletrônicos simples também o aqui caracterizados em banda. Entrando um pouco no âmbito das fibras, a tecnologia de fibras ópticas remonta os anos 50. Porém, só a partir de meados dos anos 70 é que começou a ser utilizada comercialmente. As fibras ópticas plásticas (POFs) remontam de 1968, mas o seu uso generalizado para enlaces de comunicações só foi iniciado em meados dos anos 90. A partir de aproximadamente o final dos anos 90, foi iniciado o advento das redes residenciais cabeadas com POFs. Fibras ópticas de sílica e toda a tecnologia correlata, são geralmente consideradas muito sofisticadas e caras para aplicações em pequenas redes, em especial as redes residenciais. Para esta últimas, é tradicional o uso de cabos metálicos que de fato tem resolvido o problema, mas apresentam limitações como: peso e volume que podem ser excessivos, não-isolação elétrica, susceptibilidade à EMI e limitação de banda. A tecnologia de POFs tem então sido considerada não só no ambiente acadêmico, como também na indústria como uma solução bastante interessante que pode também ser combinada com as tecnologias sem-fio. Devido as melhorias que vem sendo obtidas nas propriedades químicas, térmicas, na transparência óptica e capacidade de transmissão das POFs ao longo dos anos, tais fibras vem se tornando cada vez mais relevantes em sistemas de comunicação em

distâncias curtas ( $< 500$  m para POFs de PMMA). Em especial, as POFs de PMMA são as mais fabricadas e utilizadas no mundo. Operam na região do espectro visível, são de manipulação simples pois exibem núcleo de grande diâmetro ( $\sim 1$ mm), facilitando os diversos tipos de conexões ópticas e requerem geralmente o uso de ferramentas e componentes de custo relativamente baixo. Em particular, foto-detecores do tipo foto-transistor e foto-Darlington são caracterizados e comparados entre si, de forma que a utilização do último possa permitir obter um enlace mais longo de POF, sem que seja necessário incluir amplificadores no circuito de recepção. A motivação geral deste trabalho, consiste em desenvolver componentes e sistemas para redes residenciais baseados em POFs. Neste documento apresentaremos os resultados e as discussões relacionadas à: caracterização dos LEDs utilizados como fonte de luz modulada, caracterização dos foto-detecores utilizados na recepção da referida luz modulada, caracterização de enlaces completos com POFs. E por fim discutimos o processo de transmissão e algumas conclusões do trabalho.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

#### **Caracterização dos LEDs**

Tipicamente, são usados dois tipos de fontes de luz nas comunicações a fibra óptica: LED e Laser (LD) semicondutores. Na tecnologia de POFs, os LEDs com resposta de modulação na faixa de dezenas de MHz ou mais e potência óptica de saída da ordem de mWs, são convenientes devido à sua robustez, simplicidade, custo e facilidade de conexão com as tais fibras. A escolha do LED hiper-red a esperado algo da ordem de 20 MHz. Desta forma, foram obtidas curvas  $A_{out} \times f$  para os LEDs hiper-vermelhos.

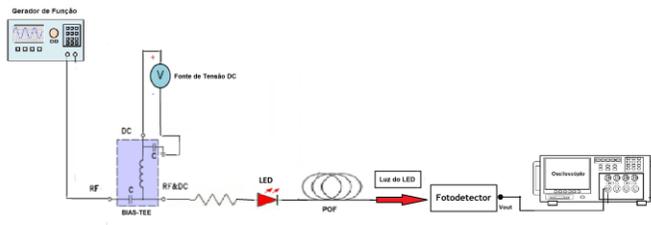


Fig. 3 Montagem experimental geral destinada à caracterização dos dispositivos optoeletrônicos e do enlace completo com POFOs de PMMA.

Aplicou-se uma voltagem de *bias* de 2,4 V no LED, superposta com um sinal senoidal de frequência  $f$  na faixa de MHz com amplitude  $A_{in}$  de entrada fixa. O *bias-T*, é um dispositivo elétrico de três portas geralmente para altas frequências, capaz de superpor um sinal DC com outro de RF, independentes entre si, gerando na saída um sinal composto DC+RF. No sentido inverso, um sinal de entrada DC+RF será na saída, separado em dois sinais independentes: DC e outro RF com grande isolamento entre eles. A razão do uso deste último, é que permite variar o nível de sinal DC (*bias*) de forma independente do RF, pois a banda do LED é uma função do nível de *bias* DC aplicado. Deve-se notar entretanto, que aqui não há interesse em maximizar a banda do LED pois apenas ~ duas dezenas de kHz são necessárias para uma transmissão de áudio.

Mediu-se no osciloscópio a amplitude  $A_{out}$  de saída para cada variação de  $f$ . Com os dados obtidos, foi construída a curva  $A_{out} \times f$  (Fig. 4), que mostrou que o LED hiper-vermelho possui uma banda analógica ou frequência de corte  $f_c$  de ~ 7 MHz. Este último valor, habilita os tais LEDs para utilização na caracterização de banda dos foto-deteciores tipo foto-transistor ou foto-Darlington, onde se espera uma banda de no máximo poucas dezenas de kHz. De forma natural, os LEDs hiper-vermelhos possuem banda analógica mais do que suficiente para compor os enlaces ópticos de sinais de áudio.

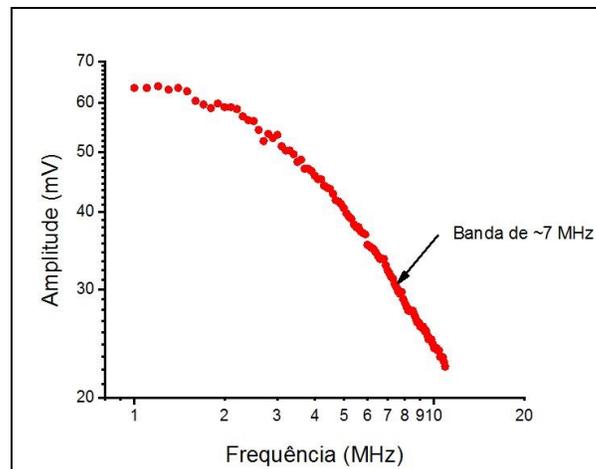


Fig. 4. Curva  $A_{out} \times f$  do LED hiper-vermelho com  $f_c \sim 7$  MHz.

#### CARACTERIZAÇÃO DOS FOTO-DETECTORES

A Fig. 5, mostra esquematicamente a conexão de polarização elétrica dos foto-deteciores (foto-transistor ou foto-Darlington) cujas caracterizações serão apresentadas nesta secção, e na próxima irão compor enlaces de áudio. A montagem de caracterização está mostrada na Fig. 3.

Um foto-transistor, consiste em um transistor sensível à luz que incide em sua base. Um foto-Darlington, consiste de duas partes: um foto-transistor onde o seu sinal elétrico de saída é aplicado em um transistor bipolar, ambas as partes encapsuladas em um único componente. Desta forma, pode-se inferir que um foto-Darlington é mais sensível que um foto-transistor, porém apresenta uma banda menor (frequência de corte menor).

Foto-transistores modelo IFD92 [8] e foto-Darlington modelo IFD93 [9], são vendidos pela Industrial Fiber Optics (USA). De acordo com os respectivos *data-sheets*: temos responsividade de  $50 \mu A/\mu W$  @ 632 nm e banda analógica  $> 15$  kHz para o IFD92 [8], enquanto que o IFD93 [9] apresenta responsividade de  $5300 \mu A/\mu W$  @ 650 nm e banda analógica em torno de 1 kHz. Os dois valores de banda analógica referem-se aos dois componentes polarizados com 5 VDC com carga de 1 k $\Omega$ . Pode-se notar que a banda especificada ( $> 15$  kHz) para o IFD92, atende ao necessário para um enlace de áudio, mas os ~ 1 kHz do IFD93 em princípio *não* atende. Entretanto, o IFD93 apresenta uma responsividade (sensibilidade) mais do que 100x maior que o IFD92, o que sugere o emprego do primeiro com a finalidade de estender um enlace com POFO. Para verificar a viabilidade deste último objetivo, torna-se necessário caracterizar

a banda real do IFD93, pois o fabricante apenas garante os  $\sim 1$  kHz. Adicionalmente, o conhecimento da frequência de corte real do IFD93, poderá ser útil para projetar um circuito eletrônico de equalização de sua resposta na faixa de  $\sim 1$  kHz até a faixa de áudio. Um projeto de circuito de equalização não foi realizado no âmbito deste artigo.

Os LEDs aqui utilizados são moduláveis em até  $\sim 7$  MHz, enquanto que os foto-detecores operam com banda máxima de 1 ou 2 dezenas de kHz. Então temos uma fonte óptica centenas de vezes mais “rápida” que qualquer dos dois tipos de foto-detector. Isto o que valida o uso de tal fonte óptica na medida da banda dos referidos foto-detecores.

A Fig. 6, mostra comparativamente os gráficos de resposta em frequências do IFD92 e IFD93. Pode-se extrair as frequências de corte em 185 kHz para o IFD92 e 15 kHz para o IFD93.

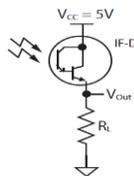


Fig. 5 Esquema de circuito de polarização dos foto-detecores IFD92 e IFD93.

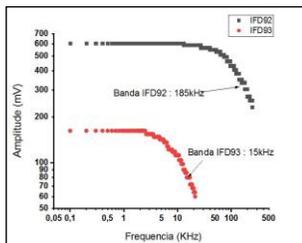


Fig. 6. Resultado da caracterização de resposta em frequências do IFD92 e IFD93 em escala logarítmica e 175 kHz) e o IFD93 ( $f_c = 16$  kHz) no receptor..

#### CARACTERIZAÇÃO DO ENLACE

A matriz polimérica de fabricação da POF aqui utilizada, é o acrílico ou poli-metil metacrilato (PMMA). Usou-se uma POF da Toray Industries (Japão), modelo PFU-CD1001 22E com perfil de índice degrau ( $SI = Step Index$ ) apresentando tipicamente 1,49 e 1,41 como índices de refração do núcleo e casca, respectivamente [2]. Tais POFs, exibem abertura numérica na faixa 0,46-0,51, produto banda-distância de 5-10 MHz.km e atenuação entre 140-160 dB/km em 650 nm [2]. Para

caracterizar o enlace quanto a resposta em frequências, foram feitas medidas variando-se o comprimento de POF e o tipo de foto-detector implementado no receptor (ver a configuração experimental esquematizada na Fig. 3).

A Fig. 7 mostra a resposta em frequência do enlace com 2 m de POF (*back-to-back*) usando o IFD92 e o IFD93 no receptor. Os resultados  $f_c = 175$  kHz e  $f_c = 16$  kHz são praticamente os mesmos dos obtidos para o IFD92 e IFD93, respectivamente, obtidos na secção anterior.

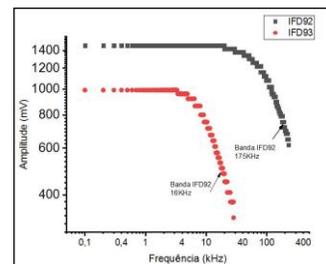


Figura 7 enlace com 2 metros de POF utilizando o IFD92 ( $f_c =$

A Fig. 8 mostra o mesmo, porém com 50 m de POF. Obteve-se  $f_c = 46$  kHz e  $f_c = 13$  kHz para o IFD92 e IFD93, respectivamente. Isto qualifica o IFD93 para transmissão de áudio onde também verifica-se a obtenção de um sinal com potência óptica cerca de 10 dB maior quando se usa um foto-Darlington ao invés de um foto transistor.

#### TRANSMISSÃO DE ÁUDIO

A Fig. 9, mostra esquematicamente o circuito eletrônico que implementa o transmissor óptico. Este último, foi montado sobre uma placa de circuito impresso onde D1 simboliza o LED hiper-vermelho e “plug som” é o conector de entrada do sinal elétrico originado de um telefone celular. A referida conexão foi feita através de um *plug* P2-P2 construído em laboratório. O circuito era alimentado com 3 V de uma bateria ou fonte DC regulada (em 4,2 VDC).

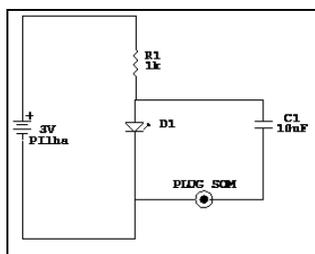


Fig.9. Esquema do circuito eletrônico de transmissão óptica.

A Fig. 10, mostra esquematicamente o circuito eletrônico que implementa o receptor óptico que também foi montado sobre uma placa de circuito impresso. A alimentação de 9 V podia ser fornecida por uma bateria ou fonte DC regulada. A saída do foto-detector (IFD92 ou IFD93) era conectada à um auto-falante.

A Fig. 11, mostra o esquema do enlace óptico de sinais de áudio, gerados por um telefone celular, através de ~1 m de comprimento de POF. A Fig. 12 mostra uma fotografia deste mesmo enlace. Do ponto de vista qualitativo, ou seja, quanto “percepção auditiva”, foi obtido um ótimo resultado quanto a fidelidade da música transmitida e a remotamente reproduzida.

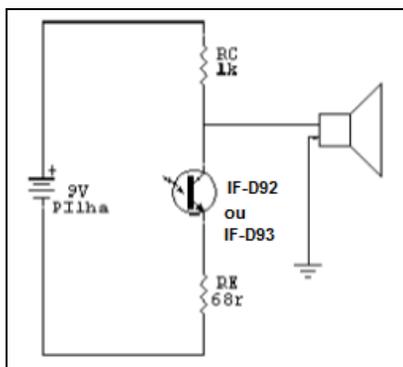


Fig. 10. Esquema do circuito de recepção óptica.

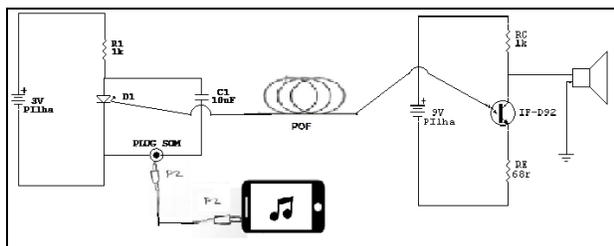


Fig. 11. Esquema do enlace óptico de sinais de áudio, gerados por um telefone celular, através de um certo comprimento de POF.



Fig. 12. Fotografia do enlace óptico de áudio com POF, completo.

## CONCLUSÕES:

Componentes optoeletrônicos relativamente simples puderam ser caracterizados também com uma técnica simples, e verificou-se a sua viabilidade para implementar enlaces ópticos de áudio com POFs.

A banda analógica de 7 MHz do LED hiper-vermelho Diemount, assim como 15 kHz e 185 kHz para o IFD93 e IFD92, respectivamente, qualificam quaisquer combinações para compor um enlace óptico de áudio.

Testes com 50 m de POF, mostraram que o uso do IFD92 no receptor não fornecia bons resultados, ou seja, obtinha-se um sinal de chegada muito baixo. Entretanto, com a utilização do IFD93, o nível de sinal de chegada era significativamente maior, sem comprometer a banda requerida para uma transmissão de áudio. Pode-se então concluir que utilizando o IFD93 ao invés do tradicional foto-transistor (no caso o IFD92), torna-se possível estender um enlace de POF de PMMA sem degradar a banda de áudio necessária.

Finalmente, foi montado um enlace de áudio a partir de um telefone celular como a fonte de informação (música) e um auto-falante como dispositivo de reprodução musical remota. Os resultados qualitativos, quanto a fidelidade da música gerada e a reproduzida, foram considerados satisfatórios.

## Agradecimentos:

Agradeço ao meu professor-orientador por todo apoio e aprendizado ao longo do projeto e ao PIBIC-CNPq pelo incentivo a pesquisa científica e tecnológica que é tão agregadora para nossa formação.



**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**Título do Projeto: Síntese de óxidos mistos de manganês  $AMn_2O_4$  (A=Co, Cu e Ni) pelo método de combustão em solução para oxidação do tolueno.**

**Autores: Gabriela O. C. Poncinelli, Thamires B. Cardoso, Alanna S.Moraes, Rita C. Colman**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Deptº Engenharia Química e Petróleo/LEMMA**

**INTRODUÇÃO:** Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são compostos altamente tóxicos, poluentes e perigosos (Langford *et al.*, 2010), podendo ainda contribuir como precursores de poluentes atmosféricos secundários como o ozônio, nitrato de peroxiacetila e aerossóis orgânicos (Alvim *et al.*, 2011). Dentre os COVs o tolueno se destaca por sua disponibilidade significativa na atmosfera, especialmente associada à exaustão veicular, evaporação de combustíveis e solventes e queima de material orgânico. (Forster, L.M.K *et al.*, 1994).

Logo, devido ao grande impacto ambiental e à saúde humana, o desenvolvimento de um método eficaz para eliminação ou redução de COVs contribuiria ambiental e economicamente. Neste contexto, a oxidação catalítica se destaca devido à economia de energia, baixa temperatura de oxidação, geração de pequenas quantidades de NOx e alta eficiência (Langford *et al.*, 2010; Hosseini *et al.*, 2012).

Dentre os diversos catalisadores já descritos na literatura, no presente trabalho os óxidos tipo  $AMn_2O_4$  (A = Co, Ni, Cu) sintetizados pelo método de autocombustão terão especial foco na oxidação do tolueno, sendo tal escolha relacionada à boa atividade catalítica e às promissoras aplicações quando sintetizados sob estrutura de espinélio (Castaño, 2015, Bastos *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2011).

## **METODOLOGIA**

Os catalisadores  $CoMn_2O_4$ ,  $CuMn_2O_4$  e  $NiMn_2O_4$  foram sintetizados pelo método de combustão em solução utilizando-se os respectivos nitratos (Sigma Aldrich®) como precursores e ureia como combustível. A proporção em número de mols de Co, Cu e Ni

para Mn FOI de 1:2 e a razão estequiométrica combustível/oxidante foi de 0,5. Em seguida, realizou-se a calcinação a 700°C durante 6 horas.

A difração de raios-X (DRX) foi empregada para identificação das fases obtidas. Utilizou-se a Equação de Scherer a fim de verificar os tamanhos de cristalito dos catalisadores sintetizados. A caracterização textural foi utilizada para determinar a área específica e volume de poros. A espectroscopia de infravermelho foi utilizada a fim de obter informações complementares sobre as fases obtidas. Adicionalmente, a morfologia dos pós obtidos foi analisada por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Os testes catalíticos para avaliação da oxidação catalítica do tolueno foram realizados em um reator de vidro de leito fixo sob pressão atmosférica. Os catalisadores foram inicialmente passaram por secagem a 300°C por 1 hora e posteriormente reduzidos sob um fluxo de  $H_2$  (20 mL/min). Posteriormente, os catalisadores foram avaliados na temperatura de 400°C, sob fluxo dos reagentes (tolueno e  $O_2$ ), nas quantidades estequiométricas. Os gases de alimentação e os produtos de reação foram analisados em um cromatógrafo Agilent, modelo 7890A.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados obtidos através da caracterização textural indicaram que a área específica obtida foi de 4,6 m<sup>2</sup>/g, 7,1 m<sup>2</sup>/g e 5,2 m<sup>2</sup>/g respectivamente para os catalisadores  $CoMn_2O_4$ ,  $CuMn_2O_4$  e  $NiMn_2O_4$ . Os valores obtidos para os catalisadores sintetizados foram cerca de 10 vezes menores que os valores encontrados na literatura, que variam de 27 a 31 m<sup>2</sup>/g segundo Hosseini *et al.* (2012). Deste

modo, é imprescindível analisar o processo de síntese dos catalisadores (tipo de recipiente, combustível, precursor, tipo de aquecimento utilizado e agitação mecânica), que podem ser modificados a fim de obter pós com maior área específica.

Os difratogramas obtidos para os catalisadores  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$  e  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$  são apresentados na Figura 1. No difratograma do catalisador Ni, os picos em  $2\theta = 37,5$ ;  $43$  e  $62,5$ , são atribuídos à presença da fase de NiO, enquanto os picos de CuO no difratograma do catalisador  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$  foram observados em  $2\theta = 35,25$ ;  $38,5$ ;  $48,63$ ;  $61,40$  e  $67,91$ .

Adicionalmente, o aparecimento de picos em  $2\theta = 18,7$ ;  $31$ ;  $36$ ;  $44$  e  $58$  revelaram a presença de espinélio inverso de  $\text{MnCo}_2\text{O}_4$ . Além disso, observa-se que na amostra  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$  é formado um espinélio cúbico, enquanto que nos outros dois catalisadores é formada uma estrutura tetraédrica. Os tamanhos dos cristalitos calculados para os catalisadores  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$  e  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$  foram, respectivamente,  $36$ ,  $37,6$  e  $49,2$  nm.

A Figura 2, apresenta os resultados de infravermelho com transformada de Fourier. Podem ser observadas bandas entre  $700$  e  $400$   $\text{cm}^{-1}$ , sendo  $610$  e  $498$   $\text{cm}^{-1}$  para o  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$ ;  $655$ ,  $581$  e  $483$   $\text{cm}^{-1}$  para  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$ ;  $596$ ,  $520$  e  $453$   $\text{cm}^{-1}$  para o  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$ .

Isso indica uma estrutura do tipo espinélio, no qual bandas acima de  $580$   $\text{cm}^{-1}$  correspondem à vibração relativa a átomos de oxigênio tetraédrico, enquanto vibrações relativas a oxigênios octaédricos são observadas ao redor de  $517$ ,  $500$  e  $560$   $\text{cm}^{-1}$  para  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$  e  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$ , respectivamente. Observa-se, ainda, leve sinal em  $3500$   $\text{cm}^{-1}$  indicando a quimissorção de água.

Por meio das micrografias (Figura 3) observa-se que os óxidos apresentaram tendência ao estado de aglomeração das partículas, perceptivelmente porosas.

A morfologia esponjosa e a presença de vazios (alta magnificação) mostraram-se adequadas do ponto de vista das potenciais propriedades catalíticas que são esperadas para o material.

