

**ANAIS DO 3º WORKSHOP DO PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS**

**Visão sobre a Pós-Graduação no Brasil: Caminhos profissionais e  
Opções de mercado**

**RESUMOS SIMPLES**



**São Carlos - SP**

**2024**

**ANAIS DO 3º WORKSHOP DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**REALIZAÇÃO E APOIO**



**PATROCINADORES**



**São Carlos - SP**

**2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

AN532 ANAIS DO 3º WORKSHOP DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS Anais...  
São Carlos(SP) UFSCar, 2024.

ISBN: 978-85-94099-30-3

1. Engenharia Química I. Título.

UFSCar

CDD - 370

**3° WORKSHOP DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**COMISSÃO ORGANIZADORA**

Ana Beatriz dos Reis Zurlo

Ana Cristina Coelho Vieira

André Bernardo

Camila Santos do Nascimento

Cristiane Sanchez Farinas

Fernanda Perpétua Casciatori

Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Henrique Carvalhais Milanezi

Igor Marafon Rodegheri

João Lucas Marques Barros

João Pedro Bueno de Oliveira

Laura Lorena Silva

Lucas Janoni dos Santos

Mônica Lopes Aguiar

Paulo Gabriel Ferreira de Azevedo

**3° WORKSHOP DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

**COMITÊ CIENTÍFICO**

Adilson José da Silva

Felipe Fernando Furlan

Janaina Fernandes Gomes

João Paulo Silva Queiroz

Mônica Lopes Aguiar

Thiago Faggion de Pádua

## EDITORIAL

O 3º Workshop do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos (PPGEQ-UFSCar) ocorreu nos dias 10 e 11 de setembro, no campus da UFSCar em São Carlos, estado de São Paulo. O tema do evento foi: "*Perspectivas para a Pós-Graduação no Brasil: Trajetórias profissionais e Opções de mercado*".

O objetivo do evento foi promover um debate abrangente sobre tópicos relevantes no contexto acadêmico do PPGEQ-UFSCar. O evento incluiu palestras e mesas-redondas para aprofundar a discussão dos temas em foco.

O 3º Workshop do PPGEQ-UFSCar foi organizado por uma comissão formada por estudantes e professores do programa, além de um comitê científico composto por docentes das seis Áreas de Pesquisa do PPGEQ-UFSCar.

Foram recebidos 51 trabalhos em forma de resumos de todas as Áreas de Pesquisa do programa, sendo parte destes apresentados nas modalidades de banner e outra parte na modalidade oral. Nesse documento, os trabalhos foram divididos em suas respectivas áreas e postos em ordem alfabética com base em seus títulos.

A Comissão Organizadora e o Comitê Científico agradecem a todos os participantes, avaliadores, palestrantes, entidades de apoio e patrocinadores por terem feito parte desse evento.

**ISBN 978-85-94099-30-3**

## Sumário

<b>AP 1 - Sistemas Particulados .....</b>	<b>1</b>
ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM CICLONE SECADOR DE MINÉRIO DE FERRO	1
CARACTERIZAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO ( <i>PELLET FEED</i> ) DIANTE DE DIFERENTES UMIDADES .....	2
SECAGEM CONVECTIVA DE PELLETS DE MINÉRIO DE MANGANÊS .....	3
SIMULAÇÃO DA HIDRODINÂMICA DE UM BIORREATOR PNEUMÁTICO UTILIZANDO CFD E BALANÇO POPULACIONAL .....	4
<b>AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise .....</b>	<b>5</b>
AJUSTANDO A MESOPOROSIDADE E A ACIDEZ DE LEWIS EM UMA ZEÓLITA BETA POR MEIO DE ESTRATÉGIAS PÓS-SÍNTESE: POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NA VALORIZAÇÃO DE MOLÉCULAS-PLATAFORMA .....	5
CATALISADORES DO TIPO CU-ZNO POROSOS NA HIDROGENAÇÃO DE CO <sub>2</sub> A METANOL .....	6
CONVERSÃO CATALÍTICA DE BIOGÁS EM ÁCIDO ACÉTICO: ESTUDO DE CATALISADORES E CONDIÇÕES OPERACIONAIS .....	7
DESENVOLVIMENTO DE CATALISADORES PARA A HIDROGENAÇÃO DE CO <sub>2</sub> EM METANOL .....	8
EFEITO DO TEOR DE ZRO <sub>2</sub> NO CATALISADOR DE NI-ZRO <sub>2</sub> SUPORTADO EM CNTS PARA METANAÇÃO DO CO <sub>2</sub> .....	9
ELETRO-REDUÇÃO DE CO <sub>2</sub> EM CATALISADORES A BASE DE COBRE .....	10
ESTUDO DA REAÇÃO DE HIDROGENAÇÃO DE CO <sub>2</sub> PARA A SÍNTESE DE ÁLCOOIS EM CATALISADORES À BASE DE CU E CO .....	11
IMPACTO DO MODULADOR NAS PROPRIEDADES DE ESTRUTURAS METALORGÂNICAS DE ZR-UIO-67 E HF-UIO-67 USADAS COMO SUPORTE PARA SÍTIOS ATIVOS DE COBRE .....	12
METANAÇÃO DE CO <sub>2</sub> UTILIZANDO CATALISADORES DE NI-ZRO <sub>2</sub> SUPORTADOS EM NTC .....	13
USO DA UIO-67 E DE VAPOR D'ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA HIDROGENAÇÃO DE CO <sub>2</sub> .....	14
USO DE CO <sub>2</sub> NA GERAÇÃO DE ESPÉCIES ATIVAS EM CU <sup>2+</sup> -MORDENITA: EFEITO NA OXIDAÇÃO DIRETA DO METANO A METANOL .....	15
<b>AP 3 - Engenharia Bioquímica .....</b>	<b>16</b>
AVALIAÇÃO DO EFEITO DE INDUTORES NA PRODUÇÃO DE ENDOGLUCANASE POR <i>ASPERGILLUS NIGER</i> .....	16
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONVERSÃO DE ÓLEO DA REGIÃO AMAZÔNICA EM PRODUTOS DE VALOR AGREGADO .....	17

BABASSU OIL AS RAW MATERIAL FOR THE ENZYMATIC SYNTHESIS OF BIOFUEL AND BIOLUBRICANT: A REVIEW .....	18
COMPARAÇÃO DE CEPAS RECOMBINANTES PARA BIOPROCESSAMENTO CONSOLIDADO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR .....	19
ENCAPSULAMENTO DE <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> EM MATRIZES BIODEGRADÁVEIS: UMA ALTERNATIVA PARA MELHORAR A VIABILIDADE E RESILIÊNCIA A ESTRESSES .....	21
ESTRATÉGIAS PARA O BIOPROCESSAMENTO CONSOLIDADO UTILIZANDO CAVACOS DE EUCALIPTO COM ALTAS CARGAS DE SÓLIDOS .....	22
EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE CELULASES EM BIORREATOR DE LEITO EMPACOTADO: ESTABILIDADE ENZIMÁTICA .....	24
FILMES POLIMÉRICOS A BASE DE CARBOXIMETIL CELULOSE REFORÇADOS COM NANOCELULOSE COM POTENCIAL PARA ENCAPSULAR O AGENTE DE BIOCONTROLE <i>TRICHODERMA HARZIANUM</i> .....	25
INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES DA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA NA ESPECTROSCOPIA RAMAN VISANDO O MONITORAMENTO ONLINE .....	26
INTERESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE BABAÇU CATALIZADA PELA EVERSA® TRANSFORM 2.0 IMOBILIZADA .....	28
MODELAGEM CINÉTICA DA PRODUÇÃO DE GOMA XANTANA .....	29
NANOCARREGADORES PARA ENTREGA CONTROLADA DE ENZIMAS NO CONTROLE BIOLÓGICO .....	30
NEW APPROACHES FOR SOLUBILIZATION OF PHOSPHATE ROCKS THROUGH SOLID-STATE FERMENTATION BY OPTIMIZATION OF OXALIC ACID PRODUCTION .....	32
OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE UM NOVO FUNGO ISOLADO DO CERRADO COM POTENCIAL PARA CONTROLE BIOLÓGICO .....	33
PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO POR FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EXTRATIVA UTILIZANDO TÉCNICA DE REMOÇÃO DE ETANOL POR ARRASTE GASOSO ASSOCIADO AO VÁCUO .....	34
PRODUÇÃO HETEROLÓGICA DE 1-METILHOXIFENAZINA EM <i>ESCHERICHIA COLI</i> UTILIZANDO DIFERENTES FONTES DE CARBONO .....	35
<b>AP 4 - Controle Ambiental .....</b>	<b>36</b>
ANÁLISE NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NA FLUIDODINÂMICA DE UM LEITO DE LAMA .....	36
COMPARATIVO DO ESTUDO FLUIDODINÂMICO DE UMA COLUNA DE BOLHAS CILÍNDRICA USANDO GEOMETRIAS 2-D E 3-D .....	37
DESENVOLVIMENTO DE BANDEJAS BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE LARANJA .....	38
DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTO ATIVO PARA AUMENTO DE VIDA ÚTIL PÓS-COLHEITA DE BANANAS .....	39

PRODUÇÃO DE MEIOS FILTRANTES COM FIBRAS ELETROFIADAS DE POLIESTIRENO (PS) E POLIETILENO TEREFALATO (PET) RECICLADOS PARA COLETA DE NANOPARTÍCULAS DO AR .....	40
STUDIES OF CARBON GAS DIFFUSION ELECTRODES FOR H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ELECTROGENERATION APPLIED FOR ORGANIC COMPOUND DEGRADATION ..	41
<b>AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos .....</b>	<b>42</b>
AVALIAÇÃO IN SILICO DA PRODUÇÃO DE ÁCIDO HIALURÔNICO EM XANTHOMONA ORYZAE .....	42
AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE H <sub>2</sub> VIA REFORMA A VAPOR DE METANO E BIOMETANO NO BRASIL .....	43
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE CONTROLADOR DE TEMPERATURA ..	44
ESTRATÉGIA DE ALIMENTAÇÃO PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE FERMENTAÇÃO EM BATELADA ALIMENTADA.....	45
ESTUDO DE SEGURANÇA BASEADA EM RISCO EM LABORATÓRIOS.....	46
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE OPERAÇÃO .....	47
MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO POR FERMENTAÇÃO EXTRATIVA EMPREGANDO ARRASTE COM CO <sub>2</sub> ....	48
OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO EMPREGANDO TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING .....	49
PROCESSAMENTO DE MACROALGAS MARINHAS (SARGASSUM SP.) EM UMA BIORREFINARIA: ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA E AMBIENTAL .....	50
PRODUÇÃO DE EXTRATOS ENZIMÁTICOS POR ASPERGILLUS NIGER EMPREGANDO BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA.....	51
REMOÇÃO DE CALOR E CONTROLE DE TEMPERATURA DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA EXTRATIVA UTILIZANDO CO <sub>2</sub> .....	52
SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE 3ª GERAÇÃO EMPREGANDO MACROALGAS MARINHAS .....	53
SÍNTESE E ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BASE BIOLUBRIFICANTE EM BIORREFINARIAS .....	54
<b>AP 6 - Termodinâmica e Processos de Separação .....</b>	<b>55</b>
ESTUDO DA SOLUBILIDADE E DA CINÉTICA DA CRISTALIZAÇÃO DA SACAROSE EM SOLUÇÕES IMPURAS E INDUSTRIAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR .....	55

## AP 1 - Sistemas Particulados

### ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UM CICLONE SECADOR DE MINÉRIO DE FERRO

Luana Boger Genaro<sup>1\*</sup>, Rodrigo Béttega<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

\*E-mail: luana.genaro@outlook.com

O minério de ferro, um dos principais produtos da exportação brasileira, é transportado por ferrovias até os portos, onde é embarcado em navios. A umidade do minério é um fator crítico, devendo respeitar a TML (*Transportable Moisture Limit*), conforme padrões internacionais de transporte. Além das implicações de segurança, altos níveis de umidade podem obstruir correias transportadoras, elevando os custos logísticos. Dada a relevância econômica do minério de ferro e a necessidade de uma cadeia produtiva eficiente, novas tecnologias de desaguamento e secagem são essenciais. Este estudo investiga a secagem do minério de ferro em um ciclone de bancada tipo *Stairmand*, considerando sua viabilidade como etapa adicional ao secador convectivo da Vale S.A. A metodologia experimental adotada envolve o balanço de massa dos sólidos, quantificando a massa de minério acumulada na tubulação de ar, aderida nos compartimentos do alimentador, nas paredes do ciclone, coletada no *underflow* e estimando o particulado fino no *overflow*. O minério foi alimentado no ciclone com umidades de 0,02, 0,06 e 0,10 kg<sub>água</sub>·kg<sub>sólido</sub> úmido<sup>-1</sup>, a 80 °C, com velocidades de ar variando de 10 a 30 m·s<sup>-1</sup>. Os resultados indicam que o desempenho do ciclone é limitado pelo acúmulo de minério na tubulação de ar, sendo necessária uma velocidade mínima de 25 m·s<sup>-1</sup> para evitar essa obstrução. A adesão do minério às paredes do ciclone foi insignificante, com valores inferiores a 0,13 ± 0,02 %. O ciclone demonstrou elevado potencial para secagem do minério de ferro, com redução mínima da umidade superior a 97 ± 2 %.

