

ENGENHARIA QUÍMICA

REVISTA
ChemE
VOL 2 · 2025

Construindo Saberes:

**A Engenharia Química da
UFMA em Monografias**

**Bioprodutos, energia, materiais e
modelagem: caminhos da
Engenharia Química**

**Relatos dos egressos: a
importância da monografia
em suas trajetórias
profissionais.**



www.cheme.ufma.br

Título completo da publicação:
ChemE - Revista de notícias, entrevistas e inovações em Engenharia Química e áreas afins

Editora Chefe
Profa. Dra. Alexandra Martins dos Santos Soares

Editor do Volume 2
Prof. Dr. Jaiver Efren Jaimes Figueroa

Co-editores:
Profa. Dra. Audirene Morim Santana
Paulo Sérgio Araújo Oliveira

Projeto gráfico, diagramação e capa:
Profa. Dra. Alexandra Martins dos Santos Soares
Paulo Sérgio Araújo Oliveira

Responsável pelo site cheme.ufma.br:
Prof. Dra. Carolina Rocha e Silva

Instituição:
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET)
Curso de Engenharia Química (CCEQ)

Periodicidade:
Publicação semestral | Volume 2 - Ano 2025

Apoio:
Pró-Reitoria de Extensão e Cultura - PROEC / UFMA
Superintendência de Comunicação Social- SCOM / UFMA
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - CCET / UFMA

Local de produção:
São Luís, MA, Brasil

Nota de responsabilidade:
Os textos publicados nesta revista são de responsabilidade exclusiva de seus autores,
incluindo o conteúdo, as opiniões e a redação.

Distribuição:
Versão digital gratuita

SUMÁRIO

06

**NOVAS PERSPECTIVAS PARA O
AÇAÍ**

08

**COMO É FEITA A EXTRAÇÃO DE
NANOCRISTAIOS DE CELULOSE (NCC) E
LIGNINA?**

09

SOJA: DA SEMENTE À PROTEÍNA

12

MISSÃO GIRASSOL

15

**MICROALGAS: O COMBUSTÍVEL
VERDE DO FUTURO**

18

**DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTOR
ANAERÓBIO PARA GERAÇÃO DE BIOGÁS**

20

**DO COCO BABAÇU À ENERGIA LIMPA:
A JORNADA DO SYNGAS**

23

**BIOPOLÍMERO DA JUÇARA E
BABAÇU: PLÁSTICOS SUSTENTÁVEIS**

SUMÁRIO

MÁQUINA DE PAPEL TISSUE	26
ÓLEOS NATURAIS CONTRA A CORROSÃO: A JORNADA DE UMA PESQUISA	28
ZEÓLITAS E MODELAGEM COMPUTACIONAL NA DEFESA AMBIENTAL	30
DO GLICEROL AO HIDROGÊNIO: ENERGIA LIMPA COM MODELAGEM	33
CAPTURA DE CO₂: SIMULAÇÕES PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL	36
DO TCC PARA O MUNDO	39
ENGENHARIA QUÍMICA NA UFMA: DESAFIOS E CONQUISTAS DOS PRIMEIROS EGRESSOS	41
EQUIPE CHEME — VOLUME 2: UNIDOS PELA ENGENHARIA QUÍMICA E PELA CIÊNCIA	45

CARTA DO EDITOR

Querido(a) leitor(a),

Neste segundo volume da Revista ChemE, convidamos você a revisitar a trajetória científica construída ao longo da história do curso de Engenharia Química da UFMA — uma história feita de curiosidade, experimentos e conquistas. Reunimos aqui trabalhos de conclusão de curso que marcaram gerações, desde os primeiros TCCs defendidos até pesquisas recentes que revelam o vigor e a atualidade da nossa área.

Ao folhear estas páginas, você encontrará ciência apresentada de forma leve e criativa: em narrativas, jogos, entrevistas, e curiosidades. A ChemE se reinventa ao mostrar que aprender pode ser lúdico, interativo e acessível, e que a Engenharia Química pode dialogar com o público mais amplo — porque ela está em tudo o que nos cerca: na energia que move, no alimento que nutre e nos materiais que moldam o futuro.

Neste volume, viajamos da valorização de resíduos do açaí à produção de biopolímeros e biodiesel; da captura de CO₂ à geração de hidrogênio e biogás; da modelagem computacional à inovação sustentável. Cada matéria revela um pedaço da nossa identidade como engenheiros, pesquisadores e sonhadores.