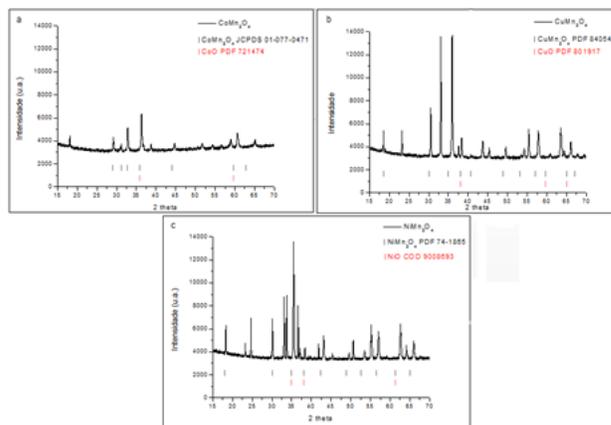


Figura 1: Difratogramas dos catalisadores  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$  e  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$ .

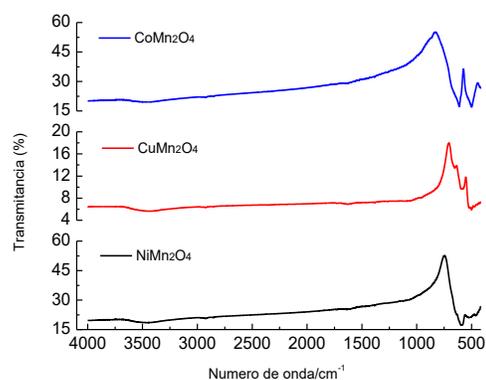


Figura 2: Espectros de IV: catalisadores  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$  e  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$ .

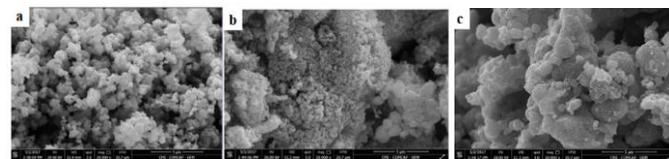


Figura 3: Micrografias dos catalisadores (a)  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$ , (b)  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$  e (c)  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$ .

A avaliação catalítica dos catalisadores na temperatura de  $300^\circ\text{C}$  revelou uma conversão em  $\text{CO}_2$  dos catalisadores  $\text{CoMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CuMn}_2\text{O}_4$  e  $\text{NiMn}_2\text{O}_4$  de, respectivamente,  $92\%$ ,  $99\%$  e  $65\%$ .

Analisando estes resultados em conjunto com o DRX e o FTIR possível verificar que o menor desempenho do Ni quando comparado ao Co e Cu pode estar associado ao maior tamanho obtido para as partículas de Ni, enquanto o melhor desempenho dos catalisadores contendo Co e Cu pode ser atribuído à presença de sítios ativos de  $\text{Mn}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  nestas amostras.

Adicionalmente, de acordo com Langford *et al.*, 2010, a maior atividade do catalisador de cobre pode ser atribuída ao maior teor de  $Mn^{3+}$  e ao efeito sinérgico entre manganês em espinélio e os cátions  $Cu^{2+}$ .

## CONCLUSÕES:

Os resultados indicam que nas condições empregadas o método de preparo dos catalisadores foi satisfatório, sendo a estrutura de espinélio obtida.

A conversão do tolueno para o catalisador  $CuMn_2O_4$  foi maior quando comparada aos catalisadores de Ni e Co, indicando uma possível relação com a área específica do catalisador. Já o catalisador de Ni obteve a menor conversão, o que pode ser devido a temperatura sob fluxo de  $H_2$  não ter sido suficiente para uma redução completa do catalisador.

Além disso, foi possível observar nos testes catalíticos a estabilidade dos catalisadores sintetizados, pois a conversão de tolueno foi constante durante 24h de reação.

## REFERÊNCIAS:

ALVIM *et al.*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2013.

BASTOS, S. S. T.; CARABINEIRO, S.A.C; ORFÃO, J. J. M; PEREIRA, J.J; FIGUEIREDO, J.L. *Cat. Today*, v.180, p. 148-154, 2012.

CASTAÑO, M. H.; MOLINA, R.; MORENO, S. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, v. 39, n. 150, p. 26-35, 2015.

HOSSEINI, S. A.; SALARI, A. Niaei; D.; NABAVI, S. R., *Ceramics International*, v. 38, p. 1655-1661, 2012.

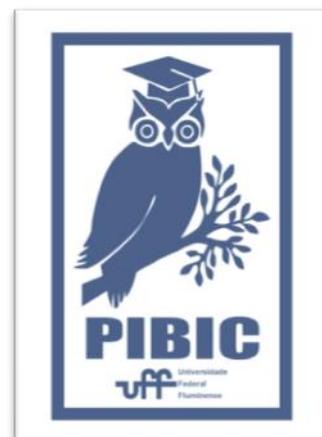
KANSAL, A.: *J. Hazard. Mater.* v.166, p. 17-26, 2009.

LANGFORD *et al.* *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 10, p. 627-625, 2010.

PÉREZ, A; LAMONIER, J.F; GIRAUDON, J.M; MOLINA, R; MORENO, S. *Catalysis Today*, v. 176, p. 286-291, 2011.

## Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de estudos, ao INT, UEM e RECAT-UFF pelas caracterizações.





**Grande área do conhecimento:** Engenharias

**Título do Projeto:** Simulações RANS de escoamentos através de dutos tridimensionais de seção transversal variável

**Autor:** João Victor Precht Reis

**Departamento/Unidade/Laboratório:** Departamento de Engenharia Mecânica/ Laboratório de Mecânica Teórica e Aplicada

## INTRODUÇÃO

O objeto do estudo desse trabalho são escoamentos turbulentos bifásicos em uma tubulação. Esse tipo de problema é comumente visto em diversas áreas, como por exemplo na indústria biomédica e do petróleo.

A ferramenta utilizada para resolver o escoamento foi a Fluido Dinâmica Computacional, método que a cada dia ganha mais espaço nas indústrias e na academia, devido ao seu baixo custo e grande versatilidade, podendo ser utilizada em diversos escoamentos em geometrias complexas.

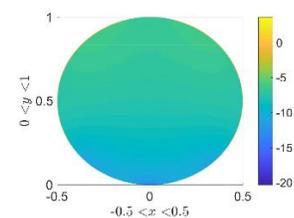
## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Primeiramente, foi necessário estudar a malha a ser utilizada de forma a representar o escoamento no duto além de permitir uma representação clara da interface entre os fluidos, logo utilizou-se uma transformação de coordenada para passar de uma malha retangular para bipolar. Ademais, a concentração de pontos em áreas com uma maior variação do objeto de interesse também é de fundamental importância para a minimização dos erros, por isso utilizou-se os nós de Chebyshev.

Após isso, foram utilizados dois métodos de derivação numérica, diferenças finitas e métodos espectrais com nós de Chebyshev. O método espectral obteve resultados superiores aos do métodos das

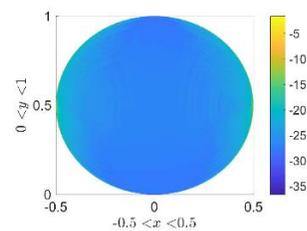
diferenças finitas, como pode ser visto nas imagens abaixo. Nelas está representado o logaritmo do erro numérico da derivada com o maior erro obtido, nesse caso a segunda derivada na coordenada  $x$  de uma função arbitraria  $F = X^2 + Y^2$  com o número de pontos igual a 1000.

Imagem 1: Logaritmo do erro da segunda derivada em  $x$  com o método das diferenças finitas.



Fonte: Autoria Própria

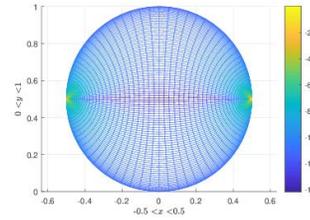
Imagem 2: Logaritmo do erro da segunda derivada em  $x$  com o método espectral.



Fonte: Autoria Própria

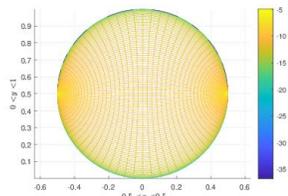
Com os métodos de derivação numérica definidos, resolveu-se o problema de Poisson em coordenadas cilíndricas que representa o escoamento permanente

gerado, puramente, por um gradiente de pressão constante no sentido longitudinal do tubo. O logaritmo do erro entre a velocidade (U) e suas derivadas calculadas numericamente e analiticamente está demonstrado abaixo.



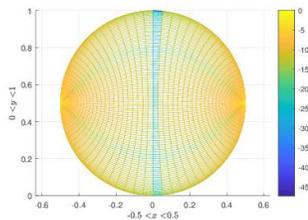
Fonte: Autoria Própria

Imagem 3: Logaritmo do erro de U



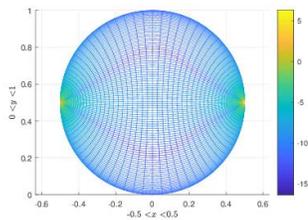
Fonte: Autoria Própria

Imagem 4: Logaritmo do erro da primeira derivada em x de U.



Fonte: Autoria Própria

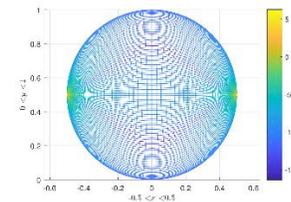
Imagem 5: Logaritmo do erro segunda derivada em x de U.



Fonte: Autoria Própria

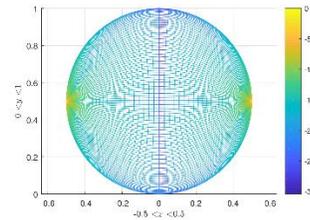
Imagem 6: Logaritmo do erro da primeira derivada em y de U.

Imagem 6: Logaritmo do erro da segunda derivada em y de U.



Fonte: Autoria Própria

Imagem 8: Logaritmo do erro da derivada cruzada em x e y de U.



Fonte: Autoria Própria

Assim é visível que apesar de apresentarem erros pequenos no centro do escoamento, perto dos polos das coordenadas, encontram-se erros muito maiores devido ao formato não circular deles, que não representa bem a situação física nem as condições de contorno. Esse problema poderia ser solucionado através do aumento do domínio das coordenadas computacionais, porém também aumentaria os custos computacionais da resolução.

## CONCLUSÕES:

Dessa maneira foi visível que embora os métodos de derivação retornem valores com uma precisão satisfatória, a resolução do escoamento apresenta erros devido a malha.

Caso a informação desejada seja relacionado a velocidade máxima ou as velocidades no centro da tubulação, o sistema de coordenadas será válido. Porém incógnitas que dependam da velocidade e suas derivadas em pontos próximos aos focos da coordenada, serão necessários utilizar outras estratégias para resolver o escoamento.

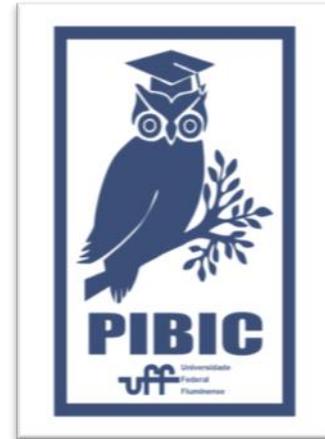


Imagem 9: Logo PIBIC

### **Agradecimentos:**

À minha família e à minha namorada por terem me dado apoio nos momentos de necessidade.

Ao meu orientador, Daniel Rodríguez Álvarez, por ter me dado o suporte necessário, correções e incentivos.

Aos membros da equipe Blackbird por terem sido meus companheiros durante esse tempo de pesquisa.



## Engenharia

### Análise do Monitoramento e Coordenação da Geração Distribuída no Controle de Tensão de Redes de Distribuição

Tayná Ferreira Santos e Vitor Hugo Ferreira

UFF – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Elétrica –FRIENDS Lab

## INTRODUÇÃO:

Os sistemas elétricos tradicionais são compostos por geração, transmissão e distribuição. A estrutura do sistema elétrico brasileiro se baseou por um longo tempo na centralização da geração, no entanto, a partir da reestruturação do sistema elétrico, novos desafios surgiram e tornou-se economicamente interessante a operação de geradores de menor porte conectados diretamente nos sistemas de distribuição. Essa nova alternativa de topologia é conhecida como geração distribuída (GD) e a cada dia se consolida como uma tendência.

No Brasil, a expansão do mercado de GD tem sido verificada especialmente nas unidades de micro e minigeração instaladas majoritariamente em clientes residenciais e comerciais utilizando a energia solar fotovoltaica. Empregando o princípio de *net metering*, a energia gerada por estas unidades é contabilizada em um sistema de créditos, onde o consumo é abatido do montante gerado, conforme regulamentado em 2012 pela ANEEL, através da Resolução Normativa nº 482.

Contudo, as redes de distribuição não foram projetadas para lidar com as injeções de energia da GD, portanto, a sua proliferação nas redes elétricas resulta em uma série de impactos adversos, aumentando a complexidade do planejamento, operação, manutenção e controle dos sistemas de distribuição.

Novos procedimentos de operação e controle devem ser propostos a fim de que as concessionárias de distribuição de energia elétrica possam manter a qualidade de fornecimento de energia elétrica em função da inserção expressiva de GD no sistema de distribuição.

Neste contexto, este trabalho de Iniciação Científica tem por objetivo apresentar uma metodologia de planejamento da operação de

redes de distribuição, empregando para o controle de tensão a otimização por enxame de partículas, tanto a abordagem mono quanto a multiobjetivo, e solução de redes via OpenDSS. O controle centralizado de tensão é proposto para operação em tempo real de forma que os dispositivos que proporcionam os ajustes no nível de tensão da rede possam ser coordenados e atendam as restrições de tensão estabelecidas por norma com o mínimo esforço no controle, garantindo, sobretudo, a segurança do sistema.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A análise do fluxo de potência foi realizada com o OpenDSS e as técnicas de otimização PSO e MOPSO foram implementadas na linguagem de programação Python. O estudo de caso será realizado na rede de 123 barras do IEEE. As simulações foram testadas em dois ambientes de programação, o Pycharm e o Intel Distribution for Python, visando a comparação do tempo de processamento.

Foram realizadas algumas modificações na rede de 123 barras do IEEE. Primeiro foi retirado o transformador abaixador trifásico 4,16kV/380V e a segunda alteração foi a substituição dos reguladores de tensão por transformadores OLTC. Posteriormente foi realizada uma análise do nível de tensão na rede objetivando definir os locais que seriam instalados os sistemas fotovoltaicos e os equipamentos para monitoramento da rede. A Figura 1 indica a rede de 123 barras do IEEE já com as modificações contempladas e a Figura 2 apresenta as características dos sistemas fotovoltaicos.

A estratégia de controle aplicada ao problema tem por objetivo minimizar os esforços de controle, i.e., movimentação de tapes e chaves de bancos de capacitores, e também

minimizar o desvio em relação ao ponto de máxima injeção de potência ativa das GDs instaladas na rede. Assim, esta formulação visa atender simultaneamente os interesses da concessionária (minimizar violações e esforços de controle) e dos consumidores com GD. Esta estratégia de controle pode ser atendida por meio da solução de um problema de otimização, conforme Equações 1 a 5.

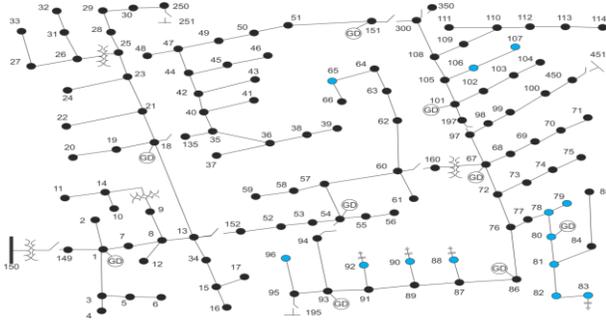


Figura 1 – Localização das barras monitoradas (em azul) e GDs.

Barra	Fase	Potência [kW]	Percentual da carga na barra [%]
1	A	52	
1	B	12	190
1	C	12	
54	A	50	
54	B	50	
54	C	50	
18	B	100	
151	C	50	
67	A	50	
86	A	50	250
101	B	50	
30	C	50	125
93	A	50	

Figura 2 – Características da geração distribuída.

$$FO = \sum_{i=1}^{N_{tpe}} \Delta Tape_i + \sum_{i=1}^{N_{BC}} \Delta BC_i + \sum_{i=1}^{N_{GD}} \Delta FP_i + \Delta V^{max} \quad (1)$$

$$\Delta Tape_i = \frac{|Tape_i - Tape_{esp}|}{Tape_{esp}} \times 100 \quad (2)$$

$$\Delta BC_i = \frac{|BC_i - BC_{esp}|}{BC_{esp}} \times 100 \quad (3)$$

$$\Delta FP_i = \frac{|FP_i - FP_{esp}|}{FP_{esp}} \times 100 \quad (4)$$

$$\Delta V^{max} = \max_{i=1, \dots, N_{barras\ monitoradas}} \frac{|V_i - V_{limite}|}{V_{limite}} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

FO: Função objetivo;

$N_{tpe}$ : Número total de transformadores com tape a ser ajustado;

$Tape_i$ : Posição do tape do transformador  $i$ , definida pelo controlador;

$Tape_{esp}$ : Tape especificado inicialmente para o transformador  $i$ ;

$N_{BC}$ : Número total de bancos de capacitores;

$BC_i$ : Estado estabelecido para o banco de capacitor  $i$ ;

$BC_{esp}$ : Estado especificado do banco de capacitor  $i$ ;

$N_{GD}$ : Número total de unidades de GD;

$FP_i$ : Fator de potência da unidade de GD  $i$ , definido pelo controlador;

$FP_{esp}$ : Fator de potência da unidade de GD  $i$  especificado, inicialmente igual a 1;

$N_{barras}$ : Número de barras;

$V_i$ : Tensão medida na barra  $i$  para uma dada especificação dos controles;

$\Delta V^{max}$ : Máxima violação percentual de tensão dentre todas as barras  $i$ ;

$V_{limite}$ : Limite de tensão violado (sobretensão ou subtensão).

O estudo consistiu na análise de dois cenários de carga. O primeiro cenário em regime normal, com os modelos de carga da rede 123 barras do IEEE e o segundo cenário no período de carga leve, sendo diminuídas as potências ativa e reativa de todas as cargas em 50%.

São controlados os seguintes equipamentos: 13 unidades de geração fotovoltaica; 4 bancos de capacitores e 7 transformadores de potência. Foram implementados limites operativos para estes equipamentos visando garantir que o resultado indicado pelo PSO esteja coerente com o ajuste disponível na prática para o respectivo equipamento. As simulações são formadas por 20 partículas em 20 iterações. O peso de inércia atribuído foi de 0,5, o peso do comportamento cognitivo,  $c_1$ , e o peso para o comportamento social,  $c_2$ , foram definidas como 1 e 2, respectivamente. O Fluxograma do PSO implementado encontra-se na Figura 3.

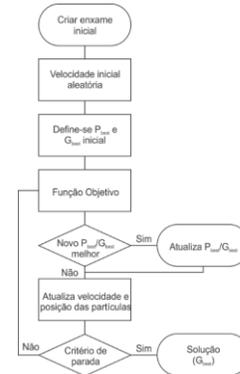


Figura 3 – Fluxograma do PSO proposto.

Algumas modificações no PSO foram realizadas para o MOPSO. Assim, os comportamentos cognitivo e social são unitários e o peso de inércia, bem como os termos  $r_1$  e  $r_2$  são aleatórios, sendo modificado automaticamente a cada iteração. As Funções Objetivas a serem otimizadas pelo MOPSO estão indicadas nas Equações 6 e 7.

$$FO_1 = \sum_{i=1}^{N_{tpe}} \Delta Tape_i + \sum_{i=1}^{N_{BC}} \Delta BC_i + \sum_{i=1}^{N_{GD}} \Delta FP_i \quad (6)$$

$$FO_2 = \Delta V^{max} \quad (7)$$

No algoritmo implementado não há a eliminação das partículas do repositório. A

técnica aplicada para a escolha do líder consiste na seleção do indivíduo com a menor distância Euclidiana no espaço de objetivos. O Fluxograma do MOPSO implementado encontra-se na Figura 4.

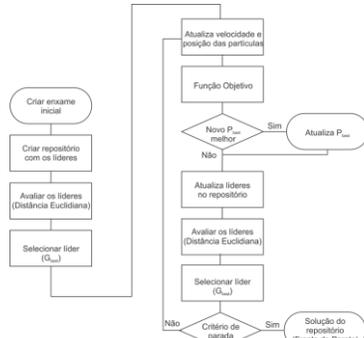


Figura 4 – Fluxograma do MOPSO Proposto.

O algoritmo PSO utilizado no trabalho foi previamente validado com as funções Rastrigin e Rosenbrock e o algoritmo MOPSO foi validado com a função ZDT1.

Visando verificar o desempenho das soluções obtidas a partir do PSO e do MOPSO, são analisadas as comparações de tempo de processamento e o quantitativo da violação de tensão. A Figura 5 apresenta a comparação dos dois métodos e a Figura 6 indica a Frente de Pareto formada a partir do MOPSO implementado.

Parâmetro	PSO	MOPSO
Tempo (segundos)	46,77 (1)	141,29
	47,30 (2)	
	49,14 (3)	
Função Objetivo ( $G_{best}$ )	12,90 (1)	12,76
	13,98 (2)	
	13,98 (3)	
Percentual de violação de tensão	5,4 (1)	12,71
	13,98 (2)	
	13,98 (3)	
Percentual de alteração nos equipamentos 20 tapas do transformador 150 (1)	-- (2)	1,14 (2 tapas do transformador 150)
	-- (3)	
	-- (1)	
Quantidade de soluções na Frente de Pareto	-- (2)	80
	-- (3)	
	-- (1)	

Fonte: Própria autora. (1)  $w=0,9$ ;  $c_1=1$  e  $c_2=1$  (SILVA et al., 2014); (2)  $w=0,02$ ;  $c_1=1,5$  e  $c_2=1,5$  (ROSENDO, 2010); (3)  $w=0,5$ ;  $c_1=0,5$  e  $c_2=0,5$  (VIOT, 2010)

Figura 5 – Comparação do PSO e MOPSO.