## AP 1 - Sistemas Particulados

### CARACTERIZAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO (*PELLET FEED*) DIANTE DE DIFERENTES UMIDADES

Lucas Janoni dos Santos<sup>1\*</sup>, Rodrigo Béttega<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

\*E-mail: [lucasjanoni@hotmail.com](mailto:lucasjanoni@hotmail.com)

O minério de ferro é um dos principais produtos da indústria brasileira, tendo a maior representação em receita líquida de venda e em participação no mercado nacional. O Brasil é o segundo maior exportador no mundo, tratando-se de um material de grande relevância econômica ao país. O estudo da umidade no minério é especialmente importante. A *Transportable Moisture Limit* (TML), definida pela *International Maritime Organization* (IMO), é o parâmetro que deve ser respeitado para o transporte seguro de cargas marítimas. Trata-se do valor máximo de umidade que uma carga naval de minério pode conter. Isso se deve aos riscos relacionados à liquefação da carga e conseqüente tombamento e afundamento de navios. Assim, esse trabalho buscou caracterizar química e fisicamente minério de ferro (*pellet feed*), fatores que afetam sua qualidade, bem como seu comportamento na secagem, que serve como alternativa à adequação de umidade no material. Houve elevada concentração de ferro (64,5%), com predominância de hematita (75%). Observou-se que para umidades entre 8 e 11%, houve pouca agregação de partículas, com alta quantidade de material mais fino. Entretanto, para umidades superiores a 12%, houve formação de aglomerados, atingindo-se até um estado de lama. Os valores de TML determinados pelo método de Proctor/Fagerberg modificado e de proveta foram de 13,5 e 13,2%, respectivamente. Por fim, observou-se pela análise térmica que boa parte da umidade presente no material é água adsorvida, facilmente evaporada até 105°C, com desidroxilação de goethita em cerca de 250 °C.

## AP 1 - Sistemas Particulados

### SECAGEM CONVECTIVA DE PELLETS DE MINÉRIO DE MANGANÊS

Letícia Ferraresi Hidalgo<sup>1\*</sup>, Thiago Faggion de Pádua<sup>1</sup>, Rodrigo Béttega<sup>1</sup>

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: leticia.ferraresi@estudante.ufscar.br

A fim de atender à crescente demanda por manganês frente ao esgotamento das reservas de minério com alto teor, vem sendo necessário adaptar os processos de beneficiamento mineral para considerar a presença de material fino com baixo teor. Esses finos constituem uma parcela significativa do minério produzido e são facilmente aglomerados devido à umidade. Nesse contexto, a melhoria das operações de secagem pode garantir que os aglomerados de minério sejam adequadamente secos para fins de transporte e comercialização. O objetivo deste estudo foi avaliar a secagem de pellets esféricos de minério de manganês em estufa de convecção forçada. Para os valores de umidade crítica obtidos, as especificações para o transporte marítimo de cargas sólidas a granel de minério de manganês poderiam ser atendidas durante o período de taxa constante. O que sugere uma redução no consumo de energia e nos custos associados ao processo de secagem para as mineradoras. Os coeficientes de transferência de massa convectivos ficaram entre  $1,90$  e  $3,40 \times 10^{-2}$  m/s, enquanto os coeficientes de calor ficaram entre  $18,0$  e  $29,2$  J/(m<sup>2</sup>s°C). Os resultados desta pesquisa marcam o início do desenvolvimento de técnicas e parâmetros de secagem para aglomerados produzidos por finos de minério de manganês. Assim como podem contribuir com informações valiosas para pesquisas futuras nas áreas de modelagem de processos e projeto de equipamentos em larga escala.

## AP 1 - Sistemas Particulados

### SIMULAÇÃO DA HIDRODINÂMICA DE UM BIORREATOR PNEUMÁTICO UTILIZANDO CFD E BALANÇO POPULACIONAL

A. T. BORGES<sup>1</sup>, M. N. ESPERANÇA<sup>2</sup>, A. C. BADINO<sup>3</sup> e R. BÉTTEGA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Capivari

<sup>3</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: alexandreborges@estudante.ufscar.br

A distribuição de tamanho de bolhas influencia de maneira direta a transferência de massa em biorreatores pneumáticos. Incorporar à modelagem matemática dos fenômenos de interação entre bolhas, dentre os quais a quebra e coalescência são fundamentais, é importante para capturar corretamente o efeito da fluidodinâmica sobre a transferência de massa nesses sistemas. O presente trabalho teve como objetivo implementar a equação de balanço populacional na modelagem por CFD (*Computational Fluid Dynamics*) de uma coluna de bolhas, assumindo as fases líquida e gasosa como eulerianas, em função de diferentes vazões específicas de alimentação de ar ( $\phi_{ar}$ ), 1 a 5 vvm. Os modelos de coalescência e quebra adotados nas simulações demonstraram ser capazes de alterar a distribuição inicial do tamanho das bolhas, permitindo simular temporalmente a evolução dos diâmetros de bolhas ao longo de todo o biorreator.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### AJUSTANDO A MESOPOROSIDADE E A ACIDEZ DE LEWIS EM UMA ZEÓLITA BETA POR MEIO DE ESTRATÉGIAS PÓS-SÍNTESE: POTENCIAL PARA APLICAÇÃO NA VALORIZAÇÃO DE MOLÉCULAS-PLATAFORMA

Mateus Gonçalves dos Santos, Ernesto A. Urquieta-Gonzalez

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: mateus47@estudante.ufscar.br

Aquecimento global, crescimento populacional, consumo acelerado de produtos e energia, têm sobrecarregado o planeta de tal modo que encontrar alternativas para obter produtos e energia que agridam menos o meio ambiente e a vida, tornaram-se objetos-alvo para a comunidade científica nos últimos anos. A biomassa lignocelulósica se apresenta como uma fonte abundante e limpa para geração de diversos produtos, dentre eles estão compostos químicos com aplicação potencial no ramo dos combustíveis, como a g-valerolactona (GVL). Uma forma ambientalmente amigável de valorizar moléculas-plataforma oriunda da biomassa é por meio da catálise heterogênea. Contudo, obter catalisadores heterogêneos com altas atividades catalíticas, capazes de converter majoritariamente a plataforma-base em um produto de interesse – a nível comercial – representa um gap no campo da catálise. Estudos recentes demonstram elevado potencial catalítico das zeólitas hierárquicas com metais isomorficamente incorporados, na conversão de Furfural (FUR) em GVL. No entanto, obter estratégias metodológicas capazes de tal feito, são desafios a serem superados e ao mesmo tempo é um dos incentivos do presente estudo. A zeólita beta ( $Si/Al=11,3$ ) foi modificada por meio de tratamentos pós-síntese para gerar mesoporosidade pela remoção de átomos de Al ou Si da estrutura da zeólita com posterior incorporação isomórfica de átomos de Zr para gerar acidez de Lewis. As zeólitas Zr-HBeta dessilicalizadas ou desaluminizadas obtidas foram caracterizadas por difração de raios X, medidas de fisissorção de nitrogênio e FTIR de piridina adsorvida in situ. O resultado mostrou que a desaluminizadas com posterior incorporação de Zr foi o procedimento mais adequado para obter uma zeólita beta ácida com propriedades potenciais para ser utilizada na reação catalítica desejada.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### CATALISADORES DO TIPO CU-ZNO POROSOS NA HIDROGENAÇÃO DE CO<sub>2</sub> A METANOL

Gustavo Medeiros de Paula<sup>1\*</sup>, Renatto Andrade Angeli<sup>1</sup>, José Mansur Assaf<sup>1</sup>, Janaina Fernandes Gomes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

\*E-mail: gustavo.paula@estudante.ufscar.br; janainafg@ufscar.br

A captura e conversão de CO<sub>2</sub> em produtos de valor agregado por meio de reações de hidrogenação é crucial para mitigar o acúmulo desse gás na atmosfera. A conversão de CO<sub>2</sub> a metanol é normalmente realizada utilizando óxidos mistos à base de cobre, como por exemplo Cu-Zn; Cu-Zn-Al e Cu-Ce-Al, embora estes óxidos possuam baixa estabilidade catalítica devido à sinterização dos sítios de cobre. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo a síntese de catalisadores porosos do tipo Cu-Zn, sintetizados com ureia e com o surfactante pluronic P-123. Os precursores catalíticos foram sintetizados utilizando misturas reacionais com as seguintes composições molares: 1 Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O: 0,25 Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O: 9 NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>: 800 H<sub>2</sub>O e 1 Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O: 0,25 Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O: 0,02 P123: 9 NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>: 800 H<sub>2</sub>O. As misturas reacionais foram preparadas e levadas para tratamento hidrotérmico estático, em cadinhos de teflon e autoclaves de aço inoxidável, a 100 °C por 72h. Após tratamento hidrotérmico, as misturas reacionais, com pH ~ 9, foram separadas por centrifugação e os sólidos foram lavados e secos a 70 °C. Por fim, os catalisadores foram obtidos após a calcinação dos precursores, em mufla, a 400 °C por 1h. Os precursores e catalisadores foram caracterizados por DRX, TGA, MEV-EDS, MET e fisissorção de N<sub>2</sub>. Os testes catalíticos foram realizados em um sistema reacional de fluxo contínuo, trabalhando sob pressão atmosférica e 200 °C por 3h, com vazão de alimentação de 40 mL.min<sup>-1</sup> e razão molar 3 H<sub>2</sub>: 1 CO<sub>2</sub>. Os resultados de caracterização dos precursores e catalisadores mostraram que o surfactante atua gerando porosidade e aumentando a dispersão do Cu na rede Cu-Zn do catalisador. Os catalisadores Cu-Zn-UREIA-C e Cu-Zn-P123-C apresentaram conversão, seletividade a metanol e seletividade a CO de (X<sub>CO2</sub> = 4%, S<sub>MeOH</sub> = 6% e S<sub>CO</sub> = 94%) e (X<sub>CO2</sub> = 6%, S<sub>MeOH</sub> = 12% e S<sub>CO</sub> = 87%), respectivamente.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### CONVERSÃO CATALÍTICA DE BIOGÁS EM ÁCIDO ACÉTICO: ESTUDO DE CATALISADORES E CONDIÇÕES OPERACIONAIS

Bianca Borge de Freitas<sup>1</sup>, Janaína Fernande Gomes<sup>2</sup>

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: biancaborge@estudante.ufscar.br

O biogás produzido a partir da decomposição anaeróbia é uma fonte significativa de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ), que são gases de efeito estufa. É sabido que o acúmulo gradual de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis, tem ocasionado a elevação da temperatura do planeta. Assim, é urgente a necessidade de diminuir as concentrações atmosféricas de  $\text{CO}_2$ . Mais recentemente, o  $\text{CH}_4$  também tem chamado muito a atenção de pesquisadores, devido à descoberta de reservas abundantes de gás de xisto. Em função de suas composições químicas, tanto o  $\text{CO}_2$  quanto o  $\text{CH}_4$  podem servir como matéria-prima para a geração de combustíveis e outros produtos químicos úteis, o que pode contribuir para a redução de suas emissões. Várias rotas de conversão de  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  em produtos químicos de interesse comercial têm sido avaliadas. Uma delas é a transformação catalítica direta de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  em ácido acético, que é um produto essencial para a indústria alimentícia e um intermediário importante para muitos produtos químicos comerciais. Apesar dos avanços significativos nesta área, decorrentes de trabalhos experimentais e teóricos, a conversão simultânea de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , a seletividade da reação a ácido acético e a estabilidade do catalisador em condições reacionais ainda são desafios importantes a serem superados. O objetivo geral deste projeto é desenvolver e investigar catalisadores à base de metais não-nobres, como Cu e Fe, para a conversão direta de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  a ácido acético. Serão estudados os efeitos da composição química dos catalisadores e das condições reacionais na produção de ácido acético, visando minimizar a ocorrência de reações paralelas.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### DESENVOLVIMENTO DE CATALISADORES PARA A HIDROGENAÇÃO DE CO<sub>2</sub> EM METANOL

Renatto Andrade Angeli, Gustavo Medeiros de Paula, José Mansur Assaf, Janaina Fernandes Gomes

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: renatto.angeli@estudante.ufscar.br; janainafg@ufscar.br

A utilização do CO<sub>2</sub> como matéria-prima para a produção de metanol pode contribuir para a mitigação das emissões desse gás na atmosfera. Entretanto, por mais que esse processo seja uma alternativa em potencial, ainda existem limitações catalíticas a serem superadas, como a desativação de catalisadores em condições reacionais. Nesse cenário, o presente trabalho investiga os efeitos do surfactante brometo de cetiltrimetilamônio (CTAB) na síntese de catalisadores à base de cobre e zinco, visando a formação de uma estrutura porosa e menor sinterização dos sítios de cobre. Os catalisadores do tipo Cu-Zn foram sintetizados utilizando misturas reacionais com a seguinte composição molar: 1 Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O: 0,25 Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O: 0,2 CTAB: 9 NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>: 800 H<sub>2</sub>O. As misturas reacionais foram preparadas e levadas para tratamento hidrotérmico a 100 °C por 24h, ou 48h ou 72h. Após tratamento hidrotérmico, as misturas com pH ~ 9 foram separadas por centrifugação e os sólidos foram lavados até pH ~ 7, centrifugados e secos a 70 °C. Por fim, os catalisadores foram obtidos após calcinação dos precursores a 400 °C por 1h. As reações de hidrogenação de CO<sub>2</sub> foram realizadas em um sistema reacional de fluxo contínuo, utilizando vazão de alimentação de 40 mL.min<sup>-1</sup> com razão molar 3 H<sub>2</sub>: 1 CO<sub>2</sub>, trabalhando sob pressão atmosférica e 200 °C por 3h. Os resultados de caracterização dos catalisadores mostraram que o surfactante está sendo incorporado aos precursores, o que pode levar à formação de porosidade nos catalisadores e favorecer uma boa dispersão metálica, com Cu em rede com Zn. Cataliticamente, os resultados mostraram que o aumento do tempo de síntese hidrotérmica causa um impacto significativo nas seletividades a metanol e monóxido de carbono. Os catalisadores CTAB-24, CTAB-48 e CTAB-72 apresentaram conversão de aproximadamente 5%, com seletividade a metanol de 31%, 21%, 17%, respectivamente, e a CO de 69%, 78%, 83%, respectivamente.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### EFEITO DO TEOR DE ZRO<sub>2</sub> NO CATALISADOR DE NI-ZRO<sub>2</sub> SUPORTADO EM CNTS PARA METANAÇÃO DO CO<sub>2</sub>

GBR PELEGRINA, JPB de OLIVEIRA, JBO SANTOS

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: gabrielapelegrina@estudante.ufscar.br