A ChemE segue firme em seu propósito de divulgar o conhecimento e inspirar novas ideias. Que esta edição desperte em você a mesma admiração que sentimos ao ver o quanto os TCCs podem ultrapassar os muros da universidade e transformar o mundo.

Boa leitura e que cada página reacenda sua curiosidade pela ciência que fazemos juntos.

Jaiver Efren Jaimes Figueroa

Editor | Revista ChemE | Volume 2

NOVAS PERSPECTIVAS

PARA O AÇAÍ

Extração de derivados lignocelulósicos a partir da biomassa residual do açaí (*Euterpe Olerácea*)

Anne Carolyne Mendonça Cidreira

Egressa do curso de Engenharia Química da UFMA.

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo

Profª Dra. Lamia Zuniga Linan

Açaí: para além do sabor ...



O açaí possui alto valor nutricional, sendo rico em antioxidantes e na chamada “gordura boa”. No entanto, a polpa representa apenas uma pequena parte do fruto, gerando cerca de 85% de resíduo. Pensando nisso, em seu TCC, Anne Carolyne Mendonça Cidreira avaliou formas de aproveitar esse resíduo para a produção de novos produtos, utilizando os nanocristais de celulose (NCC) e a lignina presentes na fibra do açaí.



Mas, o que são os nanocristais de celulose (NCC) e lignina?

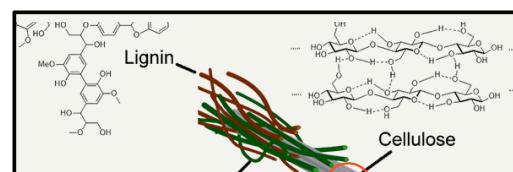
Os NCCs podem ser obtidos a partir da degradação da celulose presente no resíduo do açaí. A celulose é formada por cadeias de glicose com regiões cristalinas e amorfas. A lignina atua como protetor natural das fibras de celulose.



Importância

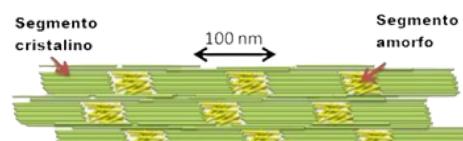
Os NCCs fortalecem materiais e filmes biodegradáveis, enquanto a lignina confere rigidez e pode ser utilizada em adesivos, biocombustíveis e outros produtos sustentáveis.

Resíduo de açaí



[4]

Celulose



Os NCCs da fibra de açaí foram obtidos por hidrólise ácida, apresentando 11% de rendimento e 45% de cristalinidade, embora o processo ainda enfrente limitações como baixo rendimento e elevado gasto de água.

Consumo de Água

Para tratar 1 kg de fibra e obter os nanocristais de celulose (NCCs), seriam usados cerca de 3,808 L de água destilada.



Assim, a extração de nanocristais de celulose (NCCs) da fibra do açaí é uma alternativa promissora, já que aproveita resíduos agrícolas e gera materiais de maior valor. Além disso, contribui para a sustentabilidade ao indicar um destino útil aos subprodutos do açaí. Porém, ainda é preciso otimizar os processos para que sejam economicamente viáveis, principalmente devido ao alto consumo de água.

SAIBA MAIS

- A autora deste TCC, **Anne Carolyne Mendonça Cidreira**, desenvolveu sua pesquisa sob a orientação da **Profª Dra. Lamia Zuniga Linan** e, posteriormente, realizou mestrado na UNICAMP, investigando o uso de nanofibras de celulose do resíduo de açaí para produção de hidrogel com aplicação em cicatrização de feridas.
- Realizou o seu doutorado na **South Dakota State University**, onde também irá atuar profissionalmente, com foco na valorização de resíduos agroindustriais. Assim como no TCC, em que trabalhou com a extração de nanocristais de celulose do açaí, agora seu objetivo será a síntese de galactooligossacarídeos (GOS) a partir do resíduo da produção de whey, buscando agregar valor e ampliar o potencial de aplicação na indústria de alimentos.