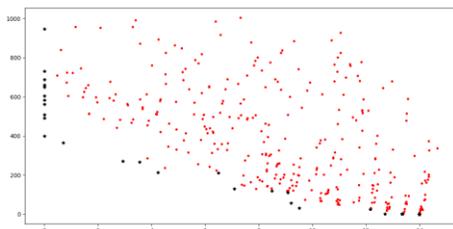


Figura 6 – Fronteira de Pareto. Eixo horizontal indica o percentual de violação de tensão na rede; Eixo vertical o percentual de alteração dos dispositivos da rede.

## CONCLUSÕES:

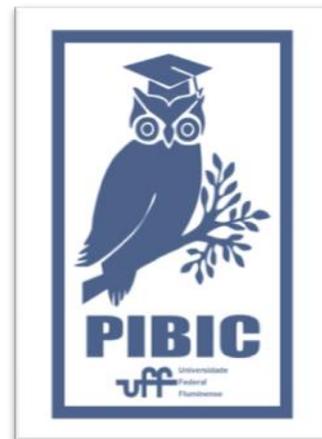
A proposta deste trabalho consiste no controle centralizado da tensão a partir do ajuste automático dos parâmetros do sistema de acordo com a inteligência computacional desenvolvida, auxiliando o operador na tomada de decisão em tempo real, melhorando a operação dos equipamentos e diminuindo os índices de violação de tensão.

Os resultados que a técnica de inteligência artificial PSO indica como melhores ajustes dos parâmetros dos controles de tensão são obtidos rapidamente, cerca de 30 segundos, o que torna factível a projeção de sua aplicação em tempo real. O MOPSO desenvolvido também proporciona outras vantagens para a operação em tempo real, tais como maiores possibilidades de escolha por parte do operador.

Como trabalhos futuros, vislumbra-se contemplar as demais restrições operativas, por exemplo, limites de carregamento, além da aplicação do controlador em sistemas de distribuição de maior porte. Outra linha de investigação consiste na aplicação da metodologia para outros cenários de operação de redes de distribuição, como por exemplo, a proposição de sistemas para reconfiguração automática. Nessa linha de investigação o resultado proposto pelas técnicas implementadas já contemplaria a possibilidade de perda de um equipamento da rede.

## Agradecimentos:

Os autores agradecem ao PIBIC, ao CNPq e à UFF pelo financiamento do projeto e ao FRIENDS pela disponibilidade do laboratório.





## Engenharias

### Desenvolvimento de processos para geração de energia a partir do biogás

**Luiz Guilherme Cardoso Das Chagas, Licia Ranni Freitas Coelho, Andressa Andrade Alves da Silva, Leandro Vahia Pontual e Lisiane Veiga Mattos**

**Departamento de Engenharia Química e de Petróleo/Escola de Engenharia/ Universidade Federal Fluminense /Laboratório de Energia, Materiais e Meio Ambiente (LEMMA)**

#### INTRODUÇÃO:

O biogás é uma mistura gasosa composta por  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  que é produzido através da digestão anaeróbica da biomassa e, quando emitido para a atmosfera, pode contribuir para o aumento do efeito estufa. Uma alternativa para contornar esse problema seria o desenvolvimento de catalisadores com alta atividade e boa estabilidade para a produção de hidrogênio a partir da reforma do metano com o  $\text{CO}_2$  (DRM). O hidrogênio pode ser utilizado como fonte energética limpa, a partir de células a combustível, uma vez que sua queima gera como produto a água. Catalisadores a base de níquel (Ni) são muito utilizados neste tipo de reação, porém eles tendem a desativar devido ao depósito de carbono sobre suas partículas. O depósito de coque em reações de reforma de hidrocarbonetos é diretamente influenciado pelo tamanho do cristalito metálico. Portanto, uma estratégia para evitar a formação de carbono seria controlar o tamanho do cristalito metálico, através do uso de um suporte com alta área superficial, como aqueles obtidos a partir de zeólitas (aluminos silicatos cristalinos). As zeólitas ocas, obtidas a partir da dessilicação de zeólitas ZSM-5, vêm sendo consideradas como suportes promissores para catalisadores metálicos. Esses materiais apresentam limitações difusionais reduzidas, devido ao fato de possuírem paredes internas com espessura pequena e uniforme, que pode ser controlada pelo método de preparo. Além disso, o tamanho dessas cavidades é ideal para encapsular partículas metálicas, permitindo o controle do tamanho dessas partículas. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar o comportamento de catalisadores de níquel, suportados em zeólitas ZSM-5 dessilicadas na DRM. Foram preparados, através do método de impregnação

seca, os seguintes catalisadores: 1% Ni-HZSM-5, 3% Ni-HZSM-5 e 5% Ni-HZSM-5. Além disso, uma parte dos mesmos foi dessilicada, por meio de um tratamento com uma solução 1M de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Esses catalisadores foram denominados como 1%Ni-HZSM-5\_dsc, 3%Ni-HZSM-5\_dsc e 5%Ni-HZSM-5\_dsc. Todos os catalisadores foram reduzidos sob fluxo de  $\text{H}_2$  a 1073 K. Os materiais foram caracterizados através de análises de: Fluorescência de Raios X (FRX), Difração de Raios X (DRX), termogravimetria (ATG) e de microscopia eletrônica por varredura (MEV). A reação foi realizada em um reator de leito fixo, à pressão atmosférica e 1073 K. A razão dos reagentes  $\text{CH}_4:\text{CO}_2$  foi de 1:1.

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os resultados de FRX mostraram que o teor de Ni obtido se aproximou do valor teórico. Comparando-se os resultados dos catalisadores que foram dessilicados com os que não sofreram esse processo, é possível observar uma diminuição da razão molar Si/Al, indicando que o procedimento de dessilicação foi adequado. Os difratogramas dos catalisadores reduzidos a 1073 K (Figura 1), apresentam as linhas de difração características da zeólita HZSM-5, o que indica a preservação da sua estrutura cristalina, após o tratamento alcalino. Também foi identificada a linha característica do Ni metálico para os catalisadores com 3 e 5% de Ni. As linhas correspondentes ao níquel metálico não foram observadas no catalisador contendo 1% de Ni, devido ao baixo teor de níquel e/ou a alta dispersão das partículas metálicas.

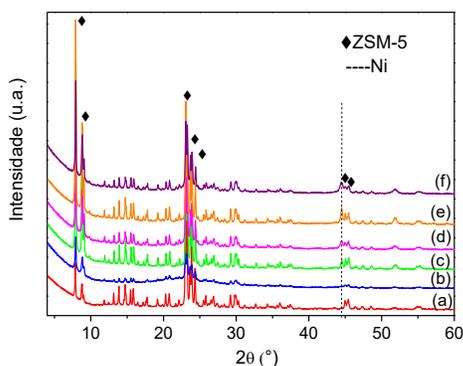


Figura 1: Difratogramas dos catalisadores reduzidos ( $2\theta = 4^\circ - 60^\circ$ ). (a) 1\_Ni-HZSM-5, (b) 1\_Ni-HZSM-5\_dsc, (c) 3\_Ni-HZSM-5, (d) 3\_Ni-HZSM-5\_dsc, (e) 5\_Ni-HZSM-5 e (f) 5\_Ni-HZSM-5\_dsc.

O catalisador 1Ni-HZSM-5 apresentou um baixo valor de conversão inicial de  $\text{CH}_4$  (10 %) (Figura 2). O comportamento obtido para os catalisadores 3Ni-HZSM-5 e 5Ni-HZSM-5 foi semelhante. No entanto, esses catalisadores apresentaram uma desativação um pouco mais acentuada, no início da reação. No caso do catalisador 1Ni-HZSM-5\_dsc, observou-se um aumento significativo da conversão inicial de  $\text{CH}_4$  (69 %). Foi detectada, também, uma desativação ao longo da reação. Resultados similares foram observados para as amostras dessilicadas contendo 3 e 5 %. Os produtos obtidos foram  $\text{H}_2$  e  $\text{CO}$  para todos os catalisadores estudados. No entanto, o catalisador 3Ni-HZSM-5\_dsc apresentou uma maior razão inicial  $\text{H}_2/\text{CO}$  (0,94) demonstrando ser o mais seletivo para a produção de hidrogênio.

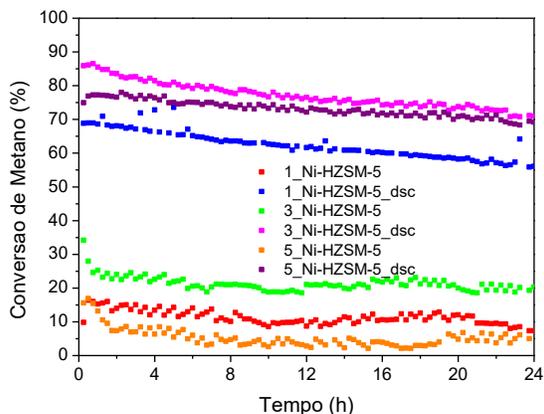


Figura 2: Comparação da conversão de  $\text{CH}_4$  para os catalisadores na reforma seca do metano ( $T=800^\circ\text{C}$  e  $\text{CH}_4/\text{CO}_2=1$ ).

Os resultados da análise termogravimétrica estão apresentados na Tabela 1. Com relação as amostras não tratadas, observou-se que a maior taxa de carbono formada foi obtida para o catalisador 5Ni-HZSM-5. No caso dos catalisadores dessilicados, não foi detectada formação de carbono para a amostra contendo 1% de Ni, o que indica que a desativação observada não pode ser atribuída ao depósito de coque. Sugere-se, então, que a desativação poderia estar ocorrendo devido a sinterização ou oxidação das partículas metálicas durante a reação. Esses resultados mostram que a dessilicção levou a obtenção de maiores valores de conversão inicial de metano e  $\text{CO}_2$  e de razão  $\text{H}_2/\text{CO}$ . A maior atividade e seletividade para hidrogênio obtidas para as amostras dessilicadas sugerem que o tratamento alcalino resultou na formação de menores cristallitos de Ni.

Tabela 1: Taxa de formação de carbono gerada na reforma seca do metano.

Amostra	Taxa de formação de Carbono ( $\text{mgC.gcat}^{-1}.\text{h}^{-1}.\mu\text{molCH}_4 \text{ conv}^{-1}$ )
1_Ni-HZSM-5	0,004
3_Ni-HZSM-5	0,004
5_Ni-HZSM-5	0,096
1_Ni-HZSM-5_dsc	0,000
3_Ni-HZSM-5_dsc	0,002
5_Ni-HZSM-5_dsc	0,002

## CONCLUSÕES:

A análise de FRX revelou que o método para a dessilicção foi adequado e que o teor de níquel obtido estava de acordo com o esperado. As análises de DRX e MEV revelaram a preservação da estrutura característica do suporte HZSM-5 após o tratamento. Os catalisadores dessilicados apresentaram o melhor desempenho na reforma seca do metano, sendo mais ativos e mais resistentes à formação de carbono, principalmente a amostra contendo 1 % de Ni. Esses resultados sugerem a presença de menores tamanhos de cristallito metálico nas amostras dessilicadas, provavelmente devido ao confinamento das partículas metálicas nos mesoporos gerados durante a dessilicção, o que evitaria o crescimento das mesmas.

## Agradecimentos:

Os autores gostariam de agradecer a CAPES e ao CNPq pelas bolsas concedidas.



## Análise Estrutural

### Modelo probabilísticos da ação de caminhar de pedestres para análise dinâmica de passarelas

Otávio Brunet Junior

Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Civil (TEC).

## INTRODUÇÃO:

Estruturas flexíveis, como passarelas, possuem desafios no que se diz respeito à análise dinâmica, principalmente na interação pedestre/estrutura, a qual nem sempre é levada em conta na fase de projeto estrutural. Nesta pesquisa, a variabilidade do caminhar de um pedestre é posta em primeiro plano e a variação da força gerada é representada através de modelos probabilísticos.

Com esta abordagem, as variáveis que descrevem a força induzida pelo pedestre, como a frequência e o comprimento do passo, podem ser definidas através de suas funções de densidade de probabilidade. O presente trabalho realizou análises teóricas da resposta dinâmica de uma passarela flexível localizada no Rio de Janeiro, submetida à ação do caminhar de pedestres, simulados através do modelo de força e biodinâmico em abordagens determinísticas e probabilísticas.

A campanha experimental na passarela analisada, descrita por Rezende *et al.* (2016), forneceu os dados necessários para a elaboração de um modelo 3D em elementos finitos. Com isso, foi possível determinar as propriedades dinâmicas da estrutura, que foram utilizadas em análises no domínio do tempo para simular o caminhar com e sem a variabilidade do passo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A passarela analisada possui dois vãos, um de 68,5m e outro de 17,7m, do qual somente o mais longo foi instrumentado e modelado, por ser o mais flexível e o mais problemático, em termos de vibração. A passarela possui seus elementos de vigas, pilares e contraventamentos em perfis metálicos. A laje é pré-moldada de concreto armado, apoiada sobre as transversinas, e composta de placa

superior e enrijecedores. O teto da passarela é de telha de amianto. A frequência natural para o 1º modo de vibração obtida através da campanha experimental foi de 1,85Hz, valor o qual está dentro da faixa de frequência do caminhar. A Figura 1 apresenta a representação do modelo 3D da passarela em questão.

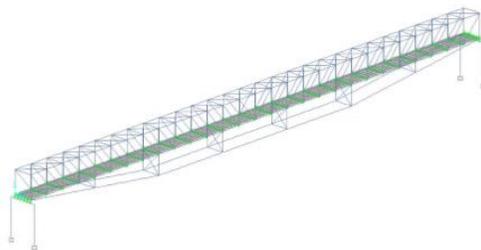


Figura 1: Passarela em elementos finitos

O modelo mais comum de simulação do carregamento humano consiste numa força variável na posição e no tempo, cuja intensidade é periódica, dada por uma Série de Fourier.

Outras análises consideram a ação induzida pelo caminhar humano por Modelos Biodinâmicos, simulando os pedestres por sistemas massa-mola de propriedades dinâmicas individuais. Esta simulação tem produzido resultados mais representativos, uma vez que considera a interação pessoa-estrutura. Para o trabalho, foi utilizado o modelo desenvolvido por Toso *et al.* (2015).

Para a implementação do modelo de carregamento probabilístico, utilizou-se o método de Monte Carlo para a criação de uma amostragem das frequências do passo, dos comprimentos do passo, dos coeficientes  $\alpha_j$  dos harmônicos da força (Kerr, 1998), e uma

distribuição uniforme para os ângulos de fase (Živanović *et al.* 2007).

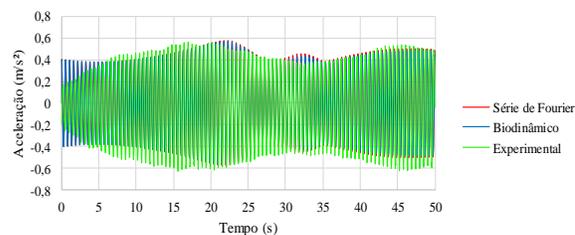
Para validar os modelos, optou-se por usar sinais experimentais obtidos por Rezende *et al.* (2016) para uma pessoa e quatro pessoas, caminhando a 1,85Hz sobre a passarela. Ambos os sinais foram repartidos em 3 partes para buscar melhor correlação numérica, pois mesmo com o auxílio do metrônomo, as pessoas normalmente não conseguem andar perfeitamente na frequência pretendida.

Na Tabela 1, encontram-se os valores atribuídos para os parâmetros que deveriam sofrer variabilidade para realização da simulação para 1 pessoa. Para cada trecho, foi escolhido arbitrariamente um valor de frequência e de desvio padrão com base nos resultados experimentais já obtidos. Para o primeiro e terceiro trecho, o sinal demonstrou uma presença de ressonância, com isso, buscou-se atribuir valores próximos à frequência natural da passarela aliado a um desvio padrão baixo, representando uma quase perfeita utilização do metrônomo. Vale ressaltar também a escolha da frequência de 1,757Hz para o segundo trecho, que foi feita para representar a perda de ressonância com a passarela. Ao contrário disto, o desvio padrão se tornou maior para salientar o descompasso da marcha em relação ao metrônomo. O comprimento médio do passo é definido pela literatura como sendo 0,71m com um desvio padrão 0,071 e a massa atribuída para os pedestres foi de 65kg para ambos os casos.

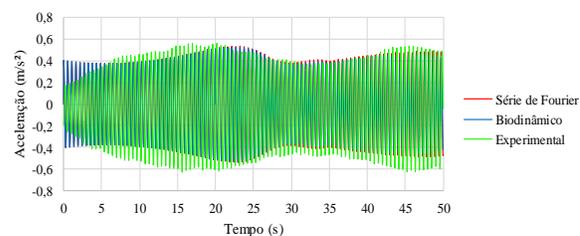
As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados obtidos com os modelos determinísticos e probabilísticos, respectivamente, ambos sobrepostos ao sinal experimental. Nota-se uma melhora no contorno das amplitudes com a aplicação da variabilidade e pouca diferença entre as respostas dos modelos de força e biodinâmico.

**Tabela 1. Parâmetros usados na simulação p/ 1 pessoa**

Trecho	Freq. do Passo [Hz]	Desvio Padrão
0 - 20s	1,851	0,001
20 - 35s	1,757	0,0025
35 - 50s	1,85	0,001



**Figura 2: Sinais experimental e determinístico para uma pessoa a 1,85Hz**



**Figure 3: Sinais experimental e probabilístico para uma pessoa a 1,85Hz**

Na Tabela 2, encontram-se os valores atribuídos para os parâmetros que deveriam possuir aleatoriedade durante a realização da simulação para 4 pessoas, as quais estavam dispostas em dois pares, um na frente do outro e distantes 1m.

Neste caso, o comprimento médio, o desvio padrão do passo e o peso dos pedestres se mantiveram os mesmos da simulação para uma pessoa. As novas características atribuídas para os parâmetros aleatórios se encontram na Tabela 2, e foram escolhidos de tal forma que se fosse possível representar a construção gradativa da ressonância. Foi assumido que as pessoas da frente (Pessoa 1 e Pessoa 2) seriam simuladas por um único modelo biodinâmico com massa, rigidez e coeficientes de amortecimento dobrados, assim como as pessoas de trás (Pessoa 3 e Pessoa 4). Devido a isso, cada par obteve uma frequência e todo o grupo obteve o mesmo desvio padrão.

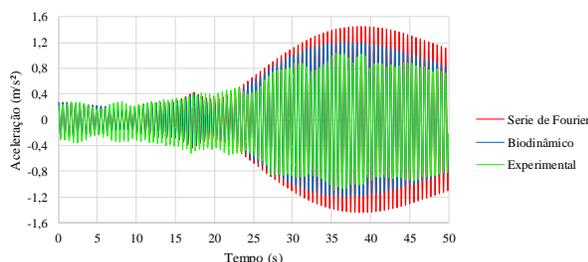
Os valores de frequência atribuídos para os indivíduos na retaguarda foram menores do que os da frente, com o intuito de simular o cuidado que aqueles possuem em não caminhar mais rápido, tendo a chance de colidir com a pessoa da frente. Essa particularidade se perpetuou durante os trechos 1 e 2, porém, no trecho 3, a todos os indivíduos atribuiu-se valores iguais de frequência e próximos à 1,85Hz para que se fosse possível gerar as elevadas amplitudes presentes no sinal experimental.

Os desvios padrões tiveram maior importância nessa simulação, pois com eles foi possível tornar mais precisa a representação do costume que o pedestre cria em relação à batida do metrônomo e à posição, as quais deveriam ser o mais uniforme possível. Tal característica foi obtida por meio da diminuição do desvio padrão com o passar dos trechos, denotando assim a diminuição do descompasso do grupo em relação à frequência ressonante de 1,85Hz.

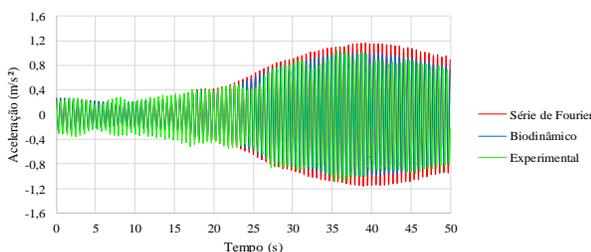
As Figuras 4 e 5 apresentam os resultados obtidos com os modelos determinísticos e probabilísticos, respectivamente, ambos sobrepostos ao sinal experimental. Novamente, observa-se uma boa correlação com os sinais experimentais, principalmente por parte do modelo biodinâmico, pois este, por considerar a interação pessoa-estrutura, provoca uma diminuição na resposta de aceleração da estrutura. Tendo isso em vista, o modelo probabilístico obteve um sinal regular e no trecho de ressonância houve uma redução notável de energia em relação ao modelo determinístico, se aproximando ainda mais das amplitudes experimentais.

**Tabela 2: Parâmetros usados na simulação p/ 4 pessoas**

Trecho	Freq. Pessoas 1 e 2 [Hz]	Freq. Pessoas 3 e 4 [Hz]	Desvio Padrão
0 - 10s	1,75	1,65	0,008
10 - 17s	1,845	1,735	0,005
17 - 50s	1,865	1,865	0,0035



**Figura 4: Sinais experimental e determinístico para quatro pessoas a 1,85Hz**



**Figura 5: Sinais experimental e probabilístico para quatro pessoas a 1,85Hz**

Outra análise teve como objetivo apresentar a aplicabilidade dos métodos de variabilidade detalhada. Para isso, utilizou-se um novo sinal experimental obtido com seis pessoas caminhando a 1,85Hz. O sinal pode ser visto na Figura 6 e este possui características mais regulares, pois não houve interferências de transeuntes como nos casos já analisados. A amplitude máxima obtida pelo sinal foi de 1,07 m/s<sup>2</sup>.