Com o aumento do gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera promovendo o efeito estufa, o uso deste gás vem tornando-se uma maneira de minimizar seus efeitos no nosso planeta. Catalisadores de níquel e zircônia vêm sendo amplamente explorados na reação de metanação de CO<sub>2</sub>, por sua atividade e seletividade ao produto desejado em baixas temperaturas. Com isso, este trabalho busca avaliar o efeito do teor de zircônia em catalisadores de níquel-zircônia suportados em nanotubos de carbono (CNTs) preparados por impregnação ao ponto úmido e caracterizado por difração de raios x, fisissorção de N<sub>2</sub>, fluorescência de raios x, análise termogravimétrica e microscopia eletrônica de transmissão, a reação de metanação de CO<sub>2</sub> foi realizada a pressão atmosférica com a temperatura variando entre 200 e 400°C e alimentado com uma mistura com proporção de 1:4 CO<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>. Os catalisadores apresentaram características texturais próximas um dos outros, as nanopartículas em sua maior parte encontram-se no interior dos CNTs e seletividade a metano apresenta valores próximos de 100% com uma conversão de CO<sub>2</sub> próxima a 70%, para a temperatura de 350°C. Além disso, foi possível observar que teores maiores que 15% de zircônia, podem apresentar uma menor conversão de CO<sub>2</sub>.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### ELETRO-REDUÇÃO DE CO<sub>2</sub> EM CATALISADORES A BASE DE COBRE

Higor de Oliveira Alves, Janaina Fernandes Gomes

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: higor.alves@estudante.ufscar.br

A descarbonização é um processo crucial de redução das emissões de dióxido de carbono para combater as alterações climáticas. Envolve a transição para fontes de energia mais limpas, a melhoria da eficiência energética e a adoção de tecnologias de captura de carbono. A redução eletroquímica de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>RR) é uma tecnologia promissora que converte dióxido de carbono em combustíveis líquidos multicarbonados, auxiliando nos esforços de descarbonização ao oferecer uma alternativa sustentável aos combustíveis fósseis. Muitos materiais bimetálicos com diferentes morfologias têm sido estudados para intensificar a conversão eletroquímica do CO<sub>2</sub> em compostos com valor agregado, como o etanol e o etileno. Neste trabalho, nanocubos de Cu<sub>2</sub>O foram sintetizados e a eles foram incorporados diferentes metais (Ag, Au e Nb), utilizando um método químico e fotodeposição. Os materiais sintetizados foram caracterizados por difratometria de raios X e microscopia eletrônica de transmissão e aplicados à eletro-redução de CO<sub>2</sub> em -1,1 V vs ERH (Eletrodo Reversível de Hidrogênio), empregando-se como eletrólito uma solução aquosa de KHCO<sub>3</sub> 0,1 M saturada com CO<sub>2</sub>. Os produtos formados foram identificados e quantificados via cromatografia gasosa e cromatografia líquida de alta eficiência. Foram observadas densidades de corrente entre -3 e -5 mA/cm<sup>2</sup> para os materiais estudados, e uma eficiência faradaica (EF) para etanol de 21% utilizando os nanocubos de Cu<sub>2</sub>O como catalisador. Além disso, EF de 8,8% e de 15% para etanol e etileno, respectivamente, foram alcançadas empregando Cu<sub>2</sub>O-Ag como catalisador.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### ESTUDO DA REAÇÃO DE HIDROGENAÇÃO DE CO<sub>2</sub> PARA A SÍNTESE DE ÁLCOOIS EM CATALISADORES À BASE DE CU E CO

Oliveira, F. M. S., Gomes, J. F.

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: fmarcelo92@gmail.com

O CO<sub>2</sub> é um composto químico gasoso incolor e inodoro e o principal gás responsável pelo efeito estufa. Atividades antropogênicas têm elevado a concentração deste gás na atmosfera nos últimos anos, intensificando o efeito estufa e resultando em fenômenos climáticos anômalos. Tecnologias de reciclagem de CO<sub>2</sub> têm sido desenvolvidas com o intuito de reduzir os impactos deste gás nas mudanças climáticas. A hidrogenação catalítica de CO<sub>2</sub> para a geração de produtos de interesse comercial, como metanol e etanol, por exemplo, é uma tecnologia que vem chamando a atenção em pesquisas recentes, dada a vasta aplicabilidade industrial destes álcoois e a possibilidade de reciclagem de carbono. No presente estudo, investigou-se a reação de hidrogenação de CO<sub>2</sub> para a produção de álcoois em catalisadores à base de cobalto, cobre e uma combinação entre cobalto e cobre. Observou-se que catalisadores de CuO-Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> com diferentes razões mássicas Co:Cu melhoraram a produtividade de metanol quando comparados a CuO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ou Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Além disso, a promoção de Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pelos metais alcalinos Na, K, Rb ou Cs com um teor mássico de 2% melhorou o desempenho catalítico destes materiais para a formação de etanol, aumentando a produtividade de etanol em até 25 vezes em relação ao catalisador de cobalto não promovido. A maior produtividade de etanol observada no presente trabalho, correspondente a 5,3 μmol/gcat.h, foi alcançada empregando-se o catalisador 2%K-Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sob as condições reacionais de T = 220 °C, P = Patm e GHSV = 24.000 mL/gcat.h.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### IMPACTO DO MODULADOR NAS PROPRIEDADES DE ESTRUTURAS METALORGÂNICAS DE ZR-UIO-67 E HF-UIO-67 USADAS COMO SUPORTE PARA SÍTIOS ATIVOS DE COBRE

Lídia Aparecida Branco, Luana do Nascimento Rocha de Paula, Janaina Fernandes Gomes

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: lidia.branco@estudante.ufscar.br

A emissão exagerada de gases poluentes na atmosfera, como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), provenientes da combustão de combustíveis fósseis, tem incentivado a comunidade acadêmica e o mundo a buscar por fontes renováveis de energia, de forma a gerar nenhum ou o menor impacto possível ao meio ambiente e ao clima do planeta. Diante desse cenário, a captura atrelada ao armazenamento e utilização do  $\text{CO}_2$  (Carbon Capture, Utilization and Storage) se tornou um dos procedimentos mais investigados atualmente, tendo em vista a possibilidade de utilização do gás para obtenção de commodities químicas por meio de processos como a hidrogenação catalítica. Catalisadores de cobre têm sido extensivamente estudados na hidrogenação de  $\text{CO}_2$  por conta de seu bom desempenho. No entanto, essa reação apresenta desafios quanto à seletividade aos produtos e estabilidade do catalisador. Nesse contexto, as estruturas metalorgânicas (MOFs), especialmente as MOFs à base de zircônio, como as UiO's, surgem como materiais promissores pois podem agir como suporte para catalisadores de cobre, contribuindo para superar essas limitações, ao estabilizar intermediários, resultando em maior seletividade aos produtos desejados, e criando interfaces que protegem os sítios ativos contra a desativação. No entanto, a síntese dessas MOFs enfrenta desafios significativos, especialmente em relação à homogeneidade, estabilidade térmica e cristalinidade da estrutura, que impactam diretamente na eficácia do processo catalítico. Este estudo propõe investigar o efeito da concentração e natureza do modulador na síntese das MOFs do tipo Zr-UiO-67, usadas como suporte para sítios ativos de cobre, visando compreender como a presença desse componente influencia as propriedades dessas estruturas. Essa pesquisa é crucial para avançar na compreensão da síntese e otimizar características das MOFs que favoreçam à catálise para a transformação de  $\text{CO}_2$ .

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### METANAÇÃO DE CO<sub>2</sub> UTILIZANDO CATALISADORES DE NI-ZRO<sub>2</sub> SUPORTADOS EM NTC

João Pedro Bueno de Oliveira, João Batista Oliveira dos Santos

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: joao.bueno@estudante.ufscar.br

O uso de nanotubos de carbono (NTC) vem ganhando espaço como catalisador ou suporte para as mais diversas reações. O presente trabalho tem como objetivo comparar duas estratégias para impregnação de Ni e Zr no interior de NTC de paredes múltiplas, através do método de impregnação incipiente utilizando etanol como solvente. Catalisadores contendo 10% m/m de Ni e 20% m/m de ZrO<sub>2</sub> foram preparados por coimpregnação e impregnação sequencial. Os materiais foram caracterizados por adsorção de N<sub>2</sub>, difração de raios X e microscopia eletrônica de transmissão. A metanação de CO<sub>2</sub> foi realizada à pressão atmosférica, temperaturas entre 200 e 400 °C, razão molar H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> de 4. O catalisador Ni/NTC apresentou conversão de 35% de CO<sub>2</sub>. A adição de ZrO<sub>2</sub> ao catalisador Ni/NTC aumentou a conversão de CO<sub>2</sub> para 62%, além de elevar a seletividade para CH<sub>4</sub> próximo a 100%. O possível caráter bifuncional desses catalisadores e o método de impregnação no interior dos NTC favoreceram a formação de metano quando comparado ao CO.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### USO DA UIO-67 E DE VAPOR D'ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA HIDROGENAÇÃO DE CO<sub>2</sub>

Luana do Nascimento Rocha de Paula, Janaina Fernandes Gomes e José Mansur Assaf

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: luanapaula@estudante.ufscar.br

A hidrogenação catalítica do CO<sub>2</sub> para produtos de interesse comercial, como álcoois, em conjunto com o uso de energia renovável e limpa, oferece a possibilidade de conter as emissões indiscriminadas desse gás e reduzir a dependência de recursos fósseis. No entanto, essa reação apresenta desafios quanto à seletividade aos produtos, estabilidade do catalisador e uso de correagente de fonte não-fóssil. Neste contexto, as MOFs, particularmente a UiO-67, podem ser usadas como suporte para catalisadores de Cu e têm potencial para preencher algumas dessas lacunas, uma vez que podem gerar interfaces que permitam proteger sítios ativos, evitando desativação, bem como estabilizar intermediários na reação, elevando a seletividade de produtos de interesse, como o etanol. Ademais, o uso da água como correagente na reação de hidrogenação de CO<sub>2</sub> permite usar uma fonte limpa de hidrogênio. Logo, esse trabalho visou explorar a performance de catalisadores do tipo Cu/UiO-67 aplicados na hidrogenação do CO<sub>2</sub> à pressão atmosférica usando H<sub>2</sub> e vapor d'água como correagentes. O impacto do centro metálico de Zr e/ou Hf das MOFs na estrutura e desempenho dos catalisadores foi avaliado, onde pode-se constatar que a substituição do centro metálico provocou alterações na estrutura do material e que a utilização de Zr como centro metálico da UiO-67 se mostrou mais atrativa para a formação de álcoois, alcançando produtividade e seletividade de, respectivamente, 70  $\mu\text{molEtOH}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{gcat}^{-1}$  e 55% a 240 °C, com razão molar H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>=3. A influência do estado de oxidação de espécies de Cu nas reações com vapor d'água foi investigada com H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub>=1 e Treação=180 °C. Observou-se que o aumento da temperatura de ativação do catalisador provocou uma maior produtividade de etanol, atingindo 18,2  $\mu\text{molEtOH}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{gCu}^{-1}$  para a temperatura de ativação de 260 °C. Este desempenho foi associado a uma mistura de espécies reduzidas e oxidadas de Cu, que favoreceram a produção de etanol.

## AP 2 - Reatores Químicos Heterogêneos e Catálise

### USO DE CO<sub>2</sub> NA GERAÇÃO DE ESPÉCIES ATIVAS EM CU<sup>2+</sup>-MORDENITA: EFEITO NA OXIDAÇÃO DIRETA DO METANO A METANOL

Eliane Soares da Silva\*, João Emanuel Cabral da Mata, Ernesto A. Urquieta-Gonzalez

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

\*E-mail: elianesoares@estudante.ufscar.br

Zeólita mordenita (Si/Al = 10) trocadas com oxo-cátions de cobre ([Cu<sub>x</sub>O<sub>y</sub>]<sup>2+</sup>- MOR) foram aplicadas na conversão do metano em metanol, avaliando-se a natureza desses oxo-cátions pelo uso de CO<sub>2</sub> como agente ativante. Os testes catalíticos foram realizados através das etapas: (i) ativação da zeólita Cu<sup>2+</sup>-MOR(10) sob fluxo de CO<sub>2</sub> em temperaturas de 250 a 550 °C, (ii) reação com metano e (iii) extração off-line do metanol. As amostras foram caracterizadas por DRX, H<sub>2</sub>-TPR, FRX e DRS UV-Vis in situ. As zeólitas [Cu<sub>x</sub>O<sub>y</sub>]-MOR apresentaram atividade na conversão do metano a metanol quando ativadas com CO<sub>2</sub>. Os resultados de DRS UV-Vis in situ permitiram identificar bandas referentes a oxo-cátions de cobre de natureza monomérica, dimérica, trimérica e íon hidróxido de cobre (CuOH<sup>+</sup>), sendo que as espécies em bandas acima de 30.000 cm<sup>-1</sup>, associadas à transferência de carga do ligante para o metal (O→Cu<sup>2+</sup>), foram mais ativas por apresentar após a reação, maior perda de intensidade.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### AVALIAÇÃO DO EFEITO DE INDUTORES NA PRODUÇÃO DE ENDOGLUCANASE POR *ASPERGILLUS NIGER*

Paula Danesin Castellar, Mariane Molina Buffo, Rosineide Gomes da Silva Cruz

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: paulacastellar@estudante.ufscar.br