REFERÊNCIAS

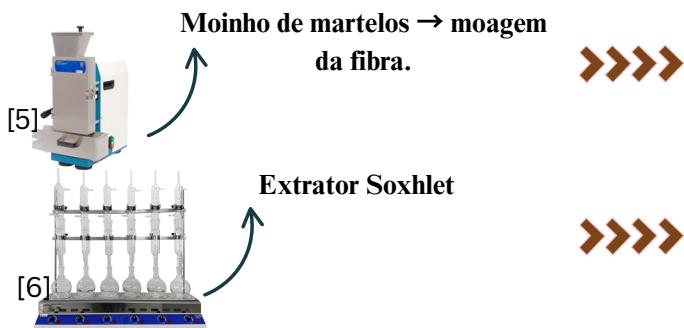
- [1]AGROLINK. É possível transformar caroço de açaí em bioenergia. 2021. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/e-possivel-transformar-caroço-de-acai-em-bioenergia_-469418.html. Acesso em: 3 set. 2025.
- [2]SANEAMENTO AMBIENTAL. Hydro e UFPA estudam uso do caroço de açaí. 2022. Disponível em: <https://www.saneamentoambiental.com.br/noticias/hydro-e-ufpa-estudam-uso-do-caroço-de-acai>. Acesso em: 3 set. 2025.
- [3]CHAI, Y. D.; PANG, Y. L.; LIM, S.; CHONG, W. C.; LAI, C. W.; ABDULLAH, A. Z. Recent progress on tailoring the biomass-derived cellulose hybrid composite photocatalysts. *Polymers*, v. 14, n. 23, p. 5244, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14235244>.
- [4]SPIEKERMANN, Fernando Ludgero. **Caracterização química e cinética da semente de abacate e dos biocarvões obtidos utilizando análise termogravimétrica**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.
- [5]KASALAB. Molinos de suelos. [s.d.]. Disponível em: <https://kasalab.com/catalogo/molinos-de-suelos/>. Acesso em: 3 set. 2025.
- [6]WAISER. Bateria de extração tipo Sebelin Soxhlet. [s.d.]. Disponível em: <https://waiser.com.br/produto/bateria-de-extracao-tipo-sebelin-soxhlet/>. Acesso em: 3 set. 2025.
- [7]MARCA MÉDICA. Autoclave digital 21 litros Digitale. [s.d.]. Disponível em: <https://www.marcamedica.com.br/autoclave-digital-21-litros-digitale/>. Acesso em: 3 set. 2025.
- [8]ANALÍTICA WEB. Centrifuga para laboratório. [s.d.]. Disponível em: <https://www.analiticaweb.com.br/p.php?tit=centrifuga-para-laboratorio&Bid=p45197908d7c14>. Acesso em: 3 set. 2025.
- [9]KALSTEIN. Bomba de infusão Kalstein. [s.d.]. Disponível em: <https://kalstein.pt/pt/bomba-de-infus%C3%A3o-kalstein/>. Acesso em: 3 set. 2025.

*ilustrações e fotos foram retirados do Canva (<https://www.canva.com>) em 2025.

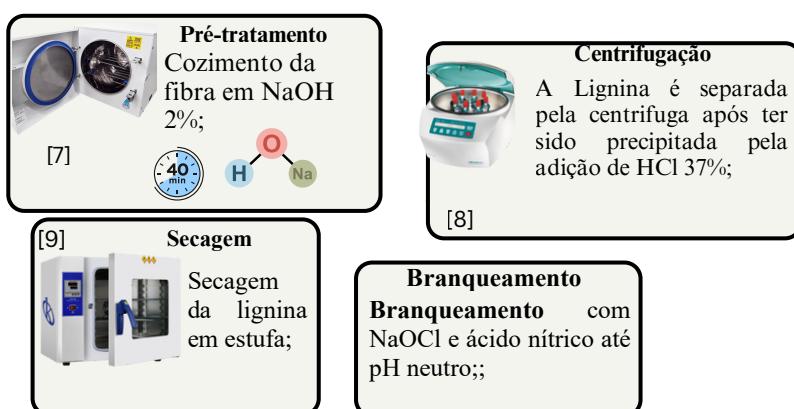
COMO É FEITA A EXTRAÇÃO DE NANOCRISTAIS DE CELULOSE (NCC) E LIGNINA?



Pré-tratamento da fibra



Remoção da lignina da fibra (deslignificação alcalina)



- Moagem em **moinho de martelos** e pulverizador → obtenção de partículas uniformes.
- Lavagem com água destilada a 70 °C (remoção de impurezas).