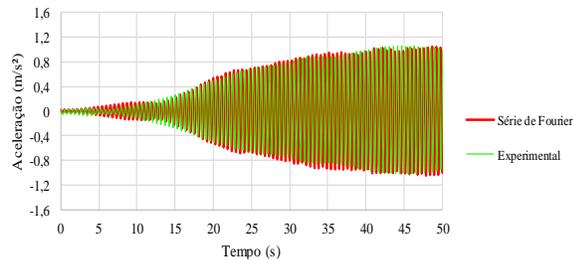
A variabilidade utilizada para este caso teve como base a metodologia utilizada na análise para quatro pessoas. Porém, somente o modelo de força foi utilizado, pois optou-se por um esforço computacional menor. A técnica de disposição dos pedestres se manteve a mesma, portanto, os pedestres foram simulados em três pares distando 1m do outro, onde o par 1 liderou o grupo, o par 2 esteve no meio e o par 3 encontrou-se na retaguarda.

Na Tabela 3, encontram-se os parâmetros médios utilizados para a aplicação da variabilidade. O comprimento dos passos e seus desvios padrão se mantiveram 0,71m e 0,071, respectivamente, e a cada pedestre foi atribuído um peso de 70kg devido à recomendação do guia Sétra (2006). Como não houve necessidade da repartição do sinal, optou-se para que cada dupla obtivesse a mesma frequência média e desvio padrão. Tais valores foram escolhidos arbitrariamente, sempre com objetivo de obter uma boa correlação com o sinal experimental para seis pessoas.

**Tabela 3: Valores atribuídos para a simulação**

Par	Freq. Do Passo [Hz]	Desvio Padrão
1	1,85	0,004
2	1,797	0,009
3	1,711	0,014

A Figura 6 apresenta os sinais experimental e de variabilidade detalhada sobrepostos e nota-se que os comportamentos estão bem parecidos mesmo sem a repartição dos sinais. A amplitude obtida para o sinal teórico foi de 1,04m/s<sup>2</sup>, valor o qual possui 2,05% de erro em relação à amplitude máxima experimental, com isso, considera-se que o resultado demonstrou boa correlação.



**Figura 6. Sinais experimental e de variabilidade detalhada para seis pessoas a 1,85Hz**

## CONCLUSÕES:

As simulações feitas neste trabalho permitiram avaliar a eficácia da atribuição da variabilidade nos parâmetros de simulação de marcha, representando de maneira satisfatória o efeito do caminhar de pedestres no comportamento dinâmico de passarelas.

Os resultados obtidos com modelos probabilísticos apresentaram melhor correlação com os sinais experimentais do que a análise determinística feita por Rezende et al. (2017), explicitada principalmente nos trechos de alta ressonância da resposta da estrutura.

O modelo biodinâmico apresentou melhores correlações com os resultados experimentais, principalmente para o caso de quatro pessoas caminhando a 1,85Hz. Porém, para o sinal de uma pessoa caminhando a 1,85Hz, a diferença entre os modelos biodinâmico e de força foi desprezível.

## AGRADECIMENTOS:

O meu período foi bastante proveitoso e a quantidade de conhecimento, que foi adquirida por mim, terá extrema importância para a evolução da minha carreira. Aprendi que uma pesquisa científica é feita por meio de erros, acertos e trabalho em equipe principalmente. Tive o privilégio de ajudar a escrever o meu primeiro artigo e espero escrever muitos mais, pois adquiri bastante apreço pela área de pesquisa. Agradeço a minha orientadora Eliane Maria pela oportunidade e confiança, e ao Prof. Wendell Varela, Prof. André Brabo e Filipe Rezende por todo auxílio durante o processo da pesquisa.



## Engenharia

### Simulação Computacional de Transformações Sequenciais

**Aluno: Felipe da Silva Siqueira; Colaborador: André L. M. Alves, aluno de Doutorado; Orientador: Paulo R. Rios.**

**Departamento de Engenharia Metalúrgica/EEIMVR-UFF/Núcleo de Modelamento Microestrutural**

## INTRODUÇÃO:

A grande maioria das transformações de fase ocorrem com a transformação de uma fase primária, denominada matriz em uma posterior fase produto. Entretanto, podem ocorrer casos em que a fase matriz se transforme em mais de uma fase produto. Rios e Villa generalizaram o modelo de JMAK, mais empregado nas transformações que envolvem uma única fase produto, para os casos em que a transformação ocorra com mais de uma fase produto. Como abordado por Rios e Villa, quando a transformação envolve mais de uma fase produto, ela pode ocorrer de forma simultânea ou sequencial. Uma transformação é denominada simultânea quando suas fases produto surgem no mesmo instante de tempo, e é sequencial quando surgem em tempos diferentes. Modelos analíticos são capazes de fornecer valores médios dos parâmetros estereológicos. Assim as simulações computacionais são bastante empregadas com a finalidade de se obter a evolução microestrutural, que aliada aos modelos analíticos, são capazes de auxiliar e ajudar os pesquisadores a estudar fenômenos que podem ser difíceis de se avaliar experimentalmente. Portanto, este trabalho visa realizar simulações computacionais em 3D de transformações de fase em que a fase matriz se transforma em duas fases produtos, denominadas fases 1 e 2. O enfoque maior foi dado às transformações sequenciais, embora em alguns casos adotou-se o caso simultânea para fins de comparação. Uma análise detalhada sobre a influência da nucleação nessas transformações foi feita. Para tal, variou-se o número de núcleos de cada fase e também as condições de nucleação. Especificamente, considerou-se dois casos distintos para a nucleação de cada fase. No primeiro caso, a fase 1 nucleou nos contornos de grão da matriz e a fase 2 no interior dos

grãos. No segundo caso, considerou-se a presença de precipitados esféricos na matriz e a fase 1 nucleou nas interfaces desses precipitados enquanto que a fase 2 nucleou nos contornos de grão da matriz. Esse segundo caso, envolvendo partículas esféricas foi baseado no trabalho recente de Alves *et al.* [1], que apresenta um novo modelo analítico para a transformação da fase matriz que contém precipitados esféricos em uma fase produto.

## METODOLOGIA:

Em todas as simulações computacionais empregou-se uma matriz cúbica de 300x300x300 células cúbicas. Cada célula cúbica foi considerada equivalente a 1  $\mu\text{m}$ . Condições de contorno periódicas foram adotadas. A matriz inicial continha 3376 núcleos com tamanho de grão médio de 25  $\mu\text{m}$ . Em todos os casos considerou-se o mesmo número de núcleos para cada fase  $N_1 = N_2 = 254$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

As Figuras 1 e 2 mostram os resultados em que a transformação da matriz ocorreu de forma sequencial. Em ambos os casos a fase 2 surgiu quando a fase 1 já ocupava 10% da matriz.

Na Figura 1, a fase 1 nucleou nos contornos de grão e a fase 2 nucleou no interior dos grãos da matriz. Assim como observado por Rios e Villa [2] e Alves *et al.* [3], uma vantagem de 10% para a fase 1 já fez com que esta predominasse a transformação.

Na Figura 2 considerou-se a presença dos precipitados esféricos na matriz. Assim, a fase 1 nucleou nas interfaces dos precipitados enquanto que a fase 2 nucleou nos contornos de grão da matriz. Pode-se ver novamente neste caso o predomínio da fase 1. Porém nota-se que este predomínio é um pouco menor que

no caso anterior, isso ocorre, pois, a fase 1 ao nuclear na interface dos precipitados tem seu crescimento mais lento do que a fase 2 que nucleia longe dos precipitados. Os precipitados agem como barreiras e os grãos não crescem para dentro deles.

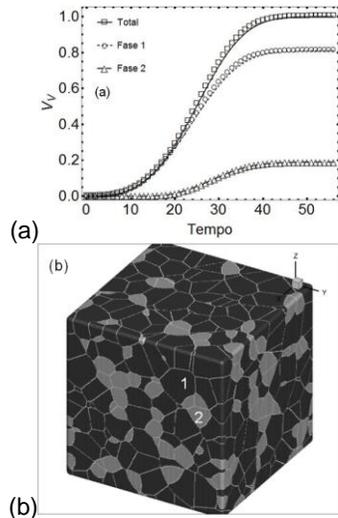


Figura 1 - Reações Sequenciais. (a)  $V_v$  vs. Tempo. (b) Microestrutura em 3D totalmente transformada. Fase 1 nucleada nos contornos de grão e fase 2 no interior da matriz. Fase 2 nucleou com a fase 1 ocupando 10% da matriz.

## CONCLUSÕES:

Uma análise da influência da nucleação nas transformações sequenciais foi feita. As principais conclusões são:

- A localização e a quantidade de núcleos exercem grande influência nas transformações;
- Foi possível aplicar com sucesso o princípio da superposição abordado por Rios e Villa e generalizar o trabalho de Alves *et al.*[1] aplicando-o às transformações sequenciais.
- Todos os resultados obtiveram ótima concordância com os modelos analíticos, assim assegura-se que as transformações ocorreram da maneira esperada.
- Nas transformações com a presença de precipitados, esses agem como barreiras e os grãos não crescem para dentro deles. Mantidas as outras condições constantes, a fase 1 que nucleou na interface dos precipitados tem menos predominância sobre a fase 2 que a fase 1 que nucleou no interior dos grãos tem sobre a fase 2.

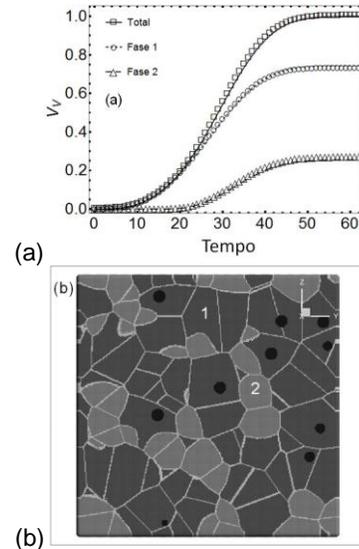


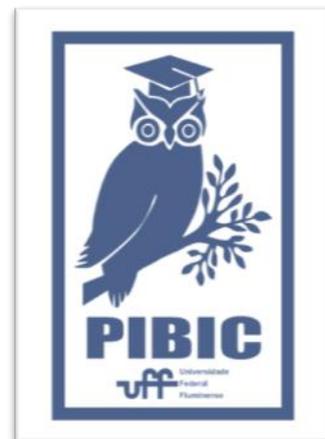
Figura 2 - Reações sequenciais com precipitados esféricos (círculos pretos). (a)  $V_v$  vs. Tempo. (b) Seção em 2D da matriz totalmente transformada. Fase 1 nucleada nas interfaces precipitado/matriz e fase 2 nos contornos de grão. Fase 2 nucleou com a fase 1 ocupando 10% da matriz.

## Agradecimentos:

O autor agradece à UFF, ao CNPQ, à CAPES e à FAPERJ pelo suporte financeiro.

## BIBLIOGRAFIA:

- [1] Alves ALM, Villa E, Rios PR. Acta Mater 2017;131:523–33.
- [2] Rios PR, Villa E. Acta Mater 2011;59:1632–43.
- [3] Alves ALM, Assis WLS, Rios PR. Acta Mater 2017;126:451–68.





## **Engenharia Econômica**

### **Análise financeira de propriedades leiteiras participantes do programa “Balde Cheio” nas regiões Norte e Noroeste Fluminense**

**Marina Gomes Batista e Afonso Aurélio de Carvalho Peres**

**Departamento de Engenharia de Agronegócios /Universidade Federal Fluminense/Laboratório de Gestão do Agronegócios**

#### **INTRODUÇÃO:**

A cadeia produtiva do leite atua como uma atividade geradora de renda, tributo e emprego. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA, 2012) nos últimos 10 anos a bovinocultura leiteira cresceu 18,25%, ficando em 16% do valor bruto da produção pecuária, totalizando 6,6 bilhões de reais e ultrapassando o valor de produção da carne bovina e frango. A pecuária bovina é uma atividade favorável para o pequeno produtor, pois em função do baixo risco da exploração, a elevada liquidez do capital imobilizado em animais e a frequência do fluxo de receita da atividade vêm sendo uma estratégia para a renda dos agricultores, sendo uma alternativa para a agricultura familiar e o desenvolvimento de muitas regiões brasileiras (VILELA et al., 2002). O leite pode ser consagrado como um dos mais importantes produtos para a agricultura familiar no Brasil. Além de estar presente em mais de 1,8 milhões de propriedades rurais, representa 52% do valor da produção nacional, a atividade leiteira gera rendas mensais para os agricultores (PERACI, 2007). Conhecer a viabilidade econômica da atividade leiteira, a partir dos indicadores econômicos de rentabilidade e os itens que exercem maior impacto nos resultados é de extrema importância na tomada de decisão para os produtores.

#### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

O estudo constou na identificação de quatro propriedades rurais instaladas nas regiões Norte e Noroeste Fluminense, nas cidades de Varre Sai, Natividade e Campos dos Goytacazes, participantes do programa Balde Cheio, coordenado pela EMBRAPA de São Carlos, SP. Foram realizadas coleta de informações das

atividades, levantamento de inventário, caracterização da infraestrutura, das atividades desenvolvidas e do controle dos custos de produção envolvidos, identificando as receitas e as despesas. O horizonte de análise do projeto teve a duração de um ano. As propriedades apresentaram como receitas os produtos vendidos e como despesas as matérias-primas, insumos, mão de obra, embalagens, entre outros. Foram utilizados para as análises, as taxas de desconto de 2, 4, 6, 8 e 10% ao ano. As propriedades que apresentaram o Valor Presente Líquido (VPL) positivo foram aquelas localizadas nas cidades de Natividade e Campos dos Goytacazes, quando analisadas a uma taxa de desconto de 2, 4 e 8% ao ano, respectivamente, confirmando que o projeto foi viável e a taxa interna de retorno obtida foi mais atrativa que os custos de produção envolvidas, apresentando uma rentabilidade satisfatória. Comprovando que os fluxos futuros de caixa somados ao valor presente superaram o investimento inicial agregando valor ao fluxo de caixa. A propriedade localizada em Varre Sai foi a única que apresentou um VPL negativo a 2% ao ano. Visando o econômico-financeiro dos sistemas de produção da propriedade podemos afirmar que não foi atrativa referente as taxas selecionadas, pois a taxa interna de retorno (TIR) foi menor que a taxa mínima de atratividade (TMA). A propriedade que apresentou maior atratividade foi aquela localizada em Campos dos Goytacazes pois apresentou resultados de rentabilidade, na ordem de 8,93% ao ano, remuneração esta superior aquela obtida com a caderneta de poupança, no mesmo período de avaliação, que foi de 7,50% ao ano. Os principais itens de maior influência nos resultados econômicos do VPL da atividade foram o valor imobilizado em terra e rebanho, bem como o preço de

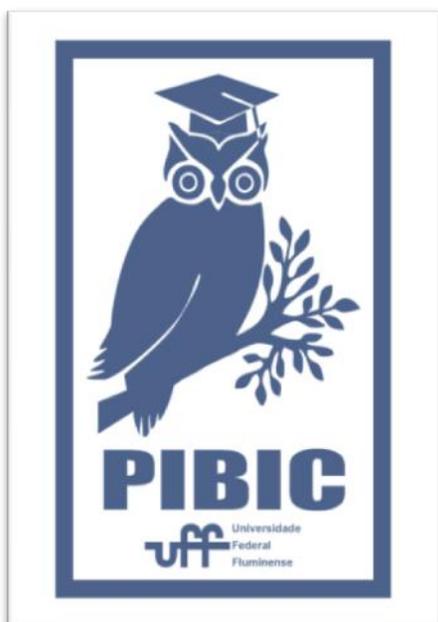
comercialização do leite produzido. A análise de risco identificou que o menor risco encontrado ocorreu na taxa de 2% ao ano, sendo considerado mediano para as propriedades localizadas em Natividade e Campos dos Goytacazes.

### **CONCLUSÕES:**

As atividades leiteiras desenvolvidas nos municípios de Natividade e Campos dos Goytacazes são viáveis financeiramente, por apresentarem VPL positivos. Uma das propriedades localizadas na cidade de Campos dos Goytacazes é atrativa para investimento, por apresentar a TIR maior que a TMA. O preço de comercialização do leite e o valor monetário imobilizado em terras e rebanho são os itens de maior impacto nos resultados econômicos das atividades. O risco financeiro para a atividade leiteira é considerado mediano para as atividades leiteiras exploradas nas cidades de Natividade e Campos dos Goytacazes.

### **Agradecimentos:**

Ao orientador Prof. D.Sc. Afonso Aurélio de Carvalho Peres, pelo apoio e orientação neste trabalho e pelos conhecimentos passados. E a todos responsáveis pela Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação (PIBIC) pela oportunidade de realização desta pesquisa.





**Grande área do conhecimento : Engenharias**

**Título do Projeto: Carregador ressonante sem fios para baterias de veículos elétricos**

**Autores: Paulo de Abreu Niedner Nunes e José Andrés Santisteban**

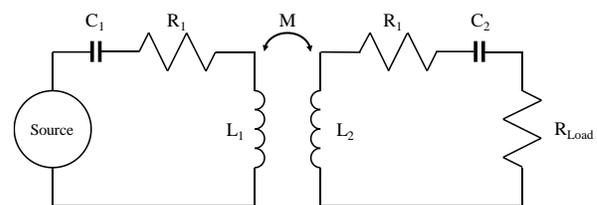
**Departamento de Engenharia Elétrica/Escola de Engenharia/Laboratório de Eletrônica de Potência, Acionamento e Controle (LEPAC)**

**INTRODUÇÃO:** Com a crescente difusão de veículos elétricos, a demanda por carregadores de baterias tem aumentado na mesma proporção. Para aumentar a eficiência da transferência de energia, o método que utiliza o princípio de indução eletromagnética se mostra ser promissor. Além disso, para o transporte em massa, o uso de carregadores ao longo das vias é considerado um método importante uma vez que isto implica na redução significativa do número de baterias nos veículos. A partir da revisão de literatura, alguns experiências bem sucedidas continuam a ser relatadas. Alguns dos mais eficientes são aqueles que usam o princípio dos circuitos elétricos ressonantes. Nesse sentido, o presente trabalho pretendeu aprofundar o estudo da tecnologia mencionada e propor as dimensões de um protótipo com o auxílio de um simulador baseado no método dos elementos finitos. Neste caso, com o intuito de aumentar a eficiência da transmissão de energia, está prevista a utilização de núcleos com alta permeabilidade magnética nas bobinas do carregador para criar caminhos de fluxos magnéticos que contribuam à diminuição da dispersão de fluxo, como usual na tecnologia de mancais magnéticos ativos [1]. Com auxílio de simulações foram verificadas algumas características associadas ao desalinhamento entre as bobinas transmissoras e aquela que estará situada no veículo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Como resumido em [2], um Sistema de Carregamento Ressonante sem Fios pode ser representado pelo circuito equivalente mostrado na Fig.1. Nele, observam-se capacitores em série,  $C_1$  e  $C_2$ , tanto no lado do primário quanto no lado secundário do transformador. Estes têm como função anular a ação das impedâncias

indutivas presentes nas bobinas do mesmo, representadas pelas indutâncias próprias  $L_1$  e  $L_2$  e pela indutância mútua  $M$ .



**Figure 1: Circuito equivalente do sistema proposto.**

Na frequência de operação, na ordem de quilohertz, os capacitores  $C_1$  e  $C_2$  são adequadamente projetados para que sua impedância equivalente seja igual às das indutâncias próprias. Com esse procedimento, os componentes operam na frequência de ressonância. O efeito acima se assemelha ao de uma correção do fator de potência, de tal modo que a fonte de energia enxergue somente carga resistiva. Por outro lado, a injeção de potência ao circuito primário do carregador pode ser feita através de um inversor monofásico, como o ilustrado na Fig. 2, onde é utilizada a estrutura conhecida como ponte completa. Para melhorar ainda mais a eficiência do carregador poderá ser utilizado um dos métodos de redução de perdas de comutação nas chaves (soft switching), como por exemplo o método ZVS (comutação sob tensão nula) [3].

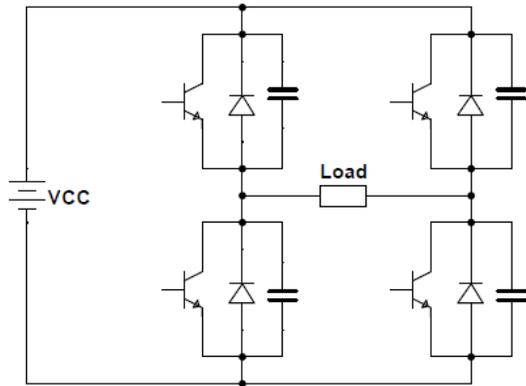


Figure 2: Circuito de um inversor de tensão monofásico.

Além dos aspectos técnicos, quando se trata de passageiros, a proteção dos passageiros segundo a norma europeia ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) [4] deve ser levada em conta.

Como estudado em [5], a imprecisão do motorista ao estacionar o veículo corretamente sem desalinhamentos horizontais, diminui a eficiência do carregador. Desta forma, entre outras soluções para contornar este empecilho, a proposta em [6] parece a mais adequada. Assim, chega-se à disposição mostrada na Fig.3, que utiliza sete bobinas no primário a serem selecionadas utilizando relés de controle. Na Fig. 4, mostram-se as dimensões do núcleo de cada uma destas bobinas, com suas medidas em centímetros.