Na cadeia de produção de etanol a partir da biomassa lignocelulósica, também conhecido como etanol de segunda geração (2G), a produção de enzimas celulolíticas chama atenção da comunidade científica e industrial tendo em vista a sua aplicação na hidrólise da biomassa lignocelulósica. A produção de etanol 2G, via rota enzimática, é uma alternativa promissora para a obtenção de biocombustíveis provenientes de fontes renováveis de energia. O grau de ordenação da celulose requer que os microrganismos celulolíticos produzam uma complexa mistura de enzimas, as celulases, para efetuar a quebra da celulose cristalina. Esse complexo de enzimas é necessário para a solubilização completa e efetiva da celulose, produzindo um efeito sinérgico no processo de hidrólise. Mesmo sendo uma alternativa de menor impacto ambiental, esta rota ainda requer o desenvolvimento de tecnologias que possam reduzir os custos de produção do coquetel enzimático, sendo este um fator decisivo para a viabilidade econômica do processo. Frente a essa demanda tecnológica, o presente trabalho teve como objetivo usar o bagaço de cana-de-açúcar como indutor na produção da enzima e comparar os resultados do cultivo com os obtidos usando outros dois indutores, como a celulose microcristalina e a lactose. O extrato enzimático obtido será usado na liquefação do próprio bagaço, que será usado como indutor no cultivo seguinte e assim sucessivamente. Os resultados de atividade enzimática obtidos foram: 641 UI/L, usando o bagaço como indutor, 380 UI/L usando a celulose microcristalina e 960 UI/L usando a lactose.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONVERSÃO DE ÓLEO DA REGIÃO AMAZÔNICA EM PRODUTOS DE VALOR AGREGADO

Hatus Garreto Borges , Laiane Antunes Lopes, Paulo Waldir Tardioli

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: [hatus@estudante.ufscar.br](mailto:hatus@estudante.ufscar.br)

A região amazônica apresenta abundância de biodiversidade e recursos naturais, com oleaginosas como a castanha do Brasil, o coco babaçu e o buriti sendo nativas da região. Em contraste com toda a riqueza natural e em decorrência de processos socioeconômicos excludentes do meio produtivo, diversas populações tradicionais amazônicas trabalham com a extração de óleos a partir de oleaginosas, utilizando técnicas tradicionais e sustentáveis no processo, mantendo seu modo de vida e o ambiente preservados. Este trabalho objetiva o estudo do óleo de coco babaçu, por suas características físico-químicas únicas e pelo viés social de seu modo de produção. Assim será mensurado, por meio de sua reação de interesterificação com acetato de metila catalisada pela lipase livre Eversa Transform 2.0, o potencial de conversão do óleo em biodiesel (ésteres metílicos de ácidos graxos, EMAGs) e acetinas (produto de alto valor agregado, utilizado como solvente e aditivo de combustível). Dessarte, serão avaliados a influência da temperatura, razão molar óleo:acetato e concentração da enzima no rendimento da reação a fim de se determinar suas condições ótimas. Realizou-se a caracterização do óleo de babaçu (índices de acidez, saponificação e iodo; densidade, umidade, viscosidade e composição dos ácidos graxos) e avaliação da razão molar óleo:acetato na reação. A produção do biodiesel enzimático foi avaliada através da conversão em EMAGs por cromatografia gasosa. O maior rendimento mássico de EMAGs foi obtido com a razão molar 1:5 , em 48h de reação em shaker de agitação horizontal a 250 rpm, 40°C e 5% (m/m) de enzima. Novos Ensaio nessas condições serão realizados a fim de se monitorar os rendimentos mássicos em ésteres e acetinas com o tempo de reação.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### BABASSU OIL AS RAW MATERIAL FOR THE ENZYMATIC SYNTHESIS OF BIOFUEL AND BIOLUBRICANT: A REVIEW

Ana Beatriz dos Reis Zurlo<sup>1</sup>, Maria Carolina Pereira Gonçalves<sup>2</sup>, Paulo Waldir Tardioli<sup>1</sup>

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: anazurlo@estudante.ufscar.br

This study used systematic mapping (MS) to review the literature on the use of babassu oil in the synthesis of biodiesel and biolubricants. The results showed the use of a variety of lipases, with PS lipase (*Burkholderia cepacia*) being the most used by researchers. These different lipases produced similar product yields, with higher enzyme loads being strongly correlated with increased productivity. Transesterification reactions were favored using immobilized lipases, showing higher yields and operational stability than using soluble lipases. Reaction parameters were generally standardized with variations in oil-to-alcohol molar ratios, type of alcohol, and reaction time. Notably, the alcohol carbon chain length and the oil/alcohol molar ratio significantly influenced the yield and productivity of the reaction. Finally, the structure, network distribution, and frequency of co-occurrence between lipases and supports are elucidated to determine possible hotspots and hitherto unexplored advances in knowledge.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### COMPARAÇÃO DE CEPAS RECOMBINANTES PARA BIOPROCESSAMENTO CONSOLIDADO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Márcio Daniel N. Ramos<sup>1</sup>, Isadora A. C. Pupin<sup>2</sup>, Bruna T. Carvalho<sup>3</sup>, Johan M. Thevelein<sup>3</sup>, Thais S. Milessi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de pós-graduação em Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

<sup>3</sup>NovelYeast bv, Open Bio-Incubator

E-mail: marcio\_daniel\_ramos@hotmail.com

O Bioprocessamento Consolidado (BPC) é uma tecnologia que reúne produção de enzimas, hidrólise da biomassa e fermentação de pentoses e hexoses em um mesmo reator para obtenção de produtos no conceito de biorrefinaria, como o etanol de segunda geração (2G). Para que o BPC seja eficiente, é necessário um microrganismo capaz de secretar eficientemente enzimas hidrolíticas, consumir glicose e xilose, além de ser resistente a inibidores dos hidrolisados e ao etanol. Neste sentido, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* AC14 se destaca por produzir 7 enzimas hidrolíticas (endoglucanase,  $\beta$ -glicosidase, celobiohidrolase I e II, xilanase,  $\beta$ -xilosidase e acetil-xilana esterase). Mais recentemente, as cepas Cellusec 1® e Cellusec 3.1® foram desenvolvidas a partir da AC14 e super expressam as mesmas 7 enzimas, além de possuírem resistência aos inibidores formados no pré-tratamento da biomassa. Considerando que novas modificações genéticas artificialmente inseridas podem influenciar a performance das cepas no BPC, este trabalho comparou a produção de etanol 2G utilizando as três cepas recombinantes de *S. cerevisiae* (AC14, Cellusec 1 e 3.1) visando identificar a mais adequada para o BPC de bagaço de cana. Os ensaios BPCs de bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado hidrotérmicamente (1% m/v de sólido) foram conduzidos em mini-reatores de 5 mL, pH 5.5, 150 rpm, e anaerobiose. Notou-se que a levedura AC14 produziu 12.7 g/L de etanol, sendo superior à Cellusec 1 e 3 que geraram 7.8 e 9.8 g/L, respectivamente. A produtividade e o rendimento da AC14 foram 1.1 g/L/h e 95.2%, respectivamente. Essa superioridade pode ter acontecido em virtude da elevada atividade enzimática das xilanasas produzidas por essa levedura (2.21

UI/mL) que foi 4 e 3 vezes maior do que as xilanases produzidas pelas Celusec 1 e 3.1, respectivamente. Deste modo, a cepa AC14 demonstrou maior potencial para aplicação em BPC de bagaço, embora as outras duas cepas também sejam aplicáveis.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### ENCAPSULAMENTO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* EM MATRIZES BIODEGRADÁVEIS: UMA ALTERNATIVA PARA MELHORAR A VIABILIDADE E RESILIÊNCIA A ESTRESSES

William Merlini, Camila Cristina Viera Velloso, Cristiane S. Farinas

Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química

E-mail: wmerlini@estudante.ufscar.br

A inoculação de cultivares com bactérias diazotróficas como *Azospirillum brasilense* torna a lavoura mais produtiva e sustentável, visto que diminui a necessidade de aplicação de fertilizantes químicos nitrogenados. Entretanto, é necessário o desenvolvimento formulações que mantenham a viabilidade celular durante longos períodos de tempo e que forneçam proteção contra estresses bióticos e abióticos. Estresses osmótico, salino, de radiação e temperatura representam desafios para a prevalência no solo das células de *A. brasilense*. Como alternativa ao problema, objetiva-se encapsular as células de *A. brasilense* em matrizes biodegradáveis através do método de gelificação ionotrópica e acessar a viabilidade celular durante o armazenamento e em condições de estresse. O método consiste na formação de macroesferas das matrizes contendo o microrganismo, através do gotejamento e reticulação de uma dispersão polimérica em solução de CFe<sub>3</sub>. O material escolhido foi a carboximetilcelulose (CMC) por ser um material renovável, abundante e comercial e a trealose por sua capacidade de retenção de água. Foram produzidas esferas com quantidade fixa de 2,5% de CMC e 4 tratamentos contendo 0%, 1%, 5% e 10% de trealose. A eficiência de encapsulamento, a viabilidade celular após o encapsulamento, viabilidade após a secagem (em estufa a 25°C por 24h) e o perfil de liberação em solução salina foram obtidos através da Contagem Padrão em Placas em UFC/g. O inóculo inicial possuía 8,66 x 10<sup>9</sup> UFC/mL. Os resultados mostram uma boa eficiência de encapsulamento. A viabilidade celular após o encapsulamento foi na ordem de 10<sup>8</sup> UFC/g e após a secagem na ordem 10<sup>7</sup> UFC/g. O estudo prosseguirá com avaliação da viabilidade ao longo do tempo, frente a estresses e caracterização dos materiais.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### ESTRATÉGIAS PARA O BIOPROCESSAMENTO CONSOLIDADO UTILIZANDO CAVACOS DE EUCALIPTO COM ALTAS CARGAS DE SÓLIDOS

Paulo S. Santos Júnior<sup>1\*</sup>, Márcio N. Ramos<sup>1</sup>, Suzana P. Costa<sup>1</sup>, Isadora A. C. Pupin<sup>2</sup>, Johan M. Thevelein<sup>3</sup>, Jesus J. Ascencio<sup>4</sup>, Anuj K. Chandel<sup>4</sup>, Thais S. Milessi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química (DEQ).

<sup>3</sup>Novel Yeastbv/Leuven, Bélgica

<sup>4</sup>Universidade de São Paulo, Departamento de Biotecnologia Industrial.

E-mail: paulo.santos@estudante.ufscar.br

O bioprocessamento consolidado (BPC) é uma tecnologia inovadora para a valorização da biomassa, onde a produção de enzimas, a hidrólise da biomassa e a fermentação dos açúcares liberados ocorrem simultaneamente em um único bioreator. Essa abordagem é promissora, pois elimina a necessidade de adição de enzimas comerciais, que costumam ter um custo elevado. A utilização de altas cargas sólidas durante a hidrólise da biomassa é uma estratégia crucial para aumentar a concentração final de açúcares liberados e, por conseguinte, elevar o rendimento do produto final. Neste estudo, foram exploradas diferentes estratégias para otimizar a eficiência do BPC de cavacos de eucalipto, utilizando uma carga sólida de 10% e uma levedura recombinante (*Saccharomyces cerevisiae* AC14) capaz de secretar sete enzimas hidrolíticas. Três sistemas distintos foram avaliados: polpa de eucalipto sem aditivos, polpa de eucalipto com adição de proteína de soja como bloqueador de lignina, e polpa de eucalipto com o coquetel enzimático Cellic CTec2, visando aumentar a concentração enzimática no BPC. Foram quantificados a atividade enzimática de celulase pela liberação de glicose de papel de filtro Whatman No.1 de 15 mm e as concentrações de produtos e substratos residuais foram avaliadas por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Os resultados indicaram que a adição de proteína de soja foi eficaz em prevenir a adsorção

enzimática pela lignina, melhorando o desempenho do BPC. No entanto, a abordagem mais eficiente foi a adição do Cellic CTec2, que resultou em um aumento na concentração de etanol de 92% e 67% em comparação aos sistemas sem aditivos e com proteína de soja, respectivamente. Esses resultados ressaltam a importância de desenvolver microrganismos capazes de produzir enzimas hidrolíticas, a fim de maximizar a eficiência do BPC.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE CELULASES EM BIORREATOR DE LEITO EMPACOTADO: ESTABILIDADE ENZIMÁTICA

Nilton Silva Costa Mafra<sup>1</sup>; Fernanda Perpétua Casciotori<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química (DEQ).

E-mail: [nilton.mafra@estudante.ufscar.br](mailto:nilton.mafra@estudante.ufscar.br)

A fermentação em estado sólido (FES) é amplamente utilizada para a produção de celulases fúngicas, essenciais para a produção de etanol de segunda geração (E2G). Contudo, a viabilidade industrial dos bioprocessos de FES ainda requer avanços em biorreatores e operações downstream. As celulases têm sua atividade influenciada por variáveis como temperatura, pH e estabilidade térmica, exigindo controle rigoroso para otimização do processo. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um aparato para a extração sólido-líquido de celulases a partir da fermentação em estado sólido realizada em um biorreator de leito empacotado (BLE) e avaliou a estabilidade do extrato celulolítico em diferentes condições de pH (4-6) e temperatura (50-60°C). Para tanto, foram realizados experimentos utilizando o fungo termofílico *Myceliophthora thermophila* I-1D3b, cultivado em bagaço de cana e farelo de trigo na proporção de 7:3 (m/m), com umidade de 75% e temperatura de 45°C, sob vazão de ar de 250 L/h. Após o cultivo, cada módulo foi inserido em uma coluna de extração, onde água destilada foi circulada e percolada pelo material cultivado, à vazão de 180 L/h. O extrato foi caracterizado quanto ao pH e temperatura ótimos, além de sua termoestabilidade. Os resultados mostraram que a atividade de endoglucanase (CMCase) foi maior em pH 4,0 (CMCase = 69,59±1,06 U/g), sendo 12% e 9% menor em pHs 5,0 e 6,0, respectivamente, e que a atividade foi máxima à temperatura de 60°C. Em termos de termoestabilidade, a enzima manteve 93% de sua atividade após 24 horas. Estável em pH ácido e temperaturas acima de 50°C, a enzima mostragrande potencial para a produção de bioetanol. No entanto, sua aplicação industrial requer planejamento cuidadoso, considerando a variabilidade da atividade catalítica sob diferentes condições operacionais. O aparato desenvolvido demonstrou ser promissor no processo downstream para FES, permitindo recuperar até 85% da atividade enzimática total.