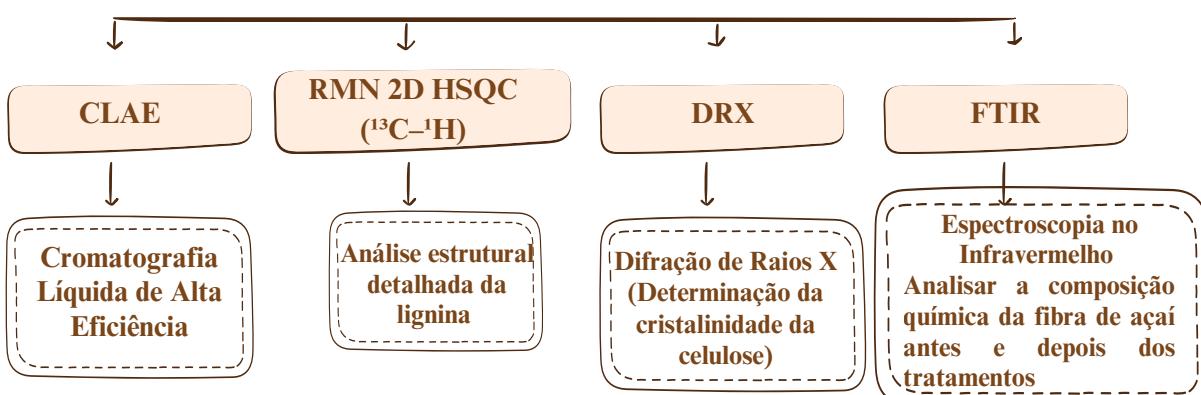
Usando o **extrator Soxhlet** com ciclohexano/etanol (1:1) por 5h, foram removidos os componentes organossolúveis, deixando a fibra mais pura e preparada para a extração da lignina e NCCs.

Obtenção dos nanocristais de celulose (NCCs)

- Fibra branqueada tratada por **hidrólise ácida** (mistura $H_2SO_4 + HCl$, 41%, 45 °C, 120 min);
- Purificação: **centrifugação**, diálise (3 dias, membrana 12–14 Da), ultrassom (20 min) e liofilização.



Técnicas de Caracterização dos Nanocristais e da Lignina



O que as análises indicaram ?

A **Cromatografia Líquida de Alta Eficiência** (CLAE), utilizada para analisar os extrativos orgânicos da fibra do açaí, mostraram que quanto menor o tamanho da fibra, maior foi a extração desses compostos. O **infravermelho** revelou bandas em 3500 cm^{-1} (O-H da celulose) e 2900 cm^{-1} (C-H de grupos alifáticos), mais intensas após tratamento alcalino e branqueamento.

Estrutura da Lignina (HSQC-RMN)

A lignina do açaí apresentou composição própria, rica em radicais metoxilo, ácido p-cumárico e ligações β -O'-, diferindo da lignina da cana de açúcar.

SOJA: DA SEMENTE À PROTEÍNA

Investigação dos fatores que influenciam na extração de proteínas de sementes de soja

Larissa Nunes Sousa

Egressa do curso de Engenharia Química da UFMA

Trabalho de Conclusão de Curso, orientado pela Profa. Dra. Alexandra Martins dos Santos Soares

A soja é uma das culturas agrícolas mais antigas conhecidas pela humanidade e está presente em diversos produtos do dia a dia, como molho shoyu, óleo, leites vegetais, farinha, suplementos alimentares e até rações animais.



A semente de soja apresenta entre 38 e 42% de proteínas e entre 18 e 22% de óleo em base seca, ou seja, considerando apenas a parte da semente que não contém água. Essa característica a torna uma fonte de alimento valiosa para milhões de pessoas em todo o mundo. Para extrair as proteínas solúveis de sementes de soja de maneira eficiente e aproveitá-las ao máximo, Larissa Nunes Sousa investigou os fatores que influenciam a extração, com o objetivo de determinar as melhores condições experimentais para maximizar o rendimento. Assim, o estudo buscou identificar e otimizar essas condições, justificando-se pela crescente demanda por fontes alternativas de proteínas vegetais, motivada por preocupações ambientais e de saúde.