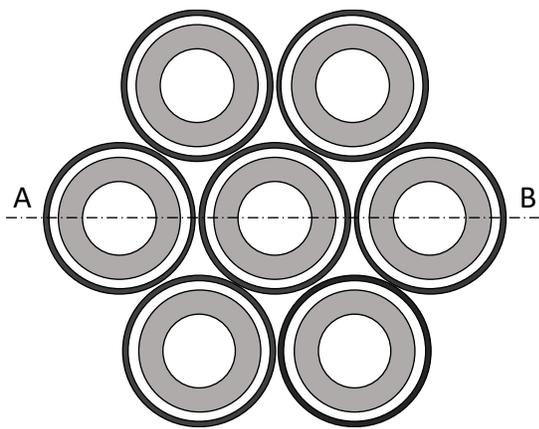


Figure 3: Disposição das bobinas transmissoras de energia.

Para diminuir a distância entre o chassi e chão, propõe-se um sistema para elevar o secundário

de tal forma que este fique a uma distância mínima de 6cm ao detectar a bobina presente no veículo. Para atender a norma ICNIRP, como discutido em [7] e [8], referida à proteção dos indivíduos próximos ao circuito magnético, é proposta a utilização de uma blindagem magnética para cada bobina, as quais se encontram destacadas nas Figs. 3 e 4, sendo que na primeira o isolamento magnético está representado pela escala mais escura de cinza, na borda de cada bobina e na segunda, na base da estrutura.

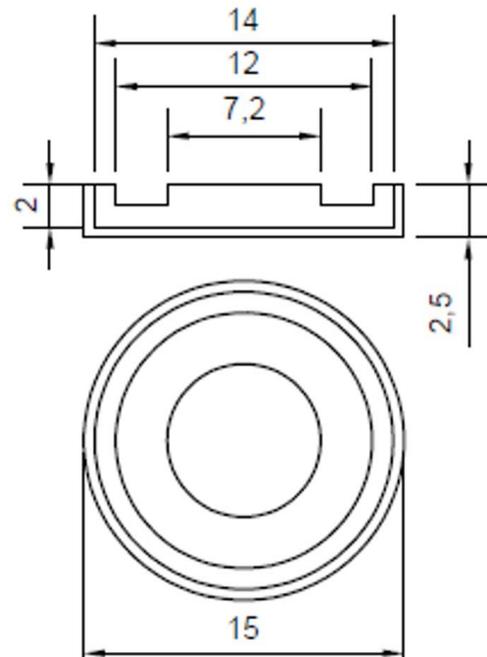
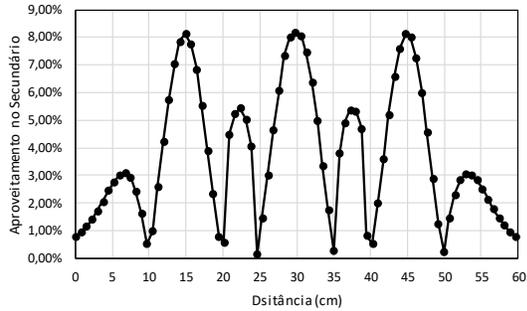


Figure 4: Medidas do núcleo das bobinas, em centímetros.

Como conhecido, os sistemas ressonantes de transferência de energia sem fios possuem baixa eficiência ao transmitir por longas distâncias [9]. Desta forma, com auxílio das simulações por elementos finitos foram constatadas variações na indutâncias mútua entre o primário e secundário da estrutura proposta e também a eficiência do sistema que nesta situação pode ser obtida de acordo a [10]. Contudo, isto também pode ser previsto com auxílio da Fig. 5, que representa a razão do aproveitamento da tensão no primário, com a variação espacial do secundário indo do ponto A ao ponto B na Fig.3.



**Figure 5: Aproveitamento de tensão no secundário em relação à posição.**

Por fim, como resultado deste trabalho, está sendo proposto um carregador sem fios com as características listadas na Tabela 1. Embora o aproveitamento de tensão (8%) seja baixo, os valores de tensão no secundário ficam próximos aos nominais de mercado.

TABELA 1

#### CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Área Interna do Núcleo	0,004072 m <sup>2</sup>
Área Externa do Núcleo	0,004084 m <sup>2</sup>
Material do Núcleo	M – 15 Steel
Isolamento do Sistema	Aluminum 1100
Bobina Utilizada	16 AWG Litz Wire
Número de Voltas	180
Frequência	5000 Hz
Distância Entre Estruturas	6,2 cm
Espessura de Alumínio	0,5 cm
Corrente no Primário	1 A
Aproveitamento Médio	3,44 %
Indutância Própria Média	2,915x10 <sup>-3</sup> H
Indutância Mútua Máxima	460,0x10 <sup>-6</sup> H
Indutância Mútua Média	214,8x10 <sup>-6</sup> H

Capacitância Mínima	13,58x10 <sup>-6</sup> F
Capacitância Máxima	13,85x10 <sup>-6</sup> F
Capacitância Média	13,72x10 <sup>-6</sup> F

#### CONCLUSÕES:

A partir de um levantamento bibliográfico de referências recentes sobre carregadores sem fios para baterias, uma proposta de projeto foi sugerida. A avaliação por elementos finitos mostra-se uma ferramenta útil para determinar as regiões de operação das bobinas transmissoras de energia. A construção de um protótipo baseada neste estudo está em andamento. Para a criação do mesmo, ainda são necessárias mais investigações além de outras simulações para aumentar a eficiência do mesmo.

#### Referências

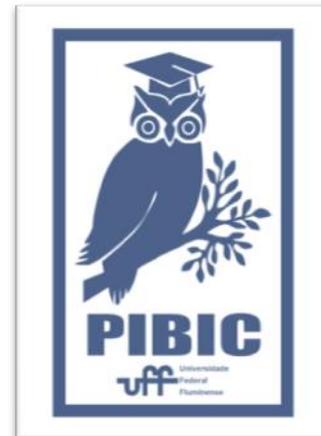
- [1] R. M. Stephan, F. A. N. C. Pinto, A. C. d. N. Gomes, J. A. Santisteban e A. O. Salazar, "Mancais magnéticos – Mecatrônica sem atrito", Editora Ciência Moderna, Ltda., 2013.
- [2] Liu, F., Yang, Y., Jiang, D., Ruan, X. and Chen, X. (2017). Modeling and Optimization of Magnetically Coupled Resonant Wireless Power Transfer System With Varying Spatial Scales. IEEE Transactions on Power Electronics, 32(4), pp.3240-3250.
- [3] Uddin, M. K., Ramasamy, G., Mekhilef, S., Ramar, K., Lau, Y. (2014). "A Review on High Frequency Resonant Inverter Technologies for Wireless Power Transfer using Magnetic Resonance Coupling". IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON), pp.412-417.
- [4] Barnes, F. and Greenbaum, B. (2016). "Some Effects of Weak Magnetic Fields on Biological Systems: RF fields can change radical concentrations and cancer cell growth rates". IEEE Power Electronics Magazine, 3(1), pp.60-68.
- [5] Wang, J., Li, J., Ho, S., Fu, W., Li, Y., Yu, H. and Sun, M. (2012). "Lateral and Angular Misalignments Analysis of a New PCB Circular Spiral Resonant Wireless Charger". IEEE Transactions on Magnetics, 48(11), pp.4522-4525.
- [6] Mou, X., Groling, O. and Sun, H. (2017). "Energy-Efficient and Adaptive Design for Wireless Power Transfer in Electric Vehicles".

IEEE Transactions on Industrial Electronics, 64(9), pp.7250-7260.

- [7] Barnes, F. and Greenbaum, B. (2016). "Some Effects of Weak Magnetic Fields on Biological Systems: RF fields can change radical concentrations and cancer cell growth rates". IEEE Power Electronics Magazine, 3(1), pp.60-68.
- [8] Kim, J., Kim, J., Kong, S., Kim, H., Suh, I., Suh, N., Cho, D., Kim, J. and Ahn, S. (2013). "Coil Design and Shielding Methods for a Magnetic Resonant Wireless Power Transfer System". Proceedings of the IEEE, 101(6), pp.1332-1342.
- [8] Kim, J., Kim, J., Kong, S., Kim, H., Suh, I., Suh, N., Cho, D., Kim, J. and Ahn, S. (2013). "Coil Design and Shielding Methods for a Magnetic Resonant Wireless Power Transfer System". Proceedings of the IEEE, 101(6), pp.1332-1342.
- [9] Ho, S., Wang, J., Fu, W. and Sun, M. (2011). "A Comparative Study Between Novel Witricity and Traditional Inductive Magnetic Coupling in Wireless Charging". IEEE Transactions on Magnetics, 47(5), pp.1522-1525.
- [10] Almeida, P. A. (2016). "Transmissão de Energia sem Fio: Método do Acoplamento Indutivo Ressonante". Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Fluminense.

### **Agradecimentos:**

Os autores gostariam de agradecer o apoio do CNPq e do Laboratório de Eletrônica, Acionamento e Controle do departamento de Engenharia Elétrica da UFF.





## **Processamento digital de sinais de voz**

**Obtenção automática do sinal glotal por filtragem inversa do sinal de voz e correspondente extração dos parâmetros para melhorar a eficiência de um algoritmo de verificação de locutor**

**Raiane Lima e Edson Cataldo**

**Departamento de Engenharia de Telecomunicações / Escola de**

**Engenharia**

### **INTRODUÇÃO:**

O processo de produção da voz é fascinante e ao mesmo tempo muito complexo, pois envolve vários órgãos do aparelho fonador humano. É através da pronúncia das palavras que nos comunicamos com o mundo e expressamos nossos sentimentos e desejos. Por isso, existe uma grande área de pesquisa com a finalidade de estudar e caracterizar a fala humana, ela contém muitas informações sobre o locutor que para a finalidade do nosso trabalho fazem toda a diferença. A voz possui um comportamento estocástico, o que faz com que suas ondas sonoras possuam inúmeras combinações de formas e frequências. Devido a essa característica, é possível aplicá-la em modelos estocásticos que serão construídos com base nos áudios de um locutor de interesse para realizar a verificação de identidade. O aparelho fonador humano é composto de uma anatomia complexa que transforma o fluxo de ar que sai do pulmão em ondas sonoras. Graças a esse processo, as dimensões e densidades das estruturas anatômicas, o sinal de voz carrega muitas informações únicas sobre o seu locutor que permitirão que o modelo diferencie um locutor de interesse de locutores impostores. Além da verificação de locutor, existem muitas aplicações que utilizam a voz devido as suas

características e a sua importância. Podemos citar, por exemplo, a criação digital de voz, o reconhecimento de locutor, a identificação de patologias relacionadas aos órgãos fonadores, comunicação homem-máquina, entre outros.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

O código desenvolvido em trabalhos anteriores foi adaptado para utilização de palavras e agora serão mostrados os resultados obtidos nos testes feitos com a palavra automático, utilizando o parâmetro MFCC, parâmetros de jitter e de frequência.

Para adaptação do código foi adotada a seguinte técnica: retiramos o início de silêncio do sinal de voz e dividimos o sinal glotal completo em oito janelas, onde algumas eram vozeadas e outras não, como mostrado na figura abaixo. O mesmo janelamento foi feito para o sinal de voz, pois ele é utilizado para a extração dos MFCCs e assim poderíamos obter um resultado coerente.

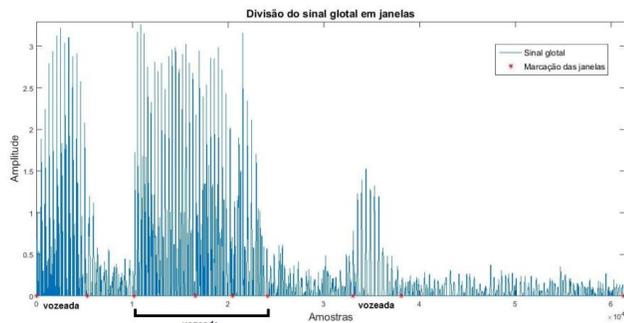


Figura 1: Sinal de voz dividido em janelas, demarcadas através dos pontos vermelhos



Figura 2: Taxas de erro em relação a base treinada para o locutor de interesse masculino

Pode ser observado na figura 2 uma melhora significativa nas taxas de erro, em relação a todos os limiares, do parâmetro MFCC com a adição dos parâmetros de jitter e frequência. Especialmente no caso do limiar 1 os valores de taxa de erro com a adição destes parâmetros são quase nulos, o que mostra a melhora na verificação de locutor ao adicionar tais parâmetros. Ou seja, o uso dos parâmetros de jitter e frequência melhorou muito o desempenho do código.

No caso da base treinada para o locutor feminino também podemos perceber que a adição dos parâmetros de jitter e frequência ao MFCC contribuíram para a diminuição da taxa de erro do programa e que o limiar 1 novamente retornou os melhores resultados, dessa vez melhor que anteriormente, pois nesse caso o

valor da taxa de erro foi 0%, como pode ser observado abaixo.



Figura 3: Taxas de erro em relação a base treinada para o locutor de interesse feminino

## CONCLUSÕES:

Como mostrado anteriormente, a adaptação feita funcionou conforme esperado e reproduziu os resultados já obtidos utilizando as sequências de vogais, ou seja, os parâmetros de frequência realmente melhoram o algoritmo de verificação de locutor.

## Agradecimentos:

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois sem sua permissão eu não estaria aqui. Aos meus pais por todo o apoio dado desde o início dos meus estudos, e ao meu orientador pela paciência e disponibilidade para me ajudar nessa árdua caminhada de conhecimento.

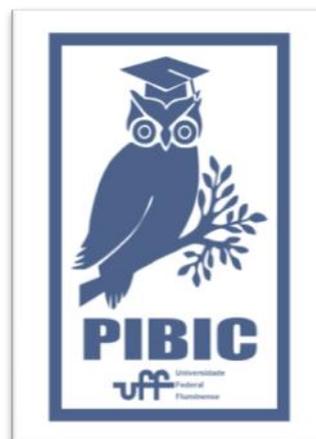


Figura 4: Logo PIBIC



## Engenharia Mecânica

### Simulação Numérica Para Análise de Instabilidades Hidrodinâmicas em escoamentos Bifásicos

João Magnus Bailuni de Bragança

Departamento de Engenharia Mecânica/Laboratório de Mecânica Teórica e Aplicada

#### INTRODUÇÃO:

Escoamentos bifásicos são aqueles onde dois fluidos interagem entre si. Podem ser escoamentos compostos por dois fluidos diferentes (miscíveis ou não), ou o mesmo fluido em dois estados diferentes. Tais escoamentos se fazem presentes na natureza ao nosso redor, como chuvas, mares, ciclones, etc. e também são recorrentes em diversos setores da indústria. Alguns exemplos podem ser encontrados em destiladores, misturadores siderúrgicos, reatores químicos e nucleares, entre outros. O campo a ser explorado neste projeto diz respeito ao transporte de água e óleo em dutos, escoamento típico de extrações na indústria de óleo e gás. Durante a produção de petróleo, é comum a produção simultânea de água advinda da jazida subterrânea de petróleo (reservatório petrolífero). O uso de simulações numéricas com complemento dos cálculos teóricos para previsão desses escoamentos é de extrema complexidade devido à ausência de um modelo que represente com precisão a interação entre as fases, e requerem elevado custo computacional. Por sua vez, o estudo destes escoamentos tem crescido cada vez mais devido à sua capacidade de otimizar os processos de produção. Especificamente, a transição dos padrões de escoamento são de suma importância no cálculo das forças de arrasto interfacial. O pacote de CFD OpenFOAM é utilizado para realização das simulações bidimensionais – além das ferramentas de análise de estabilidade linear - na intenção de se estudar as instabilidades hidrodinâmicas presentes no escoamento estratificado de fases separadas em canais, como o mecanismo responsável pela transição de regime.

#### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Foram simulados dois casos para validação. As variáveis foram adimensionalizadas, baseado na

largura característica  $D^* = 1$  e tempo característico  $t^* = 1$ . O canal possui comprimento  $L^* = 60$ . Como convenção, a fase menos densa (óleo) é referenciada com índice 1, enquanto a outra (água), 2. Os grupos adimensionais do problema são:  $Re_1 = 241.5$  e  $We = 9.22$ ; onde a razão entre densidades e viscosidades entre fluidos vale  $\rho_2/\rho_1 = 1.218$  e  $\nu_2/\nu_1 = 0.1874$ , e a tensão interfacial é  $\sigma = 0.1085$ . O número de Froude ( $Fr$ ) será assumido como infinito, portanto não será considerada a aceleração da gravidade. Os dois casos analisados possuem alturas de entrada da interface ( $H$ ) diferentes, sendo  $H_A = 0.725$  e  $H_B = 0.9$ . O resultado destas análises quanto à formação ou não de ondas espontâneas no escoamento dos dois casos são qualitativamente idênticos aos encontrados em (Gada V. e Sharma A., 2012), onde o mesmo utiliza a abordagem *level-set* em suas análises.

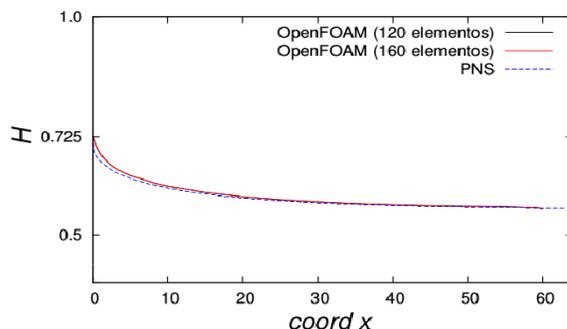


Figura 1: Validação do caso A

A partir de então o estudo se baseia na análise do caso A, pela facilidade de se estudar o efeito de casos forçados em relação ao caso B. O próximo passo para a análise por CFD é a reprodução de ondas de baixa amplitude através da introdução de um termo forçante na equação de momentum. A análise de estabilidade linear neste problema fornece os dados necessários para a melhor escolha da

perturbação inicial em termos de crescimento transiente de onda com amplitude infinita. A partir da análise em formulação temporal, dados os números de onda reais  $\alpha r$  ( $\text{Im}(\alpha) = 0$ ), obtém-se a taxa de crescimento  $\omega i$ . O valor do número de onda  $\alpha r = 2.25$  à jusante indica a maior taxa de crescimento  $\omega i = 0.2063$ . Assim, pode-se definir o comprimento de onda mais instável:  $L_x = 2\pi/2.25 \approx 2.8$ . Analogamente, deriva-se o período:  $T = 2\pi/3.1 \approx 2.03$ . Dados os valores obtidos na análise de estabilidade, deve-se estudar a formação e propagação de ondas interfaciais provocadas pelo modo instável. O termo forçante SF na equação de momentum é modelado de modo a empregar o valor de  $\omega r$  encontrado:  $SF = \alpha_1(1 - \alpha_1)A\sin(2\pi\omega r t)$ . Para definir o comprimento de onda, foi selecionado uma região do domínio computacional a montante com metade do valor de  $L_x$  correspondente a onda mais instável para a frequência imposta ( $\omega r = 3.1$ ). Por fim é feita uma Análise por Densidade Espectral de Potência (PSD), cujos dados foram extraídos à meia altura do canal ( $y = 0.5$ ), à jusante ( $x = 50$ ). Mais precisamente, registrou-se a componente vertical da velocidade no ponto em questão,  $v$ , ao decorrer da propagação de ondas. Foram propostos três termos forçantes de amplitudes  $10^{-3}$ , 1 e 10. Percebe-se então o surgimento de dois modos instáveis presentes nas simulações, um deles gera ondas longas de baixa frequência  $\omega r \approx 3.1$ , enquanto o outro gera ondas curtas de alta frequência,  $\omega r \approx 80$ .

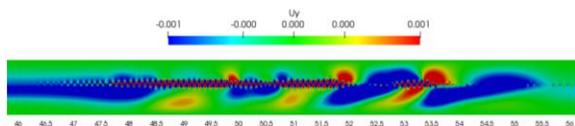


Figura 2: Perfil de velocidade a jusante do canal para o caso de amplitude  $10^{-3}$

As ondas longas podem ser interpretadas como ondas gravitacionais, geradas por um desequilíbrio de pressão no escoamento. Mesmo que sem gravidade elas podem receber esse nome na literatura, sendo aqui provocadas pelo efeito Bernoulli. Já as ondas curtas sugerem o efeito de ondas capilares,

provocadas pelos efeitos de tensão superficial. Estas possuem propriedades diferentes das ondas descritas anteriormente, como por exemplo velocidades de propagação maiores para ondas menores. De alguma forma, apesar da tentativa de priorizar apenas a geração de ondas longas, as perturbações geradas à montante estão excitando ondas curtas, de modo que os efeitos de tensão superficial se sobressaem em relação aos efeitos das forças de campo em alguns casos. É sabido que a descontinuidade brusca de densidade entre fases propicia a formação de flutuações na interface, as quais são de natureza aleatória. Pode-se afirmar que, apesar da aparente simplicidade de um perfil estratificado liso, se esconde na interface um complexo padrão de rugosidade que pode estar sendo amplificado por perturbações iniciais de baixa amplitude. Também há indícios de que o aumento da amplitude das perturbações resulta na dominância das ondas longas e diminuição das ondas curtas. Acredita-se que, para o caso de amplitude  $10^{-3}$ , a evolução transiente das ondas pode desencadear na sobressalência do modo próprio de menor frequência.

## CONCLUSÕES:

Dois modos instáveis foram identificados nestas análises. O primeiro, com baixa frequência, capaz de promover a formação de ondas longas e outro com alta frequência, que provoca as ondas curtas. As ondas de alta frequência podem estar relacionadas às ondas capilares, controladas pelos efeitos de tensão superficial. Em geral, este tipo de comportamento se refere a um erro numérico, conhecido como corrente parasita, proveniente do cálculo da interface (como o esquema PLIC e derivados) para abordagens de um único fluido em escoamentos bifásicos. Já as ondas de baixa frequência são provocadas por um desbalanceamento da pressão entre as fases, advindo do efeito Bernoulli. Sugere-se então a análise por PSD por toda a extensão do canal, bem como o efeito da extensão em  $x$  do termo forçante ( $L_c$ ), o estudo da propagação das ondas num canal mais extenso e um modelo com melhor tratamento de interface.

**Agradecimentos:**

Agradeço ao meu professor/orientador Daniel por me abrir portas no caminho acadêmico e à minha família e amigos pelo suporte.