### AP 3 - Engenharia Bioquímica

## **FILMES POLIMÉRICOS A BASE DE CARBOXIMETIL CELULOSE REFORÇADOS COM NANOCELULOSE COM POTENCIAL PARA ENCAPSULAR O AGENTE DE BIOCONTROLE *TRICHODERMA HARZIANUM*.**

Aline Medeiro Ferreira, Mariana Govoni Brondi, Cristiane Sanchez Farinas

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: [alineferreira@estudante.ufscar.br](mailto:alineferreira@estudante.ufscar.br)

A utilização de microrganismos para o biocontrole de pragas e doenças em plantas representa uma alternativa ambientalmente mais favorável aos agroquímicos, podendo contribuir para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável. Dentre os microrganismos comercializados como biodefensivos, destaca-se o fungo *Trichoderma harzianum* (*T. harzianum*) devido aos diversos mecanismos de ação que emprega contra patógenos. Entretanto, a viabilidade dos inoculantes microbianos ainda precisa ser melhorada para garantir melhor eficiência em campo e um maior tempo de prateleira. Nesse sentido, formulações para encapsulamento microbiano tem se mostrado como uma estratégia promissora para melhorar as propriedades destes bioprodutos. Entre os polímeros com potencial para encapsulamento microbiano, a carboximetil celulose (CMC) se destaca devido à sua origem derivada da celulose, o polímero natural mais abundante na natureza. Porém, considerando suas limitações mecânicas, tem-se estudado a incorporação de nanocristais de celulose (NCC) como agentes de reforço. Assim, o presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento de matrizes poliméricas a base de CMC reforçadas com NCC para o encapsulamento do *T. harzianum*. Os filmes foram produzidos pelo método de casting, caracterizados em relação às propriedades físico-química e morfológicas. Foram realizados ensaios com o microrganismo encapsulado de crescimento em placa e liberação dos esporos em solução salina. Os resultados obtidos indicam que as matrizes à base de CMC:NCC, apresentaram melhores resultados quanto à resistência mecânica, perfis de solubilidade mais lento em água, menor grau de intumescimento e liberação mais lenta do microrganismo da matriz. Essas características demonstram o potencial dos materiais à base de CMC:NCC para aplicação como revestimento de fertilizantes químicos, desde que se avalie a viabilidade durante o armazenamento.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES DA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA NA ESPECTROSCOPIA RAMAN VISANDO O MONITORAMENTO ONLINE.

João P. M. Souza<sup>1,3</sup>, Homero A. Neto<sup>1</sup>, Suzana S. Francisco<sup>4</sup>, Isadora A. C. Pupin<sup>2</sup>, Teresa C. Zangirolami<sup>1</sup>, Andre Aguiar<sup>3</sup>, Marcelo P. A. Ribeiro<sup>1,2</sup>, Thais S. Milesi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

<sup>3</sup>Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos naturais, Engenharia de Bioprocessos

<sup>4</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Química

E-mail: [jpzmarques@hotmail.com](mailto:jpzmarques@hotmail.com)

A implementação de tecnologias da Indústria 4.0 para monitoramento online do processo é vista como um importante avanço no setor sucroenergético. Neste sentido, a espectroscopia Raman é vista como uma interessante tecnologia para o acompanhamento dos componentes da fermentação alcoólica, porém esta tecnologia pode sofrer influência da cor escura de alguns meios de fermentação o que leva a fluorescência que gera no espectro o ruído e a sobreposição de sinal. Neste contexto, este estudo teve como objetivo investigar os efeitos dos componentes da fermentação alcoólica nos espectros Raman. Primeiramente foi realizado um teste para três meios: meio sintético usando glicose; caldo de cana-de-açúcar clarificado e melaço de cana-de-açúcar (todos contendo 30 g/L ART). Em seguida foi realizado um experimento utilizando mosto pré fermentado de caldo de cana e dopado de 0 a 80 g/L de glicose. Em seguida para validar os dados da calibração foi realizado um experimento em condições industriais. Os experimentos foram realizados condições controladas, seguidos de validação por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC); e através desse conjunto de dados foi possível atingir uma validação cruzada. Pré-tratamentos, incluindo técnicas de ajustes de modelos não lineares, foram aplicados para melhorar o modelo de calibração. Essa abordagem permitiu avaliar os efeitos dos componentes como a eficiência,

produtividade e velocidade de consumo de substrato da fermentação nos espectros Raman, possibilitando análises mais precisas e confiáveis. Os resultados indicaram que foi possível alcançar uma calibração funcional para o caldo de cana-de-açúcar onde foi possível obter um RMSECV de 3.1006 e o RMSEP de 3.8272; no entanto, não foi possível ler os componentes do melaço devido à fluorescência do material causada por suas propriedades, como a cor escura devido a presença de fluorescência do meio.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### INTERESTERIFICAÇÃO DO ÓLEO DE BABAÇU CATALIZADA PELA EVERSA® TRANSFORM 2.0 IMOBILIZADA

Camila S. Nascimento, Hatus G. Borges, Laiane A. Antunes, Paulo W. Tardioli

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: [camilanascimento@estudante.ufscar.br](mailto:camilanascimento@estudante.ufscar.br)

É evidente a grande dependência do uso de fontes não-renováveis no cenário energético mundial, uma vez que cerca de 80% da demanda atual se dá por matrizes fósseis. Sendo assim, em busca de alternativas renováveis e sustentáveis, o investimento global em energia limpa aumentou 40% nos últimos anos. Nesse cenário, o Brasil se destaca por ser um dos maiores produtores mundiais de biodiesel. O processo produtivo convencional do biodiesel se dá pela transesterificação do óleo vegetal na presença de álcoois de cadeia curta, via catalisadores químicos. Entretanto, essa via reacional produz o subproduto glicerol em excesso, além de ter a formação de sabão quando a matéria-prima tem alto teor de ácidos graxos livres. Dessa forma, torna-se relevante o estudo sobre reações de interesterificação enzimática, uma vez que os álcoois de cadeia curta são substituídos por ésteres, bem como são utilizadas enzimas lipases como catalisadores. Como vantagem, evita-se as reações indesejadas e ocorre a produção de triacetina em substituição ao glicerol, um coproduto de alto valor agregado, pois além de poder ser utilizado em diversos segmentos industriais, também pode ser aditivo do próprio biocombustível produzido, melhorando seu rendimento e suas propriedades. A Eversa® Transform 2.0, lipase de *Thermomyces lanuginosus*, é uma enzima comercial que foi fabricada em sua forma livre com enfoque na produção de biodiesel e não necessita de preparo prévio. Entretanto, a utilização de um catalisador imobilizado pode apresentar um melhor custo-benefício, devido à possibilidade de ser reaproveitada, além de melhorar as características da enzima. Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar o rendimento do biodiesel – ésteres etílicos de ácidos graxos (FAEEs) - produzido a partir da interesterificação do óleo de babaçu com acetato de etila usando o Eversa® Transform 2.0 imobilizado no suporte Purolite® C18. As propriedades físicas e químicas do óleo de babaçu também foram avaliadas.

## **MODELAGEM CINÉTICA DA PRODUÇÃO DE GOMA XANTANA**

Davi B. Oliveira<sup>1,2</sup>, Ronald Alexander<sup>2</sup>, Antônio Carlos L. Horta<sup>1</sup>, Adilson J. da Silva<sup>1</sup>, Fernando V. Lima<sup>2</sup>

1Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

2West Virginia University, Department of Chemical and Biochemical Engineering

E-mail: oliveiradavi5@gmail.com

A goma xantana é um biopolímero altamente viscoso produzido por bactérias do gênero *Xanthomonas* com diversas aplicações em indústrias como produção de alimentos e cosméticos e extração de óleo. No entanto, o caldo de cultura de alta viscosidade apresenta grandes obstáculos na produção. Em particular, surgem desafios devido ao controle deficiente da transferência de massa do processo e do fornecimento de oxigênio, o que acaba resultando em problemas de eficiência do processo. Motivado por esses desafios, este trabalho aborda o desenvolvimento de uma estrutura de modelagem que leva em consideração os efeitos negativos impostos pelas condições reológicas do meio. A modelagem do comportamento do processo (assumindo comportamento de caldo não newtoniano) permite a otimização e futuro controle avançado do processo. Em particular, o modelo cinético descreve a evolução da biomassa, produto, substrato, e oxigênio dissolvido. Os resultados demonstram um bom ajuste as curvas de evolução com o tempo das variáveis de estado, mesmo em face de inibição da produção.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### NANOCARREGADORES PARA ENTREGA CONTROLADA DE ENZIMAS NO CONTROLE BIOLÓGICO

Jéssica de Souza Marciano<sup>1,2</sup>, Cristiane Sanchez Farinas<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP 13560-970, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP 13565-905, Brasil.

E-mail: jessicasm@estudante.ufscar.br; cristiane.farinas@embrapa.br

Diversos fungos e bactérias têm sido empregados na agricultura como agentes de biocontrole, e o sucesso dessa aplicação está ligado à produção de antibióticos e metabólitos secundários, tais como as enzimas líticas ( $\beta$ -glucanases, mananases, proteases e quitinases), que são responsáveis pela degradação da parede celular dos fitopatógenos. Essas enzimas surgem como uma alternativa mais estável em comparação aos microrganismos, representando uma opção aos pesticidas químicos que, há décadas, vêm sendo utilizados para mitigar danos causados por pragas e infecções patogênicas. Entretanto, devido à sensibilidade dessas enzimas a condições desnaturantes, como variações de temperatura, pH e solventes, sua aplicação em campo representa um desafio. A imobilização dessas enzimas em nanocarregadores pode aumentar sua estabilidade, protegendo-as contra condições ambientais adversas e permitindo a liberação controlada no local de ação, tornando a imobilização enzimática uma estratégia promissora para superar essas limitações. A lignina, um biopolímero abundante na natureza, apresenta propriedades como hidrofobicidade, estabilidade térmica e ação antioxidante, tornando-a um excelente candidato para a construção de matrizes para imobilização de enzimas. A quitosana, por sua vez, é um polissacarídeo biodegradável com propriedades quelantes, antimicrobianas e biocompatíveis, amplamente utilizado em sistemas de liberação controlada. A combinação de lignina e quitosana em nanocarregadores pode proporcionar uma matriz com propriedades únicas, capaz de proteger as enzimas e permitir a liberação controlada em resposta a estímulos específicos, como o pH. Nesse contexto, o presente estudo propõe a utilização de nanocarregadores à base de lignina e quitosana para a imobilização de enzimas

líticas, com o objetivo de desenvolver um sistema de liberação controlada por estímulos de pH, eficiente no controle biológico de patógenos fúngicos. Portanto, espera-se obter formulações e condições ideais de nanocarregadores que permitam a aplicação de enzimas no combate a patógenos em ambientes agrícolas, oferecendo uma solução mais sustentável e eficaz para a agricultura.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### NEW APPROACHES FOR SOLUBILIZATION OF PHOSPHATE ROCKS THROUGH SOLID-STATE FERMENTATION BY OPTIMIZATION OF OXALIC ACID PRODUCTION

Natalia A. Rodrigues, Mariane M. Buffo, Fernanda P. Casciotori, Cristiane S. Farinas

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: nataliaalvarez@estudante.ufscar.br

The biological solubilization of phosphate rocks (PRs) has gained attention due to the environmental harm caused by the processing and excessive use of chemical phosphate fertilizers. However, in order to obtain a competitive bio-based product the yields achieved with the biotechnological route needs to be improved. In this study, we aimed to enhance the efficiency of PR solubilization via solid-state fermentation, focusing on optimizing the production of oxalic acid by *Aspergillus niger*. Process parameters, including the combination of agro-industrial by-products (sugarcane bagasse (SCB), wheat bran (WB) and soybean bran (SB) as solid substrates), pH of the saline solution used for humidification, supplementation with sucrose, and addition of methanol were systematically evaluated through sequential experimental designs. Our results indicate that a 1:1 weight proportion of SCB and SB yielded the highest production of oxalic acid. Furthermore, the addition of 7% methanol increased by 3- folds the production of oxalic acid, while sucrose was more effective at the lowest concentration (5 g per kg of dry substrate). Under the optimized conditions, all evaluated PRs (Bayóvar, Itafós, and Registro) exhibited promising solubilization efficiency. Notably, it was demonstrated that there was an additional release of organic P from the substrates. The maximum P release was 12.1 g/kgds for Bayóvar rock, corresponding to a concentration of 806.7 mg/L, with an efficiency of 63.8%, considering the total P content from both rocks and substrates. The proposed process has the potential to contribute to advancements in the current bio-based economy and support future developments in large-scale industrial biofertilizer production.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE UM NOVO FUNGO ISOLADO DO CERRADO COM POTENCIAL PARA CONTROLE BIOLÓGICO

Fabiola Ribeiro de Oliveira<sup>1</sup>, Clarissa Hamaio Okino Delgado<sup>1</sup>, Paulo Teixeira Lacava<sup>2</sup>, Fernanda Perpétua Casciatori<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Morfologia e Patologia

E-mail: [fabiolaoliveira@estudante.ufscar.br](mailto:fabiolaoliveira@estudante.ufscar.br)

O cerrado abriga a segunda maior biodiversidade brasileira, incluindo micro-organismos capazes de produzir distintos compostos bioativos como flavonoides, moléculas com propriedade antimicrobiana e potencial ação no controle de fungos fitopatogênicos. Assim, este estudo visou otimizar a produção de flavonoides através de fermentação em estado sólido por um fungo endofítico do gênero *Phomopsis*, conhecido por sua capacidade antagônica a fitopatógenos como *Fusarium solani*, *Colletotrichum falcatum* e *Lasiodiplodia ssp.* Para isso, um planejamento experimental do tipo composto central foi usado, onde as variáveis independentes foram umidade, percentual de farelo de soja e percentual de resíduo de madeira acrescidos em arroz, e a variável independente foi a produção de flavonoides totais, avaliada por método espectrofotométrico. O estudo foi conduzido em sacos de polipropileno selados com filtro de 22 µm para permitir a troca gasosa, com 100 g de substrato seco, cultivado em estufa estática por 120 horas a 30°C. Em seguida, foi realizada extração sólido-líquido com metanol acidificado, filtração, centrifugação e quantificação do sobrenadante. O delineamento experimental foi analisado com o software Chemoface Experimental Design. Os resultados indicaram que a porcentagem de farelo de soja e a umidade do foram variáveis significativas, diferentemente do resíduo de madeira. Em relação à umidade, o ponto central composto por 50g de arroz, 50g de farelo de soja, 100 mL de água e 10 g de resíduo de madeira apresentou a maior produção, atingindo 31,45 µg de quercetina por mL de extrato. Comparativamente, a produção de flavonoides foi baixa (1,45 µg/ mL) na ausência de farelo de soja, havendo apenas arroz como composição principal. Dessa forma, houve aumento na produção de flavonoides com o aumento de farelo de soja e os resíduos de madeira demonstraram potencial para aumentar a porosidade e, conseqüentemente, a aeração do substrato sem impactar na produção do metabólito alvo.