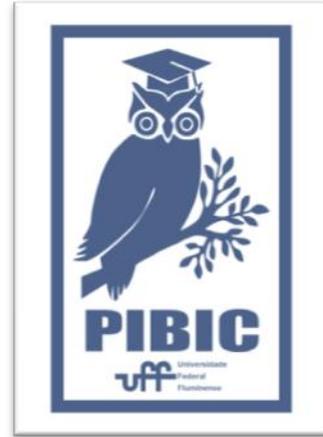


Figure 3: Logo PIBIC



## Engenharias

### Estrutura interna de agregados núcleo-casca de copolímeros e surfactante CTAB.

**Autores:** Silva<sup>1</sup>, C.C.D., Nascimento<sup>1</sup>, D.F., Matias<sup>1</sup>, N.B.L., Perea<sup>1</sup>, G.N.R., Giona<sup>2</sup>, R.M e Vitorazi<sup>1</sup>,L.

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais/EEIMVR - UFF/ Laboratório de Materiais Poliméricos. <sup>2</sup>Departamento Acadêmico de Química/UTFPR – Medianeira/LaMaFi

**INTRODUÇÃO:** A partir da associação de copolímeros dibloco e surfactante de carga oposta é possível se obter agregados do tipo núcleo-casca, sendo o núcleo composto de micelas de surfactante rodeadas pelos blocos carregados dos copolímeros e, a casca, composta pelos blocos neutros dos copolímeros.<sup>1</sup>

A partir da mistura de copolímeros em dibloco e tribloco na presença de surfactante de carga oposta, espera-se a formação de agregados do tipo núcleo-casca conectados formando uma matriz tridimensional.<sup>2</sup>

Nesse trabalho, foram preparados copolímeros em dibloco e tribloco por polimerização radicalar controlada (PRC) via RAFT (adição-fragmentação reversível de transferência de cadeia) baseando-se no método descrito por Taton e colaboradores.<sup>3</sup> Foram empregados os monômeros ácido acrílico (AH) e acrilato de di(etileno glicol) etil éter (EO), o iniciador azobisisobutironitrila (AIBN) em solução de tolueno e o agente de transferência de cadeia RAFT, o 4-ciano-4-(tiobenzoilto) ácido pentanóico. Os copolímeros obtidos foram denominados PAH<sub>10k</sub>-PEO<sub>30k</sub> e PAH<sub>10k</sub>-*b*-PEO<sub>60k</sub>-*b*-PAH<sub>10k</sub>, sendo esses dibloco e tribloco, respectivamente.

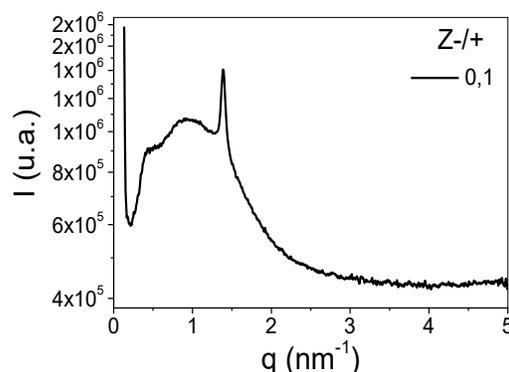
Sais complexos desses copolímeros foram preparados a partir de mistura direta dos mesmos e o surfactante brometo de cetiltrimetilamônio (CTAB), em pH 9. As misturas foram realizadas nas diferentes razões de carga Z-/+(COO<sup>-</sup> e NR<sub>4</sub><sup>+</sup>) 0,1; 0,3; 0,4; 0,7; 1,0; 1,5; 2,3; 4,0 e 9,0.

As misturas foram analisadas por SAXS (Espalhamento de Raios-X de Baixo Ângulo) no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (CNPEM, Campinas, Brasil) para caracterização das estruturas internas dos agregados.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Inicialmente foram feitas as misturas de copolímeros PAH<sub>10k</sub>-*b*-PEO<sub>30k</sub> e solução de CTAB, a partir de soluções nas concentrações de carga de 0,0518 mol.L<sup>-1</sup>. O pH dessas soluções foi corrigido para 9 para garantir a total ionização dos grupos ácidos do poli(ácido acrílico). As misturas dibloco/surfactante, tribloco/surfactante e dibloco-tribloco/surfactante apresentaram aspecto turvo e na maior parte dos casos ficaram dispersas em solução.

A Figura 1 apresenta a curva de SAXS obtida na faixa de vetor de onda ( $q$ ) 0,1 - 5,0 nm<sup>-1</sup> para a amostra preparada na razão de carga Z-/+, 0,1 para a mistura PAH<sub>10k</sub>-PEO<sub>30k</sub>/CTAB. A região de vetor de onda analisada nesses ensaios pode ser empregada para verificar estruturas com distâncias de correlação da ordem das distâncias de micelas de surfactantes no núcleo de agregados núcleo-casca. A região alargada na curva está relacionada com a presença de micelas parcialmente cristalizadas.



**Figura 1:** Curvas de SAXS para razão de carga 0,1 de PAH<sub>10k</sub>-PEO<sub>30k</sub>/CTAB

Outros resultados sugerem que o incremento da razão de carga para a mistura PAH<sub>10k</sub>-PEO<sub>30k</sub>/CTAB leva a um aumento no grau de

cristalinidade das micelas no núcleo dos agregados resultando na formação de micelas empacotadas em fases hexagonais.

As misturas de copolímero tribloco PAH<sub>10k</sub>-PEO<sub>60k</sub>-PAH<sub>10k</sub>/CTAB também formaram agregados cujos núcleos tiveram incremento no grau de cristalinidade com incremento da razão de carga Z-/+

## CONCLUSÕES:

Copolímeros em dibloco PAH<sub>10k</sub>-PEO<sub>30k</sub> e tribloco PAH<sub>10k</sub>-*b*-PEO<sub>60k</sub>-*b*-PAH<sub>10k</sub> foram preparados utilizando da técnica de polimerização RAFT.

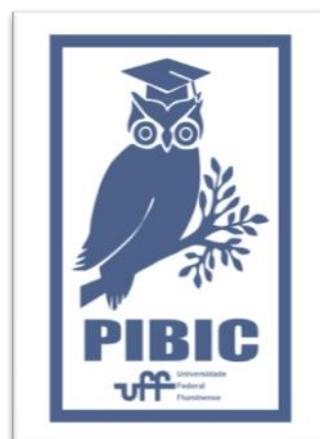
Misturas desses polímeros com o surfactante de carga oposta CTAB foram realizadas e através de SAXS pode-se observar a estrutura interna dos agregados.

## REFERÊNCIAS:

1. Vitorazi, L., Berret, J.-F., Loh, W. Self-Assembly of Complex Salts of Cationic Surfactants and Anionic-Neutral Block Copolymers. Dispersions with Liquid-Crystalline Internal Structure. *Langmuir* **29**, 14024–14033 (2013).
2. Giacomelli, F. C., Riegel, I. C., Petzhold, C. L., da Silveira, N. P., Štěpánek, P. Aggregation Behavior of a New Series of ABA Triblock Copolymers Bearing Short Outer A Blocks in B-Selective Solvent: From Free Chains to Bridged Micelles. *Langmuir* **25**, 731–738 (2009).
3. Taton, D., Wilczewska, A. & Destarac, M. Direct synthesis of double hydrophilic statistical di- and triblock copolymers comprised of acrylamide and acrylic acid units via the MADIX process. *Macromol. RAPID Commun.* **22**, 1497–1503 (2001).

## Agradecimentos:

Os autores agradecem ao Laboratório Nacional de Luz Síncrotron pela utilização da linha SAXS1 (proposta 20170903). L.V. agradece a UFF pelo apoio financeiro (FOPESQ-2017). Silva, C.C.D agradece a FAPERJ pela bolsa de Iniciação Científica (processo 232091). Nascimento, D.F. agradece a UFF pela bolsa PIBITI/CNPq.





**Grande área do conhecimento: Engenharias**  
**Título do Projeto: Simulação Computacional de transformação de fases a partir de micrografias reais**  
**Aluna: Júlia Mendes dos Santos**  
**Orientador: Wesley Luiz da Silva Assis**  
**Departamento/Unidade/Laboratório: Polo Universitário de Volta Redonda – EEIMVR, VMT, Laboratório de Modelamento Microestrutural.**

## **INTRODUÇÃO:**

Processos de nucleação e crescimento são aqueles nos quais se encontram uma matriz inicial e em algum momento durante a reação, surgem novos núcleos e a partir destes, novas fases. Esta ou estas, novas fases geralmente são caracterizadas por terem propriedades diferentes das já existentes da matriz original. Tais propriedades podem ser cor, textura, densidade, propriedades elétricas, magnéticas, difusionais, orientações cristalográficas dentre outras. O processo de surgimento dessa nova fase é chamado rotineiramente de nucleação. Durante o processo de nucleação podem ser apresentadas mais de uma fase. São denominadas nucleações simultâneas quando as “n” fases surgem todas ao mesmo tempo, ou nucleação sequencial, quando estas surgem em posições distintas na linha do tempo.

Uma das aplicações do fenômeno de nucleação e crescimento são as transformações de fase que os metais sofrem em determinadas variações de temperatura, que conseqüentemente alteram propriedades como resistência mecânica, dureza, ductilidade e etc.

Modelos computacionais são tentativas de analisar predições físicas ou conseqüências de teorias científicas. As simulações computacionais, também fornecem importante alternativa para o auxílio em técnicas da ciência experimental, quando os fenômenos não são observáveis ou quando as medidas são impraticáveis ou inviáveis financeiramente. A experimentação numérica ou computacional, tem se tornado uma tendência real nas últimas décadas. Esta nova tendência de pesquisa foi apresentada por Mukhopadhyay, Loeck e Gottstein [1] em trabalhos recentes. O trabalho de Mukhopadhyay, Loeck e Gottstein [1] era uma simulação de evolução microestrutural que recebia alimentação indireta de dados experimentais. Os dados eram indiretamente

fornecidos para a simulação computacional. Primeiro era realizado um procedimento experimental estatístico para se obter os resultados, e somente depois disto os dados eram fornecidos para simulação computacional. Recentemente Assis [2] publicou um trabalho, no qual eram simuladas recristalizações de diferentes componentes de texturas cristalográficas. Rios et al [3] também publicou um artigo sobre a evolução de reações simultâneas simuladas pelo método do cone causal, na qual os dados de entrada do programa foram obtidos via bibliografia de trabalhos experimentais de outros grupos de pesquisa. Em todos estes trabalhos citados foram utilizados dados reais como entrada para a simulação computacional, todavia, o domínio no qual foi realizada a análise numérica era apenas uma aproximação volumétrica com geometrias diferentes.

O objetivo deste projeto baseia-se na utilização de matrizes computacionais que representam um sistema físico real para simular reações de nucleação e crescimento em materiais metálicos no estado sólido, e, com isso, obter resultados simulados precisos do fenômeno em questão. Para isso utilizou-se uma microestrutura de aço duplex 2205. A micrografia do material em questão obteve-se através de um microscópio ótico, após tratamento térmico de envelhecimento. Então, fez-se uma simulação computacional de nucleação e crescimento da fase sigma nos contornos de grãos desse aço, aplicando o Método do Cone Causal. O método estocástico (Cone Causal) usado neste trabalho já foi validado e publicado em diversas revistas previamente.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

A partir das técnicas de metalografia, obteve-se a micrografia apresentada na figura 4:

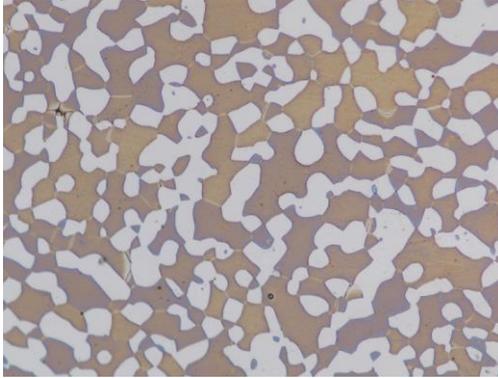


Figura 4: Micrografia do aço duplex 2205.

Subseqüentemente, para o estudo da transformação de fase nos contornos de grãos, foi necessário o tratamento da imagem para que fossem destacados os mesmos. Pois, o método utilizado depende do contraste entre interior do grão e seus contornos, para que a nucleação no contorno ocorra. Após o tratamento, verificou-se o resultado exibido na figura 4.

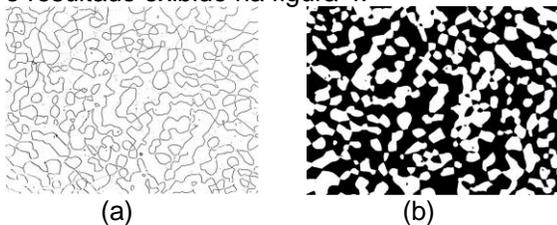


Figura 5: Micrografia do aço duplex submetida a diferentes tratamentos de imagem para (a) evidenciar os contornos e (b) para evidenciar as fases.

De posse da Figura 4, através do código desenvolvido em C++, foi gerada uma malha computacional baseada na micrografia em questão. Utilizando o Método do Cone Causal, fez-se a simulação da transformação de fase com trezentos núcleos da nova fase. Na figura 6 é exposta a micrografia tratada após o surgimento dos núcleos.

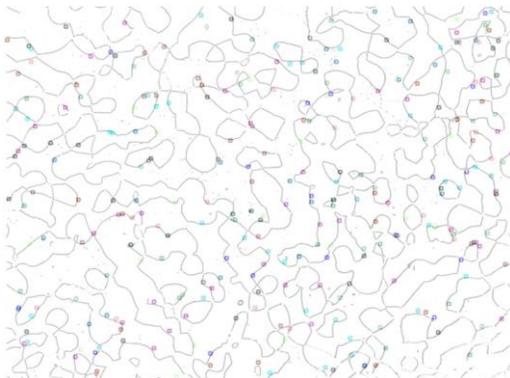


Figura 6: Microestrutura tratada após o surgimento dos núcleos.

No esquema prático da figura 6 foi considerado nucleação por saturação de sítios, no qual todos os núcleos surgem num mesmo instante 't' de transformação.

A partir do método do cone causal foi feita a simulação do crescimento dos núcleos mostrados na figura 6. O crescimento simulado corresponde ao crescimento real da fase sigma em um aço duplex, pois a nova fase cresce sob apenas uma das fases iniciais. Ao final da simulação, uma nova microestrutura foi obtida, conforme mostrado na figura 7.

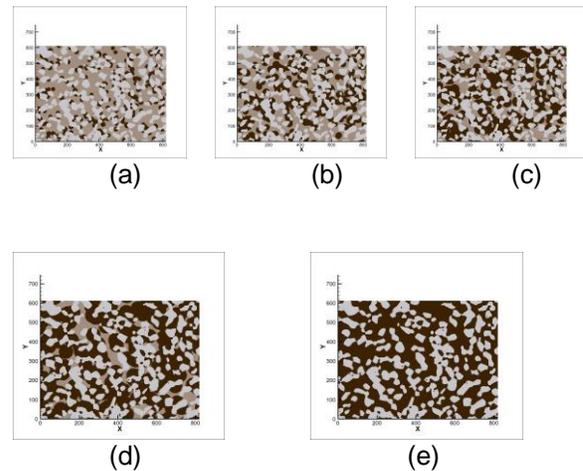


Figura 7: (a) 21%; (b) 42%; (c) 61%; (d)81%; (e)100%, de evolução estrutural obtida através da simulação.

Na figura 7 estão apresentados grãos de Voronoi típicos de crescimentos com velocidades constantes de crescimento. Com os dados obtidos da simulação e as equações (2) foi construído um gráfico de  $V_v$  versus tempo de transformação analíticos e numéricos, onde o modelo analítico é mostrado por uma linha e os dados obtidos na simulação por quadrados.

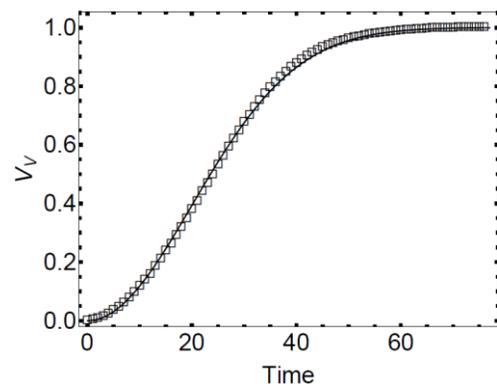


Figura 8: Comparação de  $VV$  obtido na simulação com a equação analítica.

Observa-se uma boa concordância entre o modelo analítico e o numérico na figura 8. A figura 9 é a representação da área superficial por unidade de volume em função do tempo de recozimento simulado e analítico.

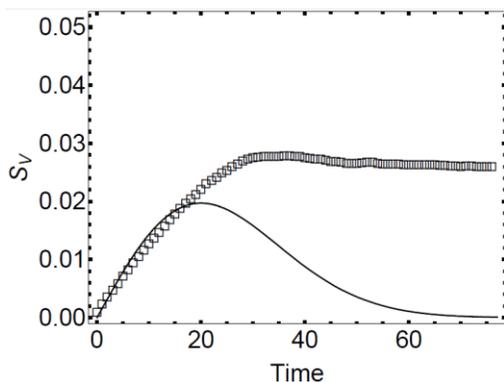


Figura 9: Comparação de  $SV$  obtido na simulação com a equação analítica.

É válido ressaltar que não se obteve boa concordância entre a simulação computacional e a predição analítica. Dessa forma ajustes numéricos se fazem necessários.

## CONCLUSÕES:

Este trabalho apresentou um excelente método computacional, que aproxima as características reais das simulações de transformação de fases por nucleação e crescimento.

Devido à ocorrência da nucleação não aleatória, nos contornos, o modelo de JMAK não apresenta uma boa concordância com a simulação computacional.

Os resultados obtidos são satisfatórios e impulsionam a continuidade do estudo, possibilitando uma maior exploração da ferramenta computacional criada neste trabalho.

Os estudos seguirão com o desenvolvimento de equações analíticas que concordem com o modelo desenvolvido, possibilitando estudos futuros de não apenas aços duplex, mas também outros tipos de aços, e suas particularidades.

## Agradecimentos:

À PROPPI/UFF pelo apoio financeiro e ao Grupo de Pesquisa Núcleo de Modelamento Microestrutural (NMM) por permitir acesso ao

laboratório e a utilização dos computadores e softwares para execução das pesquisas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Mukhopadhyay P., Loeck M., Gottstein G., A cellular operator model for the simulation of static recrystallization, *Acta Mater.* 55 (2) 551–564, 2007.
- 2 W.L.S. Assis, Investigação do Efeito da Nucleação, da Velocidade de Crescimento e da Distribuição da Energia Armazenada na Recristalização pelo Método do Autômato Celular em Três Dimensões Dissertação de Mestrado – PG Engenharia Metalúrgica, UFF Volta Redonda, 2006.
- 3 Rios P.R., Vilela H., Oliveira S.C., New methodology to model simultaneous and sequential reactions: Main results and applications. *Materials Science forum vols.* 706-709, 149-156, 2012.
- 4 Bradski G., Kaehler A., *Learning OpenCV Computer Vision with the OpenCV Library*, Gravenstein Highway North, O'Reilly, 2008.
- 5 Salazar T.C., Assis W.L.S., Rios P.R., Simulation of recrystallization in iron single crystals, *Materials Research*, Vol. 11 No 1, 109-115, 2008.
- 6 JOHNSON, W. A. AND MEHL, R. F. Reaction kinetics in processes of nucleation and growth, *Transactions Metallurgical Society, A.I.M.E*, vol.135, 416-441, 1939.
- 7 Kolmogorov A.E., On the static theory of metal crystallization, *Akad. Nauk SSSR, Izv., Ser. Mater.* 1 355, 1937.
- 8 Avrami M., Kinetics of phase change. I. General theory, *J. Chem. Phys.* 7 1103–1112, 1939.
- 9 Avrami M., Kinetics of phase change. II. Transformation-time relations for random distribution of nuclei, *J. Chem. Phys.* 8 212–224, 1940.
- 10 Avrami M., Kinetics of phase change. III. Granulation, phase change and microstructure, *J. Chem. Phys.* 9 177–184, 1941.



**Grande área do conhecimento: Engenharias**

**Título do Projeto: Avaliação de parâmetros teóricos e reacionais na purificação de correntes de hidrogênio contendo acetaldeído.**

**Autores: Michell Douglas Pereira Mota, Luana Britto Pinto, Rita C. Colman, Hugo A. Oliveira, Luciane P. C. Monteiro**

**Departamento/Unidade/Laboratório: Deptº Engenharia Química e Petróleo/LEMMA**

**INTRODUÇÃO:** As células a combustíveis tipo PEM são alimentadas por hidrogênio gerado por reações de reforma. Dentre os variados tipos de matérias prima para esta reação, o etanol proveniente da biomassa, o bioetanol, se destaca por gerar hidrogênio renovável. Porém, a produção de  $H_2$  a partir do etanol pode gerar também além do CO o acetaldeído. A corrente de  $H_2$ , antes de ser utilizada como combustível nas células a combustível tipo PEM, deve passar por um processo de purificação visando reduzir a concentração de CO ao limite de 50 ppm (Bernay *et al.*, 2012; Colman *et al.*, 2009) para evitar a contaminação da célula.

De forma geral, os estudos experimentais demandam grande quantidade de tempo e de recursos para a repetição dos experimentos com o intuito de encontrar as melhores condições operacionais. Desta forma, uma possibilidade é utilizar um simulador comercial, por exemplo o UniSim®, para auxiliar e diminuir o número de experimentos. Neste contexto, o objetivo deste estudo é encontrar condições operacionais para que as concentrações de CO estejam dentro das especificações de uma célula a combustível tipo PEM.