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO POR FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EXTRATIVA UTILIZANDO TÉCNICA DE REMOÇÃO DE ETANOL POR ARRASTE GASOSO ASSOCIADO AO VÁCUO

Mariane Molina Buffo, Letícia Pereira Almeida, Antônio José Gonçalves da Cruz e  
Alberto Colli Badino

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: marianembuffo@gmail.com

O bioetanol é um produto de grande importância, sendo largamente utilizado como biocombustível no Brasil e com um potencial alto para ser utilizado como precursor de outros bioprodutos, exemplo do biopolímero verde de polietileno (PE). Sendo assim, o aumento da capacidade produtiva de etanol nas usinas brasileiras é imprescindível. Uma alternativa que vem crescendo dentro do contexto brasileiro é a produção de etanol utilizando o milho como matéria prima. Dados do CONAB mostram um crescimento ascendente da parcela de etanol produzida utilizando o milho, de 9,5% na safra de 2021/2022 para 22 % na safra de 2023/2024. O processo a partir do milho já é bem estabelecido nos Estados Unidos, maior produtor mundial de etanol, porém apresenta diferenças significativas em relação ao processo mais aplicado no Brasil, partindo da cana de açúcar. Tal fato justifica que estudos de produção de etanol de milho sejam realizados para a realidade brasileira, utilizando matérias-primas, levedura ou técnicas aqui aplicadas. Apesar de já ter processos bem estabelecidos com base em diferentes matérias primas, a produção de etanol ainda possui alguns gargalos e pontos possíveis de melhoria. Um dos gargalos está relacionado à etapa de fermentação, em que a levedura sofre inibição pelo produto (etanol), limitando a produtividade da etapa fermentativa. Uma alternativa para tais problemas é o desenvolvimento de novas técnicas de separação e alternativas para retirada gradual do etanol produzido no meio fermentativo, o que pode contornar a inibição pelo produto, melhorando a eficiência da produção e reduzindo custos. É dentro desse contexto de técnicas de remoção de etanol ao logo da fermentação por métodos não convencionais e o estudo de uma matéria-prima em ascensão no contexto brasileiro que o presente plano de pesquisa está inserido

## AP 3 - Engenharia Bioquímica

### PRODUÇÃO HETEROLÓGICA DE 1-METILHOXIFENAZINA EM *ESCHERICHIA COLI* UTILIZANDO DIFERENTES FONTES DE CARBONO

José Davi dos Santos Neves, Adilson José da Silva.

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: [nevesjose@estudante.ufscar.br](mailto:nevesjose@estudante.ufscar.br)

As fenazinas são metabólitos secundários produzidos por certos microrganismos e têm potencial biotecnológico, incluindo seu uso como corantes naturais, agentes antimicrobianos na medicina e agricultura. Entre elas, a 1- metoxifenazina é destacada por suas propriedades e aplicações específicas. No entanto, a produção desses compostos é limitada a microrganismos naturais, que podem até ser patogênicos ou possuem produção restrita, dificultando sua aplicação. O objetivo deste trabalho foi produzir 1-metoxifenazina de forma heteróloga em células de *Escherichia coli*, avaliando diferentes fontes de carbono: xilose (12g/L), glicose (10g/L) e glicerol (20g/L). Mesmo com variação na massa de cada fonte de carbono, a concentração de Cmol permaneceu constante, indicando que as proporções dos produtos e reagentes metabólicos não foram significativamente afetadas. Observou-se que a xilose resultou na maior produção de 1-metoxifenazina, com uma concentração final de 421 mg/L, representando um aumento de 15% em relação ao glicerol e de 35% em relação à glicose. Este estudo demonstrou que a produção heteróloga de fenazinas em *Escherichia coli* é mais eficiente com xilose como fonte de carbono, emergindo como uma alternativa promissora para a produção biotecnológica de fenazinas.

## AP 4 - Controle Ambiental

### ANÁLISE NUMÉRICA DA INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS NA FLUIDODINÂMICA DE UM LEITO DE LAMA

Leonardo Arruda Lima, Gabriela Cantarelli Lopes

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: leonardolima@estudante.ufscar.br

A necessidade de reduzir os impactos do setor de transporte aéreo nas emissões de gases de efeito estufa torna o uso de bioquerosene uma alternativa viável para diminuir essas emissões, bem como os poluentes primários, como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio. Nesse cenário, a produção de querosene parafínico sintético por meio da síntese de Fischer-Tropsch surge como uma solução eficaz para a conversão de biomassa em hidrocarbonetos de cadeia longa. A reação de Fischer-Tropsch pode ser realizada em diferentes tipos de reatores, sendo os reatores de leito de lama os mais amplamente empregados. A dinâmica do escoamento nos reatores de leito de lama é influenciada por variáveis como o tamanho da coluna, a velocidade de entrada do gás e o volume de catalisador presente na fase líquida do leito. Nesse contexto, o uso de simulações numéricas em sistemas multifásicos, como as colunas de leito de lama, tem se mostrado essencial para a compreensão e otimização desses processos. Compreender o impacto dessas variáveis é crucial para otimizar as etapas de projeto, escalonamento e eficiência desses equipamentos. Diante desse contexto, este projeto realizou simulações computacionais para avaliar a dinâmica de escoamento em uma coluna de leito de lama, com foco na fase gasosa e no impacto da concentração de partículas. As simulações foram comparadas com dados experimentais da literatura, revelando uma redução na expansão do leito com o aumento da concentração de partículas. Apesar de algumas discrepâncias observadas entre os dados experimentais e simulados, especialmente na retenção de gás nas paredes, os resultados contribuem para uma melhor compreensão dos processos de quebra e coalescência das bolhas na coluna. Os próximos passos incluem a exploração da variabilidade no tamanho das bolhas, das interações entre as fases e outras modelagens multifásicas.

**COMPARATIVO DO ESTUDO FLUIDODINÂMICO DE UMA COLUNA DE BOLHAS CILÍNDRICA USANDO GEOMETRIAS 2-D E 3-D**

LAIZO, Welberth Santos; LIMA, Leonardo Arruda; LOPES, Gabriela Cantarelli

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: [welberth@estudante.ufscar.br](mailto:welberth@estudante.ufscar.br)

As colunas de bolhas são equipamentos com diversas finalidades industriais, e, por causa disso, têm grande presença em estudos operacionais. Contudo sua dinâmica de escoamento é complexa, o que pode onerar o estudo de sua fluidodinâmica. Um método que tem ganhado muita atenção nas últimas décadas pra o estudo de escoamentos multifásicos é a fluidodinâmica computacional, que permite reproduzir com certa fidelidade os escoamentos, promovendo a diminuição dos custos de implantação e operação dos equipamentos reais. E, apesar dos diversos estudos existentes, ainda são feitos diversos estudos para desenvolver modelos matemáticos que se adaptem melhor a uma maior quantidade de situações. Para este estudo foi simulada uma coluna de 0,19 m de raio com altura de 1,6 m, utilizando geometrias 2-D e 3-D, no software STAR CCM+. Os parâmetros de saída avaliados foram a altura de expansão da coluna líquida e a fração volumétrica de ar, que foi estimada variando a velocidade de entrada de gás. Os dados obtidos para as respostas dos parâmetros de saída apontam que a coluna não chegou ao máximo de expansão, sendo divergentes quando comparados com a literatura, sendo necessárias mais análises e tempo de simulação para determinar os erros encontrados.

## AP 4 - Controle Ambiental

### DESENVOLVIMENTO DE BANDEJAS BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE LARANJA

Larissa Verri Volpe, Caio Gomide Otoni, Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: larissavolpe@estudante.ufscar.br; henriette.azeredo@embrapa.br

As embalagens utilizadas para alimentos são essenciais para proteger o produto e prolongar sua vida útil. Os materiais mais utilizados em embalagens são os plásticos (derivados de petróleo), que apesar de suas vantagens, são tipicamente usados por um curto período de tempo, e ao serem descartados, persistem no meio ambiente, resultando em impactos ambientais. Deste modo, a substituição dos plásticos convencionais por materiais biodegradáveis se faz uma alternativa promissora. Estes podem ser obtidos a partir de subprodutos do processamento de frutas, como a laranja, que apresentam em sua composição compostos que podem exercer funções ativas (como antioxidante e absorvedores de luz UV), o que caracteriza uma vantagem funcional em relação aos materiais convencionais. Além disso, embora muitas frutas sejam consumidas in natura, sua alta perecibilidade e sazonalidade frequentemente levam ao seu processamento. No caso da laranja, o Brasil é o maior produtor mundial da fruta e o maior responsável por exportações de suco de laranja. Os subprodutos gerados do processamento da fruta são considerados não-comestíveis (por diferentes razões, incluindo sensoriais). A melhor estratégia para esses casos é a valorização, que permite a recuperação do recurso para outros fins. A proposta da pesquisa tem como objetivo o desenvolvimento de materiais semi-rígidos (bandejas) à base de subprodutos do processamento de suco de laranja (casca, bagaço e remanescentes da polpa) em combinação com um biopolímero a ser escolhido (amido ou poliácido láctico). Para a obtenção das bandejas, serão realizadas diferentes formulações, contendo variadas proporções de resíduos e biopolímero, visando avaliar o impacto nas suas propriedades. Em seguida, as bandejas serão moldadas. Pretende-se, ao obter a bandeja, caracterizá-la visando determinar suas propriedades mecânicas, sorção de água, identificar possíveis interações químicas entre componentes por Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e analisar sua microestrutura por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

## AP 4 - Controle Ambiental

### DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTO ATIVO PARA AUMENTO DE VIDA ÚTIL PÓS-COLHEITA DE BANANAS

Yuri Barros Fávaro<sup>1</sup>, Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup>Embrapa Instrumentação, São Carlos - SP

E-mail: [yurifavaro@estudante.ufscar.br](mailto:yurifavaro@estudante.ufscar.br)

Bananas são frutos climatéricos muito consumidos em todo o mundo. Aproximadamente 135 milhões de bananas foram produzidas no ano de 2022, porém cerca de 40 % foram perdidas e/ou desperdiçadas. Um dos principais fatores destes números é a produção do etileno, também conhecido como “hormônio do amadurecimento”. A inibição parcial de etileno para retardar o amadurecimento no fruto, estão sendo estudadas em frentes como o desenvolvimento de filmes: para envolver a banana; embalagens: armazenar o fruto e recobrimentos: formação de uma película no alimento. Nas pesquisas, materiais como dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), montmorilonita (MMT) e pectina se mostram promissoras. Para aumentar a vida útil de bananas no pós-colheita, o projeto tem por objetivo desenvolver um revestimento reticulado com cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) a base de pectina de baixa metoxilação, MMT e TiO<sub>2</sub> como aditivos para auxiliar na degradação do etileno. A síntese do revestimento será realizada em partes, primeiramente seguir a metodologia de impregnação via úmido do TiO<sub>2</sub>, atuando como sítio ativo, na MMT, como suporte. Segundamente, colocar o material sintetizado na solução de pectina de baixa metoxilação. A banana será imersa na solução de pectina + TiO<sub>2</sub>/MMT, e em seguida na solução de CaCl<sub>2</sub> para a reticulação (formação da película). Os testes in vivo para a quantificação do etileno produzido e taxa de respiração, serão realizados em embalagens apropriadas pelo tempo definido pela análise de sobrevivência, com as alíquotas lidas em cromatógrafo gasoso. Para testes como: colorimetria, textura, perda de peso, dentro outros, as bananas revestidas permanecerão em um suporte adequado e analisadas em dias previamente definidos pela análise de sobrevivência.

## AP 4 - Controle Ambiental

### **PRODUÇÃO DE MEIOS FILTRANTES COM FIBRAS ELETROFIADAS DE POLIESTIRENO (PS) E POLIETILENO TEREFALATO (PET) RECICLADOS PARA COLETA DE NANOPARTÍCULAS DO AR**

Felipe de Aquino Lima, Paulo Augusto Marques Chagas, Mônica Lopes Aguiar, Vádila Giovana Guerra

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: felipedeaquinolima@gmail.com

A crescente preocupação com a poluição atmosférica e os desafios associados à filtração de nanopartículas motivam o desenvolvimento de membranas sustentáveis e com elevada eficiência. A eletrofição permite a produção de fibras submicrométricas com características interessantes, ideais para captura de partículas ultrafinas. Logo, esse trabalho visa o desenvolvimento de membranas de camada tripla de PET/PS/PET por eletrofição para coleta de nanopartículas do ar. Foram avaliados diferentes tempos de fiação de cada camada de PET (0,0–10,0 minutos), mantendo fixo o tempo de fiação do PS (5,0 minutos). Avaliou-se o impacto das camadas de PET na resistência mecânica, permeabilidade e eficiência de coleta. Foi possível melhorar as propriedades mecânicas com a adição de PET, com tensão máxima e deformação na ruptura até 12,5 e 14 vezes maior que a membrana apenas com PS, respectivamente. A eficiência de coleta se manteve alta (>99%), no entanto se reduziu em até duas vezes a permeabilidade. Este trabalho demonstra a viabilidade de utilizar materiais reciclados para a criação de soluções avançadas de filtração de ar, contribuindo para a mitigação de problemas de poluição e gestão de resíduos plásticos.