## METODOLOGIA

Para o estudo termodinâmico da purificação de correntes de hidrogênio contendo acetaldeído, foi utilizado o software comercial de simulação UniSim® Design Suite R400 da empresa Honeywell e o pacote termodinâmico baseado na equação de estado Peng-Robinson-Stryjek-Vera (PRSV). O modelo de reator empregado no estudo foi o Reator de Gibbs (GBR-100) que utiliza uma função de minimização da energia livre de Gibbs de um sistema. A composição de equilíbrio é definida

pela minimização da função objetivo. Para o estudo foram considerados 25 componentes baseado nos trabalhos publicados na literatura (Colman *et al.*, 2009; de Lima *et al.*, 2009; McCabe *et al.*, 1985; Idriss *et al.*, 1995; Nagai *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2003). Os principais foram:  $CH_4$ , CO,  $CO_2$ ,  $H_2$ , acetaldeído, propano, etano, etanol,  $H_2O$ , benzeno e etileno. A corrente de entrada do Reator de Gibbs, tem a mesma composição que a corrente de alimentação estudada no teste catalítico efetuado por Colman *et al.* (2009) que consiste nas seguintes frações molares: 63%  $H_2$ , 33,3%  $N_2$  e 3,7% Acetaldeído. A Figura 1. apresenta a simulação do estudo de caso.

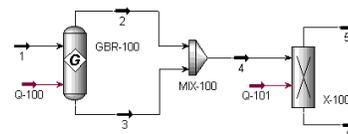


Figura 1 – Fluxograma da simulação

Após a saída do Reator de Gibbs, foi utilizado o MIXER para unir o produto de topo com o de fundo e a corrente de saída do mixer foi ligada ao Component splitter (X-100) com a propósito de separar o nitrogênio e a água da corrente de saída. A corrente de energia (Q-100) foi empregada com o intuito de controlar a temperatura no reator, já que as reações podem ser exotérmicas ou endotérmicas. As condições operacionais para a realização das simulações foram: variação de temperatura de 25 a 800°C, com passo de 25°C e pressões de 1, 10, 20, 30, 40 e 50 atm. Com a finalidade de avaliar a composição dos contaminantes (CO e Acetaldeído) pós-reação foi analisada a corrente 6, conforme especificado na Figura 1.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da simulação são apresentados na Figura 1, onde observa-se a composição do acetaldeído e do CO em função da temperatura e pressão. A linha tracejada que representa a concentração do acetaldeído destaca que este componente não foi encontrado na saída do reator para nenhuma das condições estudadas. As outras linhas contínuas representam a concentração do monóxido de carbono a diferentes pressões.

Elas apontam que a formação de CO é favorável em altas temperaturas e baixas pressões. A partir dos resultados apresentados a respeito do acetaldeído, foi possível concluir que, esse composto não é formado nas condições estudadas. Assim, o componente foco para o estudo das condições operacionais do Reator de Gibbs para que fosse minimizada a quantidade de contaminantes na saída do reator foi o monóxido de carbono.

Uma das limitações da célula a combustível tipo PEM está ligada ao fato de os anodos serem rapidamente envenenados pelo CO presente no combustível, quando sua concentração ultrapassa o limite permitido (Bernay *et al.*, 2012; Colman *et al.*, 2009). Desta forma, para determinar as condições operacionais que atendam às exigências para a célula combustível operar, foi necessário variar a temperatura e a pressão no Reator de Gibbs até atingir a restrição da célula, ou seja, alcançar a concentração de 50 ppm de CO na saída do reator. Ao realizar este procedimento, as temperaturas limites nas distintas pressões foram encontradas, conforme exposto na Figura 1b.

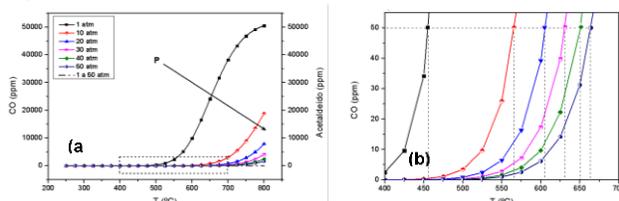


Figura 1: (a) Comportamento do CO e  $C_2H_4O$  nas diferentes T e P e (b) Ampliação da área pontilhada indicada na Figura 3, referente à composição do CO (ppm).

Conforme constatado por alguns autores (Colman *et al.*, 2009; de Lima *et al.*, 2009), o acetaldeído pode ser formado na reação, porém pelos resultados da simulação não foi possível encontrá-lo nas condições de operação estudadas. Deste, para uma melhor

análise do acetaldeído, foi realizado um estudo da estabilidade termodinâmica deste composto através do processo chamado inibição. O processo de inibição realizado no UniSim® consiste em inibir no Reator de Gibbs os produtos formados em maior quantidade, ou seja, o composto inibido não é mais formado e não é mais encontrado na saída do reator. Com este objetivo, o estudo foi conduzido empregando a mesma composição de Colman *et al.* (2009, variando a temperatura (100 a 800°C com passo: 200°C) e a pressão (1 a 50 atm, passo: 10 atm). Os produtos formados em maior quantidade na saída do Reator de Gibbs foram:  $CH_4$ , CO,  $CO_2$ ,  $H_2O$  e  $H_2$ . Foram realizadas 13 inibições e verificou-se que a inibição do CO,  $CO_2$  e  $H_2O$  representa o menor caminho para o aparecimento do acetaldeído, ou seja, apenas com a inibição desses oxigenados o acetaldeído é encontrado.

Conforme exposto na Figura 2, a formação do acetaldeído é favorecida em altas temperaturas e baixas pressões. Segundo resultado da inibição XII, com a retirada dos compostos oxigenados, os átomos de oxigênio se deslocaram para o etanol e acetaldeído, que são os próximos compostos mais estáveis formados.

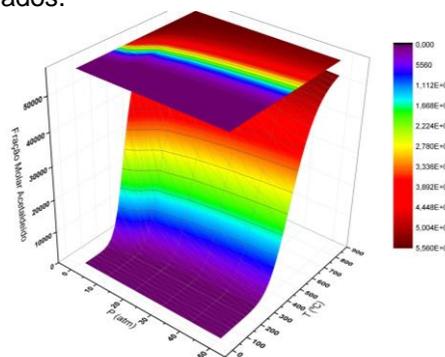


Figura 2: Concentração do acetaldeído em função da T e da P na inibição XII.

Adicionalmente, foi realizado um estudo termodinâmico com o objetivo de verificar quais as temperaturas devem ser aplicadas em experimentos catalíticos de purificação de corrente material proveniente de reações de reforma a vapor do etanol. A Figura 3 apresenta as temperaturas limites em função das possíveis concentrações de CO que atendam a especificação exigida para a célula a combustível PEM. Para as restrições de 10, 50 e 100 ppm de CO devem-se utilizar as seguintes temperaturas: 425°C, 457°C e 472°C, respectivamente.

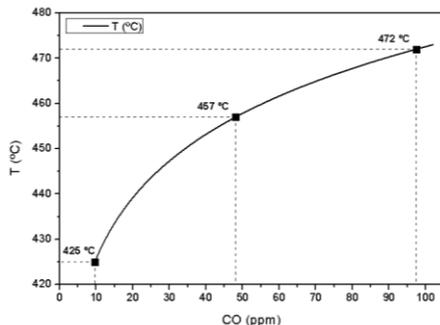


Figura 3: Temperaturas de operação em função das concentrações de CO.

## CONCLUSÕES:

A partir de análises termodinâmicas foi possível avaliar as possíveis condições operacionais para experimentos catalíticos de purificação de corrente material proveniente de reações de reforma a vapor do etanol.

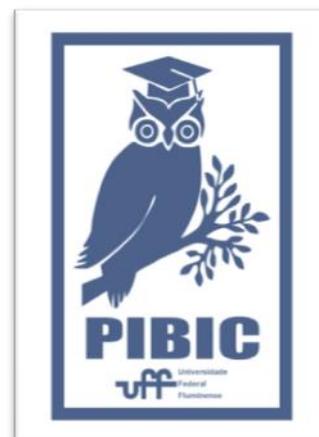
Em uma corrente de H<sub>2</sub> contendo 3,7% acetaldeído, a temperatura de operação é de 457°C, em 1 atm para a restrição de 50 ppm de CO na célula a combustível PEM. A reação de conversão do acetaldeído em CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub> é favorecida em todas as condições termodinâmicas estudadas.

## REFERÊNCIAS:

- BERNAY C, MARCHAND M, CASSIR M, J. of Power Sources, v.108, p.139-152, 2002.
- COLMAN R, TORRES L, DE LIMA A, APPEL L. Int J of Hydrogen Energy, v.34 p. 9832-9837, 2009.
- DE LIMA S, COLMAN R, JACOBS G, DAVIS B, DE LIMA A, APPEL L. NORONHA F. Cat. Today, v.146, p. 110-123 ,2009.
- IDRISS H, DIAGNE C, BARTEAU M., J of Catalysis, v.155, p. 219-237, 1995.
- MCCABE R, DIMAGGIO C, MADIX R, J. Phys. Chem, v.89, p.854-861, 1985.
- NAGAI Y, MOROOKA S, MATUBAYASI N, NAKAHARA M., J. Phys. Chem. A, v.108, p.11635-11643, 2004.
- VASUDEVA K, MITRA N, UMASANKAR P, DHINGRA S., Int J Hydrogen Energy, v.21, p.13-18, 1996.
- ZHAO H, KIM J, KOEL B, Surface Science, v.538, p.147-159, 2003.

## Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de estudos.





## Engenharias

### **Propriedades elásticas efetivas de concretos refratários com diferentes adições de fibras de aço utilizando homogeneização computacional e micro tomografia**

**Rafael da Silva Vianna; Janine D.Vieira (Orientador); André M. B. Pereira (Orientador); Ricardo Leiderman (Colaborador)**

**Departamento de Engenharia Civil / Instituto de Computação**

#### **INTRODUÇÃO:**

Compósitos cimentícios refratários possuem uma alta gama de aplicações em diversas indústrias graças às suas excelentes performances em elevadas temperaturas. Nas indústrias siderúrgicas e petrolíferas, concretos refratários são frequentemente utilizados como revestimentos de tubulações e equipamentos. Os dutos e equipamentos desses tipos de indústrias carregam fluidos em altas temperaturas, sendo necessário garantir que os materiais a serem utilizados consigam conservar suas propriedades mecânicas em ambientes com temperaturas elevadas.

Para aprimorar o comportamento desses materiais, fibras de aço são adicionados à mistura do concreto (MEDEIROS 2012). Contudo, a adição de fibras altera o comportamento do material, sendo necessário determinar a influência de fibras de aço nas propriedades elásticas efetivas do concreto refratário.

Simulações computacionais são uma forma atrativa de investigar o comportamento mecânico de materiais, e uma alternativa para contornar os gastos de recursos gerados em ensaios experimentais de laboratório. Métodos computacionais, como técnicas de homogeneização computacional através de análises de elementos finitos, tem se mostrado uma solução eficiente na determinação de propriedades elásticas efetivas de materiais compósitos. Nesse tipo de método, materiais com distribuições complexas de fases podem ser analisados, pois existe a possibilidade de considerar a microestrutura do material. Surge então, o desafio de gerar um modelo computacional na escala microscópica. Uma das soluções que podem ser utilizadas é a aplicação da técnica de micro tomografia

computadorizada de raios X (microCT) (LIM, 2016).

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a metodologia utilizada para analisar o arranjo e as porcentagens volumétricas das fases de diferentes corpos de prova com diferentes quantidades de fibras através de imagens tridimensionais da estrutura interna do material geradas por micro tomografia computadorizada (microCT). Também serão determinadas, através de simulações computacionais, as propriedades elásticas efetivas dos modelos virtuais utilizando técnicas de homogeneização computacional.

#### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

O estudo do efeito da adição de fibras de aço na mistura do concreto refratário é realizado em corpos de prova com frações mássicas de fibras de 4%, 6%, 8% e 10%.

As etapas utilizadas para análise dos corpos de prova na metodologia utilizada se dividem em: 1) Aquisição de imagens através de Micro-CT; 2) Processamento e segmentação de imagens; 3) Homogeneização computacional. Essas etapas são melhor detalhadas a seguir.

##### 1) Aquisição de imagens através de micro-CT

A micro tomografia é uma técnica utilizada para a visualização tridimensional interna de qualquer material na escala de um micrometro. Esta técnica consiste na geração de múltiplas radiografias tiradas de diversos ângulos para a produção de uma imagem 3D da estrutura interna de um objeto.

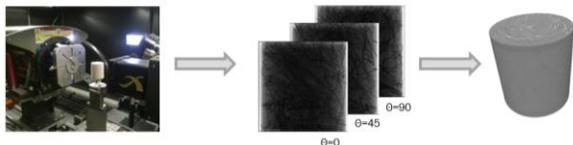


Figura 1: Processo de micro tomografia e reconstrução tomográfica do concreto refratário a partir de radiografias tiradas em diferentes ângulos.

## 2) Processamento e segmentação de imagens

O objeto virtual gerado pela microCT é uma imagem 3D em escala de cinzas. Cabe ao usuário determinar quais voxels representam quais constituintes do material. Esse processo é chamado de segmentação. A segmentação consiste na determinação das fases do material de acordo com as escalas de cinza do modelo 3D.

A Figura 2 apresenta a imagem segmentada dos modelos virtuais dos 4 corpos de prova analisados.

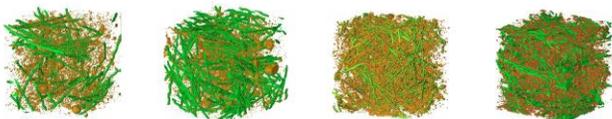


Figura 2: Volumes virtuais dos corpos de prova com 4%, 6%, 8% e 10% de frações mássicas de fibras (verde – fibras, amarelo – vazios)

## 3) Homogeneização

O processo de homogeneização computacional foi feito em elementos de volume representativos (RVE) dos corpos de prova. Isso é, a medida feita para a propriedade elástica efetiva do volume analisado representa o corpo de prova inteiro.

Condições de contorno periódicas são implementadas no modelo computacional. As condições de contorno periódicas simulam a presença do RVE em um meio periódico, onde o RVE se repete em todas as direções, fazendo com que a convergência das propriedades elásticas medidas convirjam mais rapidamente para as propriedades elásticas efetivas de um RVE.

## CONCLUSÕES:

Este trabalho apresentou uma metodologia de análise dos efeitos da adição de diferentes porcentagens de fibras de aço na mistura de

concretos refratários. A metodologia envolvendo microCT permitiu a verificação da distribuição das fases do material compósito na escala microscópica. Através do processo de segmentação de imagem foi possível analisar e comparar as frações volumétricas das fases presentes nos diversos corpos de prova com diferentes porcentagens de fibras.

A utilização de técnicas de homogeneização computacional possibilitou a análise das propriedades elásticas efetivas dos corpos de prova estudados, sendo possível determinar a melhor porcentagem volumétrica de fibras em que o concreto refratário reforçado apresentou o melhor comportamento mecânico.

A determinação dos módulos de elasticidade de um volume representativo de concreto refratário através de homogeneização computacional mostra a possibilidade do emprego dessa técnica nos estudos de determinação de constantes elásticas de materiais compósitos para realização de projetos estruturais de engenharia.

## Referencias Bibliográficas:

LIM, Jae Hyuk et al. Numerical prediction of fiber mechanical properties considering random microstructures using inverse analysis with quase-analytical gradients. *Applied Mathematics and Computation*, 273, (2016), 201-216

MEDEIROS, Jorivaldo. Refratários de elevada Tenacidade para aplicações críticas na indústria do refino de petróleo. Dissertação (mestrado), UFRJ/ COPPE, Rio de Janeiro, 2012.



## Grande área do conhecimento: Análise Estrutural

### Projeto de passarelas de material compósito considerando análise dinâmica.

João Pedro de Castro Torres; Eliane M. L. Carvalho (orientadora); Janine D. Vieira (orientadora)

Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Civil

## INTRODUÇÃO:

A evolução da engenharia vem demandando a utilização de novos materiais para substituir o concreto e o aço, buscando soluções mais eficientes, econômicas e ecológicas. Nessa direção, perfis estruturais de polímero reforçados com fibras (PRFV) surgem como um bom substituto, apresentando alta resistência química e à tração, baixa massa específica e fácil transporte e montagem. Apesar de possuir resistência à tração comparável a do aço, seu módulo de elasticidade é cerca de dez vezes menor, causando uma diminuição das frequências naturais de vibração, podendo levar ao fenômeno de ressonância com alguns carregamentos dinâmicos.

O objetivo deste trabalho é a realização de dois projetos de passarelas constituídas de perfis pultrudados de PRFV, diferenciando entre si apenas pelo tabuleiro, onde uma possui placas de material compósito e a outra de concreto armado. Foram verificadas então a capacidade resistente das seções quanto aos esforços de tração e compressão, a estabilidade das barras quanto flambagens, a verificação de deformações excessivas e a verificação das acelerações causadas pelo carregamento dinâmico de uma multidão. Por fim, para reduzir as acelerações sofridas pela estrutura e adequar a mesma em um nível considerado tolerável de conforto, realizou-se o projeto de um atenuador passivo dinâmico sincronizado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Primeiramente, definiu-se a geometria das passarelas a serem estudadas segundo o

manual ISF-219 (2015) do DNIT. Nesta etapa, foram testadas duas concepções estruturais, uma treliçada e outra associando arcos e treliça. Na verificação do estado limite de serviço, contudo, a estrutura apenas treliçada não respeitou os deslocamentos máximos permitidos ( $L/250$ ) segundo o EUROCOMP (1996), levando à escolha da concepção com o uso de arco, cujo suas dimensões podem ser vistas na Figura 1.

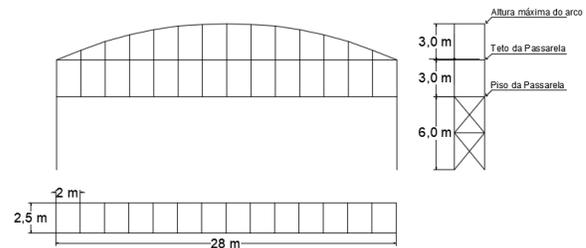


Figura 1 –Esquema geométrico das passarelas.

Em ambas as estruturas foram utilizados guarda corpos também de material compósito da empresa brasileira ECO Engenharia de Compósitos e telhas translúcidas da empresa Brasilit. Como já foi dito, as passarelas estudadas se diferem apenas pelo tabuleiro, onde uma utilizou uma placa MD da empresa Fiberline Composites e a outra utilizou lajes de concreto armado pré fabricadas de dez centímetros da empresa Lajes Anhanguera.

Com o projeto geométrico desenvolvido, foi possível então realizar o modelo tridimensional das passarelas no software SAP2000. Neste programa, foram testadas as propriedades do material compósito, uma vez que o mesmo é considerado ortotrópico, além da verificação da rigidez de cada nó. Como resultado, foi evidenciado que as propriedades ortotrópicas

do material utilizado não interferiram nos resultados e que os nós da estrutura deveriam ser rígidos. Após essa análise, aplicaram-se as cargas e combinações explícitas no EUROCOMP (1996) e no manual ISF-219 (2015) do DNIT. A partir dos deslocamentos e esforços obtidos no processamento da estrutura, definiu-se os perfis a serem utilizados (Figura 2) e verificou-se os estados limites últimos e de serviço, verificando a capacidade resistente das seções, as flambagens e os deslocamentos estáticos. Foram também obtidos a partir deste modelo, as frequências naturais de vibração, autovetores e massa modal para a análise dinâmica.

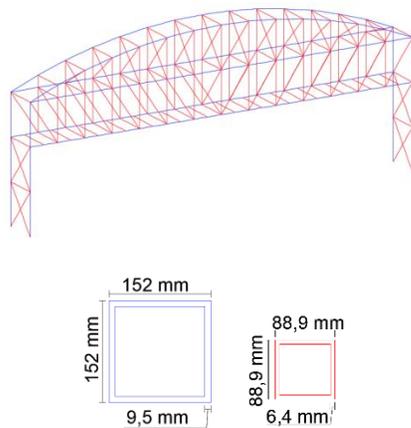


Figura 2 – Detalhes dos perfis utilizados e suas posições.

Levando em conta estudos realizados principalmente por Pedersen (2008), que dizem que a massa e a presença de pessoas afetam significativamente as propriedades dinâmicas de estruturas como frequências naturais e taxas de amortecimento, verificaram-se as acelerações obtidas pelo carregamento dinâmico do caminhar de uma multidão em ambas as estruturas. Essas acelerações foram obtidas utilizando um programa considerando o modelo bidimensional da estrutura desenvolvido para integrar a equação do movimento. Nessas análises, foi verificado que ao não levar em conta a diminuição das frequências naturais de vibração e principalmente o aumento da taxa de amortecimento, grandes acelerações foram encontradas ( $\approx 35 \text{ m/s}^2$ ), algo que na realidade não aconteceria. Esse fato mostra que em estruturas muito leves, como é o caso do material compósito, é imprescindível a consideração da interação pessoa-estrutura. Mesmo considerando uma taxa de

amortecimento maior, acelerações muito elevadas foram encontradas segundo o guia Sétra (2006), levando à necessidade do desenvolvimento de um atenuador dinâmico passivo sincronizado (ADS). Esse dispositivo é composto de um sistema massa-mola-amortecedor cuja sua frequência de vibração é bem próxima à frequência do modo no qual se deseja atenuar, mas em diferente fase. Como esse tipo de atenuador é ideal para estruturas onde apenas um modo de vibração é dominante em relação aos demais, sua instalação deverá ser realizada no meio do vão de ambas as passarelas, a fim de reduzir as acelerações causadas pela excitação do primeiro modo vertical. A Figura 3 mostra as acelerações no tempo para as estruturas considerando a influência das pessoas (sinal azul) e com a presença do atenuador (sinal vermelho).