**STUDIES OF CARBON GAS DIFFUSION ELECTRODES FOR H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  
ELECTROGENERATION APPLIED FOR ORGANIC COMPOUND  
DEGRADATION**

Taynara Oliveira Silva, Luís Augusto Martins Ruotolo

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: taynaraos1994@gmail.com

Os materiais à base de carbono têm sido amplamente estudados para a eletrossíntese do peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), que é um oxidante versátil com diversas aplicações. O Printex L6, o Printex XE2B e o Vulcan se destacam entre os melhores carbonos para essa finalidade. Os carvões ativados de novas fontes, especialmente os derivados da polianilina, foram aplicados com sucesso no campo dos supercapacitores, mas não foram explorados como materiais ativos para GDE. Inicialmente estudado por Zornita et al. (2020), o carbono derivado da polianilina (PAC) é de interesse devido à sua estrutura amorfa, fácil síntese, baixo custo e ativação com KOH, o que pode resultar em maior eficiência na geração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Uma alternativa para explorar as propriedades eletroquímicas do PAC é seu uso no eletrodo de difusão de gás (GDE), que permite a interface tripla (gás-sólido-líquido). Como o principal reagente (oxigênio) está na forma gasosa, o GDE é particularmente adequado. Outra vantagem é que a GDE pode ser acoplada a diferentes células eletroquímicas para a degradação de poluentes orgânicos. Um dos principais processos usados para degradação eletroquímica são os processos de oxidação avançada (AOPs), que se baseiam na geração de radicais hidroxila (•OH), sendo o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> o principal precursor desse radical.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### AVALIAÇÃO IN SILICO DA PRODUÇÃO DE ÁCIDO HIALURÔNICO EM XANTHOMONA ORYZAE

Lorena Luiza Zonato; Alice Medeiros de Lima

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: lorenazonato@estudante.ufscar.br

Ácido hialurônico, um glicosaminoglicano amplamente utilizado em aplicações médicas, é tradicionalmente produzido a partir de fontes microbianas patogênicas. Embora o uso de microrganismos recombinantes para sua produção seja geralmente reconhecido como seguro (GRAS), aprimorar esses sistemas biológicos é essencial para maximizar a eficiência de produção. A modelagem computacional do metabolismo microbiano, com foco na otimização in silico, tem se mostrado uma ferramenta poderosa no desenvolvimento de linhagens microbianas capazes de produzir metabólitos em maior quantidade. Este projeto de pesquisa visa avaliar, por meio de abordagens de otimização in silico, modificações genéticas que possam aumentar a produção de ácido hialurônico em *Xanthomonas oryzae*, uma bactéria de interesse. A metodologia adotada envolve uma abordagem estruturada, que compreende a revisão bibliográfica detalhada e o levantamento de dados técnicos para a implementação em simulações computacionais. Após o êxito na implementação do modelo XML, as otimizações foram iniciadas e estão em andamento, se concentrando nas reações metabólicas de *Xanthomonas oryzae* em condições específicas, visando a produção otimizada de ácido hialurônico por meio de modificações genéticas. Este trabalho enfatiza a importância da integração entre biotecnologia e computação para o desenvolvimento de processos produtivos mais eficientes.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE H<sub>2</sub> VIA REFORMA A VAPOR DE METANO E BIOMETANO NO BRASIL

Karollyna Beatriz Bentes Martins, Flávio Kunert de Souza Silva, Alice Medeiros de Lima, Cauê Ribeiro de Oliveira

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: karollynamartins@estudante.ufscar.br; flavio.ks1@gmail.com;  
alice@ufscar.br

O Hidrogênio é uma matéria prima utilizada para a obtenção de diversos produtos, dentre eles fertilizantes, metanol e vem sendo testado como fonte alternativa de combustível. Tem-se estudado diversas formas de produzir tal composto, sendo as principais o processo Reforma Vapor do Metano (RVM), e Reforma Vapor do Biometano (RVBM). O gás natural (NG) pode ser obtido no Brasil de bacias de extração como a de Campos, e ao passar pelo processo de compressão e dessulfurização, ele pode ser usado no processo (SMR). Já o biometano (BM) pode ser obtido através da purificação do biogás, que é obtido pela fermentação anaeróbica da matéria orgânica presente em resíduos como os de lodos de esgoto, restos de alimentos, materiais lignocelulósicos, dejetos de animais e outros resíduos agroindustriais. O Brasil por ser um país abundante em resíduos agrícolas e agropecuários principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, é visto como um grande potencial produtor de BM e H<sub>2</sub>. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar e comparar as questões técnicas, econômicas e ambientais referentes à produção de H<sub>2</sub> a partir de NG encontrado em diferentes localidades do Brasil e BM produzidos por diferentes resíduos que estão amplamente inseridos no cenário brasileiro. Com os resultados obtidos, será possível avaliar técnico-economicamente diferentes processos, assim como analisar suas viabilidades, de modo que seja feito um comparativo de diversos parâmetros tais como custos de produção, efeitos ao meio ambiente, e o impacto da origem do NG e BM no Brasil, pois dependendo da localidade e da matéria-prima, a composição de metano pode variar de 60% até 80% no BM. Sendo assim, espera-se obter custo de produção H<sub>2</sub> por SMR em torno de 0,9 até 3,2 US\$/kg e de SBMR 1,77 até 3,00 US\$/kg.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Alessandro Hiroyuki Iwai da Conceição, Antonio Carlos Luperni Horta

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: [alessandro.iwai@estudante.ufscar.br](mailto:alessandro.iwai@estudante.ufscar.br)

Este projeto desenvolve um protótipo de controlador de temperatura para utilização em processos bioquímicos. Para isto, a solução proposta consiste em um banho térmico com dois sensores de temperatura, uma dorna com aquecimento elétrico, uma dorna com água de resfriamento, bomba d'água e válvula solenóide, além da utilização da plataforma de prototipagem. Para viabilizar um maior controle de temperatura foi desenvolvida uma lógica fuzzy utilizando as funções de pertinência de temperatura: Muito Baixa, Baixa, Ótima, Alta, Muito Alta. Estes parâmetros foram incorporados à manipulação da potência elétrica de aquecimento, junto com constantes que foram ajustadas, a fim de que a temperatura do sistema permanecesse o mais próximo possível do desejável. Para o resfriamento, as funções de pertinência também foram incorporadas à manipulação da válvula, junto com outras constantes que foram também ajustadas. Os resultados ainda parciais demonstraram que o sistema consegue aquecer o biorreator de forma equilibrada, atingindo o valor de setpoint desejado com boa estabilidade, além de resfriar o mesmo quando o sistema está acima do setpoint desejado. Por tanto, a partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que a lógica fuzzy utilizada demonstrou boa resposta de controle, mantendo a potência de aquecimento no máximo enquanto temperatura longe do Set Point e potência baixa e bem ajustada quando a temperatura se aproxima do Set Point. Ressalta-se que a manipulação da potência de aquecimento ocorreu de forma suave e mantendo a variável controlada estável e no valor desejado. A próxima e última etapa do projeto será realizar testes de validação no fotobiorreator com a reação para a produção de biodiesel a partir de microalgas ocorrendo.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### ESTRATÉGIA DE ALIMENTAÇÃO PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE FERMENTAÇÃO EM BATELADA ALIMENTADA

Gabriel Baioni e Silva, Thais Suzane Milessi, Felipe Fernando Furlan

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: gabrielbaioni@estudante.ufscar.br

Nos últimos anos, os biocombustíveis emergiram como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis, buscando mitigar desafios globais. Apesar de já consolidado no mercado, o processo de produção de etanol ainda enfrenta desafios, como os longos tempos de fermentação. Este estudo propõe o desenvolvimento e otimização de um protocolo de alimentação para um processo de produção de etanol de cana-de-açúcar em batelada alimentada visando a redução do tempo de processo. A modelagem foi baseada em modelo cinético com inibições e condições industriais de produção. As simulações foram realizadas no software EMSO, com otimização utilizando a biblioteca em Python EMSOPY. Os resultados demonstram uma redução média de 0,7 horas no tempo de batelada (-5%) e a possibilidade de controle de temperatura da dorna através da manipulação da alimentação.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### ESTUDO DE SEGURANÇA BASEADA EM RISCO EM LABORATÓRIOS

Ruan Antunes Fonseca Barcelos, Alice Medeiros de Lima

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: ruan.barcelos@estudante.ufscar.br

A fundamentação e a justificativa deste projeto de pesquisa derivam da necessidade intrínseca de garantir a segurança dos processos em laboratórios de pesquisa. A manipulação de substâncias e a execução de procedimentos com potencial de risco ressaltam a essencialidade de um programa de gerenciamento robusto, visando salvaguardar a integridade dos colaboradores, da comunidade e do ecossistema, ao mesmo tempo que fomenta a pesquisa científica de maneira eticamente responsável. A meta deste estudo é a formulação de um programa de gerenciamento de segurança de processos, estruturado sob o paradigma de risco, customizado para aplicação em distintos laboratórios de pesquisa e ensino do Departamento de Engenharia Química. Este programa engloba a identificação e avaliação criteriosa dos riscos, a proposição de estratégias para a implementação de medidas preventivas, a elaboração de sistemas digitais para a propagação contínua do conhecimento de segurança levantado, a utilização da técnica Bow Tie para o levantamento de riscos, além da definição de protocolos de reação a situações de emergência. O estudo também utilizará auditorias laboratoriais e análise de dados históricos de incidentes, com o apoio de ferramentas digitais de mapeamento de perigos e softwares de gestão de segurança. Espera-se que o projeto tenha um impacto significativo na segurança dos laboratórios, promovendo uma cultura proativa de segurança e estabelecendo um ambiente laboratorial em conformidade com as normas vigentes, contribuindo para a proteção dos envolvidos e do meio ambiente. Este será o primeiro estudo a integrar esses métodos com sistemas digitais contínuos, oferecendo um modelo replicável para outros laboratórios, com potencial para melhorar a segurança e a eficiência operacional em toda a comunidade científica.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE OPERAÇÃO

Paulo Gabriel Ferreira de Azevedo<sup>a\*</sup>, Antonio José Gonçalves da Cruz<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Engenharia Química

<sup>b</sup>Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

E-mail: \*pauloazevedo@estudante.ufscar.br

No Brasil, a produção de etanol a partir do milho tem crescido exponencialmente a partir da safra 2016/2017. Foram produzidos 6,27 bilhões de litros de etanol na safra 2023/2024 (UNICA Data). No processo de produção, a liquefação (L) e a sacarificação (S) são etapas prévias à fermentação (F), sendo importante a análise de suas cinéticas para estudos de simulação e otimização. O presente trabalho tem como objetivo realizar a modelagem matemática das etapas de L, S e F do processo de etanol de milho, empregando dados de literatura. Os modelos matemáticos estão sendo implementados em linguagem Python, sendo o ambiente em nuvem Google Colaboratory utilizado para realizar as simulações. Os modelos cinéticos empregados foram pesquisados usando descritores específicos no buscador Scopus, priorizando trabalhos mais recentes. Três cenários de produção foram modelados: I) L, S e F sequenciais, II) L e S simultâneos, seguidos da F e, por fim, III) L, S e F simultâneos. Ademais, foram criados ambientes de simulação para os três cenários, objetivando posteriores estudos de otimização. Fixada a concentração inicial de amido em 150 g·L<sup>-1</sup>, a produtividade volumétrica e a concentração final de etanol foram maiores no cenário III, sendo 0,0320 g·L<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> e 76,39 g·L<sup>-1</sup>, respectivamente. Esse cenário foi o que apresentou o menor tempo total de processo (39,75 h). Nos cenários I e II, variando as concentrações iniciais de  $\alpha$ -amilase (6,73·10<sup>-2</sup> e 7,20·10<sup>-2</sup> L·L<sup>-1</sup>, respectivamente) e de glicoamilase (2,8·10<sup>-4</sup> e 6,0·10<sup>-4</sup> L·L<sup>-1</sup>, respectivamente) em +/- 25%, verificou-se que a concentração inicial de  $\alpha$ -amilase foi mais sensível, tendo como maiores variações a concentração final de etanol no cenário I (27,15%) e a produtividade volumétrica no cenário II (19,57%). Em continuidade, os três cenários modelados serão usados em estudos de otimização com o objetivo de definir parâmetros ótimos para a produção de etanol de milho.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### MODELAGEM MATEMÁTICA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO POR FERMENTAÇÃO EXTRATIVA EMPREGANDO ARRASTE COM CO<sub>2</sub>

Pedro Henrique Pavan<sup>1</sup>, Antonio José Gonçalves da Cruz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química

E-mail: pedropavan@estudante.ufscar.br

A produção e o uso de biocombustíveis trazem vantagens para o meio ambiente além de contribuir para o desenvolvimento social e a garantia da segurança energética. Neste sentido, o Brasil tem uma situação privilegiada, pois possui uma estrutura de produção, distribuição e consumo, em particular para o etanol, consolidada e desenvolvida. Embora a cana-de-açúcar seja a principal matéria-prima utilizada na sua produção, a utilização do milho vem apresentando rápido crescimento, principalmente na região Centro-Oeste. Estima-se para a próxima safra (2023/2024) uma produção da ordem de 6 bilhões de litros, o que representará algo em torno de 20% da produção de etanol de cana. Durante o processo de produção, empregando cana ou milho como matérias-primas, o etanol se acumula no caldo de fermentação, sendo o principal componente tóxico para levedura, o que prejudica o crescimento celular e a própria formação do produto (etanol). Uma forma de contornar esse efeito inibitório é utilizar a fermentação extrativa, onde o etanol é removido pela passagem de um gás inerte pelo caldo de fermentação, por exemplo o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Uma das diferenças entre a fermentação empregando sacarose proveniente do caldo de cana e a fermentação empregando glicose do milho é o tempo de fermentação. No primeiro caso a fermentação tem uma duração de 8 a 12 horas, enquanto no segundo de 48 a 72 horas. O objetivo da presente proposta de iniciação científica é modelar a etapa de fermentação convencional da produção de etanol de milho e a fermentação extrativa empregando CO<sub>2</sub> como gás de arraste. O valor da produtividade volumétrica de etanol será calculado em ambos os processos e empregado como parâmetro de desempenho.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO EMPREGANDO TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING