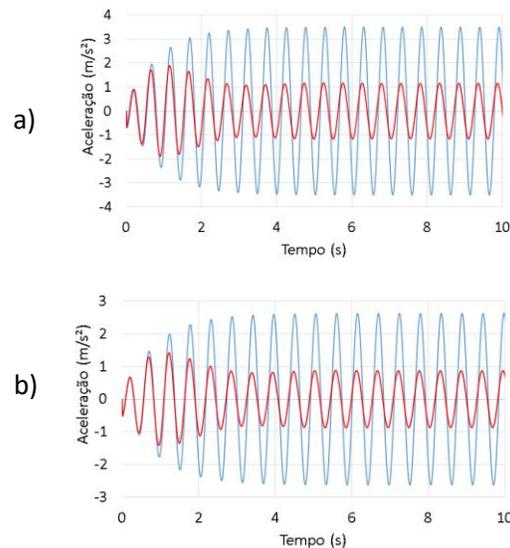


Figura 3 – a) Comparação das acelerações da passarela com laje de concreto com e sem ADS; b) Comparação das acelerações da passarela com tabuleiro de compósito com e sem ADS.

## CONCLUSÕES:

Nesse estudo foram projetadas duas estruturas de material compósito respeitando a segurança e o conforto estático. Quanto ao conforto dinâmico, foi observada a importância da interação pessoa-estrutura e ao obter as acelerações no tempo, valores intoleráveis foram encontrados (acima de  $2,5 \text{ m/s}^2$ ), levando à necessidade do projeto de um ADS, reduzindo as acelerações em ambas

estruturas em 70% e adequando as mesmas como confortável ao uso.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**CLARKE, J. L.** EUROCOMP design code and handbook: Structural design of polymer composites. E & FN Spon, London, 1996.

**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.** ISF219: Projeto de Passarela para Pedestres. DNIT, 2015.

**PEDERSEN, Lars.** An aspect of dynamic human-structure interaction, 2008. *Proceedings of the 26th International Modal Analysis Conference.*

**SÉTRA, Footbridges.** Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading. *Technical guide*, Paris, France, 2006.



## **Engenharias**

### **Proposição de Metodologia para a Formulação de Misturas Substitutas de Gasolina**

**Luciana M. A. da Costa, Rosana Janot Martins (orientadora) e Luiz Sérgio Radino Lamego (colaborador).**

**Departamento de Físico-Química – Instituto de Química – Grupo de Estudos de Propriedades Físico-Químicas de Líquidos e de Processos Eletroquímicos**

#### **INTRODUÇÃO:**

Atualmente, a gasolina é o combustível mais utilizado em motores de combustão interna da frota mundial de carros de passeio. Seu comportamento, composição e função operacional dependem, principalmente, de suas propriedades físico-químicas.

Devido à complexidade da composição da gasolina automotiva, representar suas características operacionais e propriedades físico-químicas incluindo as centenas de hidrocarbonetos que a compõem seria inviável. Por isso, na maioria das vezes, são utilizadas misturas substitutas, capazes de emular o comportamento do combustível de interesse. Geralmente, esses fluidos substitutos são uma mistura dos compostos mais abundantes ou das espécies representativas de cada classe de substâncias presentes no combustível.

A formulação de um fluido substituto para o combustível de referência depende fortemente do objetivo da simulação. Misturas binárias de n-heptano e isoctano são referências primárias para octanagem, enquanto misturas ternárias e com mais componentes são utilizadas para investigar a influência da composição química na eficiência e na emissão de motores de combustão interna. Uma vez definida a formulação da mistura substituta, experimentos e simulações computacionais são realizados para confirmá-la.

Neste trabalho, apresenta-se uma estratégia para a formulação de misturas substitutas que simulem a viscosidade e a massa específica das gasolinas tipo A e tipo C comercializadas no Brasil.

#### **MATERIAL E MÉTODOS:**

Para a determinação da composição química do fluido substituto, foram escolhidas as espécies recomendadas por Pitz e colaboradores (2007), que estabeleceram os compostos que deveriam estar presentes em uma mistura representativa de acordo com sua influência nas propriedades da gasolina.

O modelo de Martins e colaboradores (2002), baseado na teoria de Eyring e na equação UNIQUAC, será utilizado para estimar os parâmetros de interação UNIQUAC e a viscosidade dos fluidos substitutos.

A correlação entre os dados de viscosidade e o modelo de Martins será calculada através de otimização não linear utilizando-se o método de Levenberg-Marquadt (BEVINGTON, 2003).

O método de Hankinson-Brobst-Thomson (PRAUZNITZ, POLING, O'CONNELL 2001) será utilizado para estimativa das massas específicas dos sistemas estudados.

Essas propriedades foram medidas em trabalho anterior para os combustíveis de referência, gasolina A e gasolina C, nas temperaturas de 10, 15, 20 e 25 °C (BRANDÃO, 2014).

#### **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

A escolha dos compostos presentes nos fluidos substitutos baseou-se na orientação de Pitz e colaboradores (2007). Foram escolhidas as espécies de maior relevância, segundo conceitos atribuídos pelos autores anteriormente citados: heptano, isoctano, tolueno, 1-penteno, diisobutileno, ciclohexano, metilciclohexano, xilenos e etanol. Esse último foi adicionado, pois está presente na gasolina C. O ciclohexano não é sugerido por Pitz, porém é citado por outros

autores e, assim, optou-se por incluí-lo. A partir da escolha dos compostos, foram identificados 28 binários a serem investigados. Não foram encontrados dados para misturas binárias contendo 1-penteno, diisobutileno ou de qualquer olefina C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>, por isso essa classe foi

descartada de nossos estudos. Quanto aos xilenos, encontraram-se dados apenas para binários contendo p-xileno. Assim, um total de 20 misturas binárias serão investigadas. Esses dados serão correlacionados através do modelo de Martins e colaboradores (2000 e 2001), para obtenção dos parâmetros energéticos de interação binária da equação UNIQUAC.

Em trabalho anterior (BRANDÃO, 2014) foram definidas misturas substitutas para a Gasolina A e para a gasolina C.

Restrições específicas serão incluídas para formular misturas substitutas com maior número de compostos. Pretende-se emular, além da viscosidade e da densidade do combustível de referência, os números de octana do combustível (RON e MON) e as respectivas razões H/C e O/C.

## CONCLUSÕES:

Espera-se com esse trabalho propor misturas substitutas quaternárias e quinárias que reproduzam a viscosidade, densidade e o índice antidetonante das gasolinas A e C comercializadas no Brasil e a obtenção de uma metodologia para formulação de fluidos substitutos a gasolina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BEVINGTON, P. R.; ROBINSON, D. K.; Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York: 2003.

BRANDÃO, A. P. Modelagem da Viscosidade de Misturas Substitutas de Gasolina [Dissertação de mestrado] Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2014.

MARTINS, R. J. Modelagem da Viscosidade de Líquidos Através de uma Abordagem Termodinâmica. [Tese] Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002.

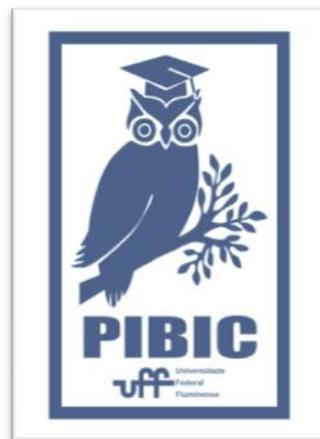
MARTINS, R. J.; CARDOSO, M. J. E. M.; BARCIA, O. E. Calculation of Viscosity of

Ternary and Quaternary Liquid Mixtures. Ind. Eng. Chem. Res., 40, 2001. p. 1271-1275.

MARTINS, R. J.; CARDOSO, M. J. E. M.; BARCIA, O. E. Excess Gibbs Free Energy Model for Calculating the Viscosity of Binary Liquid Mixtures. Ind. Eng. Chem. Res., 39, 2000. p. 849-854.

PITZ W. J.; CERNANSKY, N. P.; DRYER, F. L.; EGOLFOPOULOS, F. N.; FARRELL, J. T.; FRIEND, D. G.; PITSCH, H. Development of an Experimental Database and Chemical Kinetic Models for Surrogate Gasoline Fuels. SAE Paper, 2007-01-0175, 2007.

POLING, B. E.; PRAUSNITZ, J. M.; O'CONNELL, J. P. The Properties of Gases and Liquids, 5<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York: 2001.





Grande área do conhecimento: Engenharia

## **AVALIAÇÃO DO SUPERPRO DESIGN COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO DESENVOLVIMENTO DE UM BIOPROCESSO SUSTENTÁVEL**

Roger Patrick Castellar Tavares de Oliveira (IC), Ninoska Bojorge (PQ)

Departamento de Engenharia Química e de Petróleo / Laboratório de Biotecnologia e Meio Ambiente (BIOTEC)

### **Introdução**

Um programa de simulação de processos consiste de uma série de algoritmos que modelam fenômenos biológicos, químicos e físicos a partir de base de dados de propriedades de materiais e equipamentos (Gallier e Kisala, 1987). Esses programas vêm sendo utilizados desde o início dos anos 60 e nas suas primeiras formas, seu principal objetivo era a modelagem do comportamento transiente dos processos contínuos. Entretanto, a grande maioria dos bioprocessos são realizados em batelada ou sistemas semi-contínuos que não são contemplados nos simuladores mais primitivos (Abdelaziz Toumi, 2010). Outras dificuldades ao modelar bioprocessos são suas operações unitárias e seus substratos, ou reagentes de origem vegetal ou animal. Operações como colunas de cromatografia, fermentadores, filtros, centrífugas não são sempre bem caracterizados utilizando a teoria de equilíbrio de fases, dificultando sua modelagem e os substratos alimentados ao processo são de composição imprecisa por ser em grande parte de origem vegetal, podendo ter altas variações dependendo do plantio (Teri Shanklin, 2000).

O advento de políticas sustentáveis e a busca de redução da dependência de combustíveis fósseis tem levado o foco às alternativas com produção baseada em insumos biológicos. Porém, o custo atual desses processos excede o preço de alternativas convencionais. Uma alternativa viável vem sendo a utilização da chamada matéria prima de segunda geração, de baixo preço no mercado (Bento et. al, 2015). O conceito de biorrefinaria é definido como uma estratégia de processo que produz vários produtos como polímeros, compósitos, química fina, entre outros, além de biocombustíveis (Fitz Patrick, 2010). Para que essa nova geração de produtos possa competir com os usuais, é

necessário melhorias do processo de suas produções e de sua viabilidade econômica. Nos anos 90, a Intelligen, Inc. introduziu o SuperPro Designer, um simulador com foco inicial em processos bioquímicos, depois expandindo para a área farmacêutica (Abdelaziz Toumi, 2010). Esse simulador é utilizado por diversas empresas que trabalham com bioprocessos e serão discutidas nesse trabalho as diversas aplicações possíveis dele no avanço do ramo.

Este trabalho consta de estudo sobre o processamento de resíduos renováveis e a utilização e comparação dos seus subprodutos para um sistema de processamento de celulose. E especificamente o estudo do consumo de energia da agroindústria, buscando soluções de sistema térmico, econômico e ecologicamente correto, aliado a um estudo de viabilidade técnica e econômica com base no aproveitamento de resíduos renováveis.

O trabalho iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica para verificação, estudo e seleção de tecnologias já existentes sobre geração de produtos de alto valor agregado baseado na transformação de resíduos renováveis. Foram adicionados levantamentos sobre substratos e processos de obtenção de nanocelulose, bem como levantamentos sobre pré-tratamento biológico.

A próxima etapa foi feita uma simulação utilizando-se o software, obtendo um quadro comparativo econômico. Em uma última está sendo feito a seleção e o dimensionamento dos processos e equipamentos utilizados no projeto da nanocelulose, onde ainda está em fase de estudo.

### **Resultados e discussões**

Simulações foram conduzidas por diversos autores. Produção de ácido acético (Nihat Alpagu Sayar et. al.,2017), etanol celulósico

(Deepak Kumar e Gani S. Murthy, 2011), biohidrogênio (Erik Bergman, 2016). Todos utilizaram o SuperPro Designer ® no estudo de seus casos, para verificar viabilidade econômica dos seus processos. Foi executada uma simulação baseada no trabalho de Savignon e Gonçalves (2016), que trataram da viabilidade técnica e econômica da produção de nanocelulose, obtida pela hidrólise ácida da celulose. O SuperPro Designer se mostrou uma ótima ferramenta, principalmente na parte de cálculo de viabilidade econômica, oferecendo vários custos de equipamentos, assim como a operação dos mesmos. Um dos problemas com isso, por outro lado, é o fato de que o programa utiliza esses dados de acordo com padrões americanos, como seguro, empréstimo, entre outros. Isso pode não estar dentro dos padrões dependendo do local que a implantação da planta se dará.

A apresentação gráfica do simulador é bem intuitiva, podendo ser utilizado para ministrar aulas sobre design de plantas com facilidade. O principal diferencial quando comparado aos simuladores convencionais geralmente utilizados está no banco de dados de componente (Figura 1).

Local Name	Name	Company ID
150	Chlorotoluene.p	Chlorotoluene.p
151	Freon 13	Chlorotrifluoromethane
152	Chrysene	Chrysene
153	CinnAcid	Cinnamic Acid
154	Citric Acid	Citric Acid
155	Cobalt	Cobalt
156	Copper	Copper
157	Corn Oil	Corn Oil
158	Corn Syrup	Corn Syrup
159	Corn Liquor	Cornsteep Liquor
160	Cotton Flour	Cottonseed Flour
161	Cresol	o-Cresol
162	p-Cresol	p-Cresol

Figura 1 - Banco de dados do simulador

Há uma lista com inúmeros componentes bioquímicos que geralmente são utilizados como substrato, como, por exemplo, xaropes e polpas. Temos suas características físicas e econômicas, além de dados sobre capacidade poluidora (Figura 2).

O SuperPro possui diversas operações unitárias, como fermentadores, preparação de inóculo, cromatografia, secagem, que podem ser utilizadas tanto no modo contínuo quanto no

modo batelada, abrindo assim inúmeras aplicações possíveis.

The image shows several overlapping windows from the SuperPro Designer software. At the top, there are three property definition panels for Density, Heat Capacity, and Saturated Vapor Pressure (Antoine). Below these are input fields for Purchasing Price, Selling Price, and Waste Treatment or Disposal Cost, each with units of \$/kg and kg. A Supplier field is also present. The bottom window is the Environmental Impact Report, which includes sections for Hazardous, Emissions, and Acid Gas, with various checkboxes and input fields for reporting and removal parameters.

Figura 2 – Janelas para definição das características dos componentes

## Conclusões

O SuperPro é um ótimo simulador no ramo de bioprocessos. A sua apresentação em modo de fluxograma é bastante didática e de fácil entendimento. Sua capacidade de estudo de aspectos econômicos e poluentes possui diversas opções de customização, podendo se adaptar a diversos processos distintos.

## Referências

ABDELAZIZ TOUMI, et al. Design and Optimization of a Large Scale Biopharmaceutical Facility Using Process Simulation and Scheduling Tools. **Pharmaceutical Engineering**, v. 30, n. 2, p. 9, Março/Abril 2010.

BENTO A. M., et al. Designing efficient markets for carbon offsets with distributional constraints. **J Environ Econ Manag**, v. 70, p. 51-71, 2015.

BERGMAN, ERIK. **Evaluation of the software SuperPro Designer through simulation of a biohydrogen production process**. 2016. 31 f. Dissertação (mestrado em Química) - Lund University, 2016.

DEEPAK KUMAR, G. S. M. Impact of pretreatment and downstream processing technologies on economics and energy in cellulosic ethanol production. **Biotechnology for Biofuels**, 2011. 19.

FITZ PATRICK, et al. A biorefinery processing perspective: treatment of lignocellulosic materials for the production of value-added products. **Bioresour Technol**, v. 101, n. 23, p. 15-22, 2010.

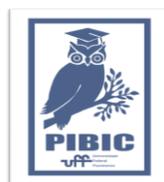
GALLIER P. W., K. T. P. Process optimization by simulation. **Chem Eng Prog**, v. 83, n. 8, p. 60-66, 1987.

NIHAT ALPAGU SAYAR, et al. Retro-techno-economic evaluation of acetic acid production using cotton stalk as feedstock. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, Julho 2018.

SAVIGNON, LIVIA TRISTÃO; GONÇALVES, VINÍCIUS DE LIMA. **Estudo de viabilidade técnica e econômica da produção de nanocelulose** – Niterói, RJ: [s.n.], 2016. 81 f.

SHANKLIN, T. **Selection of Bioprocess Simulation Software for Industrial Applications**. John Wiley & Sons, Inc. [S.I.], p. 7. 2001.

## Agradecimentos:





## Engenharias

### **Microtomografia computadorizada de raios X para a identificação de poros e microfissuras de pastas de cimento para poços de petróleo**

**Adonis Carneiro da Silva e Camila Aparecida Abelha Rocha**

**Departamento de Engenharia Civil/ Laboratório de Materiais**

#### **INTRODUÇÃO:**

Pastas de cimento são lançadas no espaço anular entre o tubo de aço e a parede do poço durante a operação de completação de poços de petróleo com objetivo de promover suporte mecânico ao poço e vedação hidráulica entre intervalos permeáveis da formação rochosa. Com a descoberta de grandes reservas de petróleo na camada pré-sal no Brasil, onde as reservas se encontram abaixo de zonas de sal e sob altas pressões, novas pesquisas se tornam necessárias para prever o comportamento das pastas de cimento que serão utilizadas nos poços deste cenário.

Pesquisas estão sendo desenvolvidas no mundo todo com o objetivo de entender as o comportamento da pasta de cimento no ambiente do pré-sal. As condições de altas pressões e sal, podem provocar fissuras nas pastas. No entanto, essas fissuras são difíceis de serem caracterizadas por meio de microscópio óptico, devido ao limite de ampliação existente, e por microscópios eletrônicos, por conta do preparo da amostra para o ensaio e também do vácuo aplicado no processo de aquisição de imagens. O preparo da amostra para microscopia eletrônica (corte, polimento etc.) e o vácuo podem provocar fissuras na amostra, dificultado assim a caracterização apenas das fissuras formadas durante a despressurização. Por outro lado, a microtomografia de raios X ( $\mu$ -CT) é uma técnica de obtenção de imagens de crescente uso na análise de materiais. A  $\mu$ -CT é uma técnica que trabalha com a amostra íntegra onde é possível gerar imagens tridimensionais para visualizar a estrutura interna do material na escala micrométrica, podendo ser usada para avaliar a possível fissuração de amostras além de poros.

Neste trabalho, a microtomografia computadorizada por raios X, que é um ensaio não destrutivo capaz de caracterizar estruturas internas do material inspecionado por meio da reconstrução matemática das projeções radiográficas, foi utilizada para avaliar os poros na pasta cimentícia, assim como microfissuras.

#### **OBJETIVO:**

O presente projeto teve como objetivos caracterizar a microestrutura de pastas para cimentação de poços de petróleo por meio do ensaio não destrutivo de microtomografia de raios X, buscando identificar os poros da pasta e microfissuração.

#### **MATERIAIS E MÉTODOS:**

Os materiais empregados na produção da pasta foram cimento CPP classe G (destinado a poços petrolíferos) e água. O fator água-cimento ( $a/c$ ) utilizado foi de 0,46.

As pastas foram confeccionadas em um misturador de palhetas com controle de rotação e energia de mistura de 5,8 kJ/kg e em seguida homogeneizadas em um consistômetro atmosférico por 30 min para a retirada de eventual ar incorporado durante a mistura. Em seguida a pasta foi vertida em um molde cilíndrico e encaminhada para a cura em de temperatura de 60 °C em banho hidrostático

A amostra final ficou em formato cilíndrico com altura de 5 centímetro e um raio de base de 2,5 centímetros.

Através de um microtomógrafo de raios X ( $\mu$ CT) modelo Xview CT X50 foi possível obter 700 projeções em uma rotação de 360° do corpo de prova (ou seja, aproximadamente 0,5° o giro).

A duração total do processo de aquisição das projeções levou 31 minutos e 41 segundos.

Para a reconstrução das projeções adquiridas foram utilizados os softwares ParaView e ImageJ. Esses os softwares foram usados para reconstruir as projeções em duas dimensões e em 3 dimensões, além de possibilitarem a contagem de poros de ar incorporado no corpo de prova.

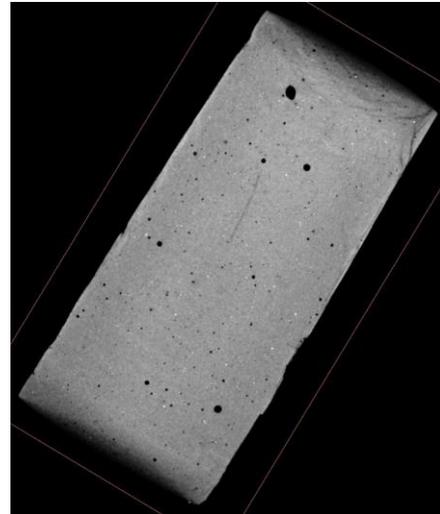
## **RESULTADOS E CONCLUSÕES:**

Neste estudo foi possível constatar que o número de poros não tem um padrão definido, mas aumenta quando analisado cortes muito próximos às faces do corpo de prova. Em cada corte no interior do corpo de prova (Fig 1), o número de poros variava de 20 a 40. A área dos poros no interior do corpo de prova a cada corte fica praticamente constante, variando significativamente em apenas alguns cortes.

Através do sucesso da aquisição das imagens por meio de microtomógrafo e relacionando os resultados obtidos em relação a área e número de poros em um corpo de prova, é possível corroborar o fato do preenchimento dos poros da pasta por sais na cimentação de poços de petróleo e a conseqüente ocorrência de microfissuras.

## **Agradecimentos:**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, que confiou no potencial deste estudo e deu o suporte para a sua concretização. À minha orientadora, que soube transmitir com paciência e entusiasmo os conhecimentos aqui aplicados. À Universidade Federal Fluminense, por proporcionar a realização deste importante feito na minha vida.



**Figura 1: Visualização de corte transversal do corpo de prova**