Augusto Demetrio Canutilho<sup>1</sup>, Antonio José Gonçalves Cruz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química

E-mail: [adcanutilho@estudante.ufscar.br](mailto:adcanutilho@estudante.ufscar.br)

Os biocombustíveis apresentam um potencial significativo para a diversificação da matriz energética brasileira, contribuindo para a mitigação da poluição decorrente da combustão de combustíveis fósseis. A cana-de-açúcar, principal matéria-prima na produção do etanol de primeira geração (E1G), gera subprodutos como o bagaço e a palha, que podem ser utilizados na produção do etanol de segunda geração (E2G). A utilização desses resíduos permite incrementar a produção de etanol sem a necessidade de expandir a área de cultivo, reduzindo a pressão sobre terras agricultáveis e as emissões de gases do efeito estufa. Contudo, a produção de E2G ainda enfrenta desafios para alcançar a viabilidade econômica, demandando etapas adicionais de pré-tratamento e hidrólise da biomassa para obtenção dos açúcares fermentescíveis. Diante disso, este projeto de iniciação científica propõe o desenvolvimento de um software, utilizando técnicas de inteligência artificial e machine learning, para identificar condições operacionais ótimas nas etapas de pré-tratamento e hidrólise enzimática, visando maximizar a produção de E2G a partir da palha e do bagaço da cana-de-açúcar. A ferramenta computacional, implementada em Python, contará com uma interface gráfica para visualização e interação comparâmetros da produção (como concentração de sólidos, enzimas e tempo de reação), além de ser projetada para ser reutilizável e expansível, permitindo a incorporação de novos modelos e dados experimentais, aprimorando sua capacidade preditiva.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### PROCESSAMENTO DE MACROALGAS MARINHAS (SARGASSUM SP.) EM UMA BIORREFINARIA: ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA E AMBIENTAL

Simon Y. Kanematsu<sup>1</sup>, João P. G. R. dos Santos<sup>1</sup>, Rosana R. L. Araújo<sup>2</sup>, Renata M. R. G. Almeida<sup>2</sup>, Cristiane S. Farianas<sup>3</sup>, Antonio J. G. Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alagoas, Departamento de Engenharia Química

<sup>3</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

E-mail: skanematsu@gmail.com

Atualmente, o foco de muitos estudos na literatura é substituir materiais de origem fóssil por materiais renováveis e biodegradáveis. Um desses materiais é a nanocelulose, que possui características como não toxicidade, biodegradabilidade e biocompatibilidade. Ela tem potencial de ser utilizada em uma ampla gama de aplicações práticas. As macroalgas oferecem várias vantagens sobre as plantas terrestres para a extração de nanocelulose. O objetivo deste trabalho é implementar uma biorrefinaria industrial de macroalgas Sargassum, produzindo seiva (um biofertilizante), ácido algínico, proteína e cristais de nanocelulose (CNC), e realizar uma análise tecnoeconômica (TEA) e uma avaliação do ciclo de vida (LCA). A planta proposta processa 177 kton/ano de macroalgas úmidas, produzindo anualmente 96,518 kton de seiva, 5,886 kton de ácido algínico, 0,688 kton de proteína e 2,180 kton de CNC. O CAPEX e o OPEX foram estimados em US\$ 55,39 milhões e US\$ 43,70 milhões, respectivamente. Uma análise de fluxo de caixa, considerando uma taxa mínima de atratividade de 11% e uma vida útil do projeto de 25 anos, revelou que o preço da seiva teve um impacto significativo na determinação do preço mínimo de venda (MSP) do CNC. Foram encontrados preços de CNC variando de zero a US\$ 11.517,12/ton, para preços da seiva entre US\$ 247,23/ton e zero. Após uma análise de LCA, foram encontrados os seguintes valores de indicadores ambientais (por kg de CNC produzido): potencial de acidificação (AP) de 0,113 kg SO<sub>2</sub>eq, potencial de eutrofização (EP) igual a -0,260 kg PO<sub>4</sub>eq, potencial de aquecimento global (GWP) de 6,201 kg CO<sub>2</sub>eq, potencial de destruição da camada de ozônio (ODP) igual a 7,54.10<sup>-6</sup> e potencial de ecotoxicidade aquática marinha (MAEP) de 18.229 kg 1,4- DBeq. Os resultados da LCA indicaram que, se o ácido algínico e a proteína não fossem produzidos, os riscos ambientais diminuiriam consideravelmente, destacando-se o MAEP. Além disso, a análise econômica aponta que a venda de ácido algínico e proteína teve uma leve influência no MSP.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### PRODUÇÃO DE EXTRATOS ENZIMÁTICOS POR ASPERGILLUS NIGER EMPREGANDO BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

Beatriz Moraes Sobral<sup>1\*</sup>, Rosineide Gomes da Silva Cruz<sup>1</sup>, Antonio José Gonçalves da Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

\*E-mail: bmsobral@estudante.ufscar.br

Os biocombustíveis de segunda geração representam uma oportunidade crescente para as indústrias, oferecendo benefícios tanto na redução da dependência de combustíveis fósseis quanto na valorização de resíduos. Estes biocombustíveis têm o potencial de aumentar o rendimento da produção de etanol e otimizar a receita das empresas, uma vez que não é necessário comprometer a quantidade de açúcar disponível. Entre as diversas abordagens para a hidrólise de biomassas lignocelulósicas, a via enzimática se destaca. Para melhorar a viabilidade desse processo, a hidrólise enzimática é objeto de pesquisa há anos, em que vários aspectos de todas as etapas e produção são avaliados. O grau de ordenação da celulose requer que os microrganismos celulolíticos produzam uma complexa mistura de enzimas, as celulasas, para efetuar a quebra da celulose cristalina. Esse complexo de enzimas é necessário para a solubilização completa e efetiva da celulose e da hemicelulose, produzindo um efeito sinérgico no processo de hidrólise. A proposta de pesquisa tem como objetivo potencializar a produção de celulasas, usando a estratégia de cultivo circular ou circuito fechado, em que o extrato enzimático resultante de um cultivo é usado na liquefação da biomassa. No cultivo seguinte, a biomassa liquefeita por esse extrato será usada como indutor para produção enzimática e assim sucessivamente, até se observar a estabilização. Nesse estudo serão utilizadas como biomassas o bagaço e palha de cana-de-açúcar. Pretende-se ao final do cultivo circular obter extratos multienzimáticos com altos índices de atividade enzimática e com uma composição direcionada ao substrato que se deseja utilizar. Os dados experimentais obtidos na pesquisa serão utilizados para modelagem e simulação do processo.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### REMOÇÃO DE CALOR E CONTROLE DE TEMPERATURA DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA EXTRATIVA UTILIZANDO CO<sub>2</sub>

Brenda G. Campos<sup>1</sup>, Ivan I. K. Veloso<sup>1</sup>, Maíra M. Silva<sup>2</sup>, Alberto C. Badino<sup>1</sup>, Antonio J. G. Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos

E-mail: [brendacampos@ufscar.br](mailto:brendacampos@ufscar.br)

Durante a fermentação alcoólica, os açúcares redutores totais são convertidos pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* em etanol, dióxido de carbono, e outros subprodutos em menores quantidades (ácido acético, glicerol e álcoois superiores, entre outros compostos), por meio de reações bioquímicas exotérmicas. O processo enfrenta duas grandes limitações: a inibição pelo produto (etanol) e o controle eficiente da temperatura. Para controlar a temperatura do processo em sua faixa ótima de operação (30 a 35 °C), a energia liberada na forma de calor pelo crescimento das leveduras deve ser removida do meio de fermentação por um sistema de resfriamento. Empregam-se trocadores de calor que utilizam água como fluido refrigerante, geralmente a 28 oC. Contudo, em destilarias localizadas em regiões de clima quente, isso torna-se um grande desafio. Uma alternativa para superar essas limitações é a fermentação extrativa, que utiliza dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para remover tanto o etanol quanto o calor gerado durante o processo. Este trabalho investigou a remoção de calor e o controle da temperatura na fermentação alcoólica extrativa por meio da manipulação da vazão de CO<sub>2</sub>, visando reduzir ou eliminar a necessidade de sistemas de resfriamento que utilizam água. Foi desenvolvido um modelo matemático do processo e simuladas diferentes estratégias de controle para manter constante a temperatura ao longo da fermentação. Dados experimentais de fermentações extrativas realizadas em escala de bancada (10 litros de volume útil) foram empregados para validar o modelo e as estratégias de controle on-off e baseada em modelo. Foi possível controlar a temperatura em 34 °C com um desvio da ordem de 0,5 °C em ambas as abordagens avaliadas. Os resultados demonstram que o uso de CO<sub>2</sub> remove o calor e permite o controle mais eficiente da temperatura, superando uma das principais limitações do processo de fermentação.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### SIMULAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL DE 3ª GERAÇÃO EMPREGANDO MACROALGAS MARINHAS

Lucas de Melo Rocha<sup>1</sup>, Simon Y. Kanematsu<sup>2</sup>, Antonio José Gonçalves Cruz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química

E-mail: lucasmelorochoa@estudante.ufscar.br

Nos últimos anos, a substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia vem se mostrando cada vez mais necessária e amplamente discutida. Nesse contexto, destaca-se o etanol, o qual se mostra como uma das principais fontes renováveis de energia do Brasil e vem ganhando espaço nos últimos anos, sobretudo após o surgimento e a consolidação dos automóveis com motores flex fuel. Desse modo, pode-se citar as macroalgas marinhas como uma matéria-prima promissora para a produção de etanol de terceira geração (E3G). O cultivo e a utilização das algas trazem consigo diversos benefícios, como uma maior eficiência fotossintética (o que representa um grande potencial para a captura de carbono) e uma grande quantidade de carboidratos nas estruturas de algumas espécies (apresentando assim, um grande potencial para a produção de etanol). Sabendo disso, o objetivo deste trabalho é simular a produção de etanol hidratado combustível (EHC) em uma escala industrial, utilizando-se a macroalga da espécie *Kappaphycus alvarezii* como principal matéria-prima do processo. Além disso, objetiva-se avaliar o potencial da planta simulada, tanto na capacidade de produção de etanol quanto na viabilidade econômica e ambiental do processo. Por fim, espera-se elencar os principais gargalos do processo, de modo que eles possam ser futuramente resolvidos e a produção de etanol a partir das macroalgas em escala industrial possa ser consolidada. Até o momento, realizou-se o levantamento de dados a partir da literatura, os quais permitiram a definição das principais etapas do processo, a elaboração de um fluxograma do processo, a definição da escala de produção e a realização do balanço de massa, considerando os rendimentos de cada etapa do processo. Os próximos passos serão a implementação dos balanços de energia e o dimensionamento dos principais equipamentos do processo.

## AP 5 - Simulação e Controle de Processos Químicos

### SÍNTESE E ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BASE BIOLUBRIFICANTE EM BIORREFINARIAS

Christian de Oliveira Martins, Paulo Waldir Tardioli, Felipe Fernando Furlan

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: christianom@estudante.ufscar.br

Lubrificantes têm mudado de produtos petrolíferos para baseados em biomassa. Algumas matérias-primas estudadas para este propósito são subprodutos de outros processos industriais, como o destilado da desodorização do óleo de soja (DDOS) e o óleo fúsel. Estes podem ser reagidos utilizando enzimas e este estudo visa a análise técnico-econômica deste processo. O processo é adaptado para o contexto do sudeste brasileiro e baseado na esterificação e transesterificação simultânea usando uma lipase de *Pseudomonas fluorescens* imobilizada e um processo de purificação de três etapas: reciclo de óleo fúsel, purificação do produto e separação de um subproduto graxo rico em tocoferol e purificação do glicerol. A simulação do processo foi realizada no Aspen Plus. O preço mínimo de venda foi de USD 3,26/kg de produto, valor 46% menor que o preço médio para lubrificantes encontrado na literatura e 82% menor que o de biolubrificantes. O baixo preço indica que o processo pode ser uma boa alternativa.

## AP 6 - Termodinâmica e Processos de Separação

### ESTUDO DA SOLUBILIDADE E DA CINÉTICA DA CRISTALIZAÇÃO DA SACAROSE EM SOLUÇÕES IMPURAS E INDUSTRIAIS DA CANA-DE-AÇÚCAR

Maximilian Goehler, Carlos Crestani, André Bernardo

Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química

E-mail: mgoehler19@gmail.com

O aumento da produção em uma fábrica de açúcar pode ser realizado através da eliminação da recirculação de produtos no processo industrial e a otimização da cristalização da sacarose é um passo obrigatório para isso. Enquanto o uso da beterraba açucareira no hemisfério norte, fazendo uso de combustíveis fósseis, já alcançou limites operacionais nesse processo de otimização, a cana-de-açúcar, pelo uso de combustíveis renováveis, ainda apresenta espaço para essa melhoria no seu desempenho. A valorização recente de novos produtos derivados da cana-de-açúcar é um contribuinte para isso. Desenvolver conhecimento consistente da solubilidade da sacarose e da cinética da sua cristalização em soluções impuras da cana-de-açúcar são premissas para se trabalhar uma produção industrial eficiente do açúcar. Este projeto propõe um estudo criterioso da solubilidade e da cinética a cristalização da sacarose em soluções impuras da cana-de-açúcar, fazendo uso de técnicas de medição modernas, trazendo à luz parâmetros confiáveis para o seu uso na otimização do processo industrial.