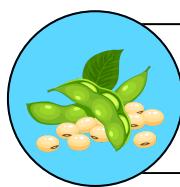
A soja e a economia brasileira

A cultura da soja tem peso decisivo na economia, já que o agronegócio – puxado pela soja – respondeu por 30% do crescimento do PIB em 2023. Em 2025, além de celebrar 100 anos da soja no país, a Embrapa Soja completa 50 anos de atuação no desenvolvimento da lavoura, do plantio à pós-colheita. Toda a cadeia produtiva gera empregos, renda e inovação, e vem sendo fortalecida pelo avanço do material genético, das biotecnologias e do uso de máquinas modernas, que aumentam a produtividade e a rentabilidade dos produtores.

Neste estudo, foi aplicado um delineamento experimental fatorial central 3^4 , envolvendo quatro variáveis independentes — pH, temperatura, tempo de extração e proporção massa/solvente — cada uma testada em três níveis (-1, 0 e +1), com repetição. No total, foram realizados 162 ensaios, correspondentes a 81 condições experimentais distintas. Foram avaliados pHs 4, 7 e 10; temperaturas de 10, 25 e 40 °C; tempos de 10, 35 e 60 min; e proporções massa/solvente de 1:30, 1:20 e 1:10 (m/v).

Metodologia de superfície de resposta: Permite avaliar o efeito de diferentes variáveis, como pH, temperatura, tempo de extração e proporção sobre o rendimento da extração das proteínas. [1]

Como as análises foram conduzidas?



01. SEMENTES

Pesagem e Trituração das sementes de soja a 25°C.

02. DELIPIDAÇÃO

Delipidação com n-hexano, na proporção 1:5 (m/v), por 3 horas a 25 °C.

03. EXTRAÇÃO

A farinha delipidada foi submetida à extração utilizando soluções tampão. Diferentes parâmetros foram avaliados.

04. CENTRIFUGAÇÃO

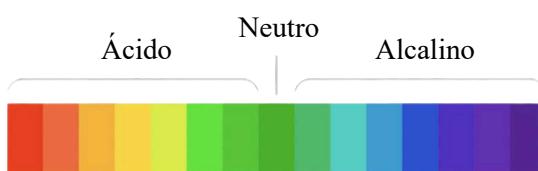
O extrato foi centrifugado a 12.000 x a 4 °C. O sobrenadante foi usado como extrato proteico.

05. QUANTIFICAÇÃO

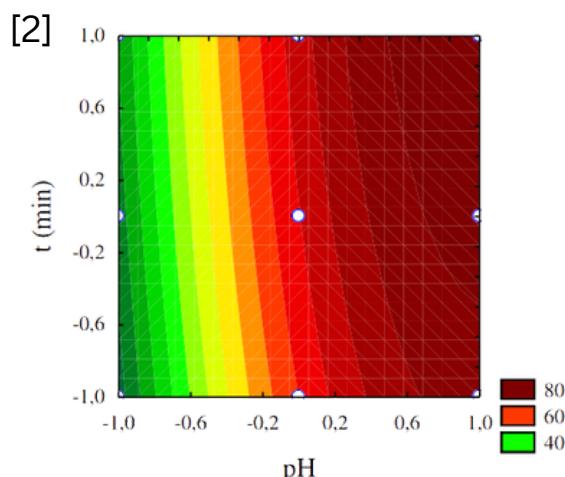
A concentração de proteínas do extrato foi determinada pelo método de Bradford.

Principais resultados

O pH mostra-se um fator de grande relevância para essa investigação, pois observou-se que, quanto maior o pH, maior é a quantidade de proteínas extraídas.



Mesmo com temperaturas diferentes, essa tendência se preservou, mostrando que a temperatura não foi um fator determinante para a quantidade de proteína extraída. A análise por metodologia de superfície de resposta (MSR) [2] confirmou que o pH foi o fator mais significativo para maximização da extração.



A pesquisa demonstra que em relação ao tempo de extração, nota-se apenas um leve aumento na quantidade de proteínas obtidas com tempos mais longos, principalmente a 10 e 25 °C. Contudo, em 40 °C, esse efeito foi mais evidente, especialmente quando combinado com pH 10, o que indica que o tempo pode interagir com outros fatores, como, por exemplo, temperatura e pH.

Sob a ótica da proporção, o estudo mostrou que a recuperação de proteínas solúveis aumenta quando há maior volume de solução em relação à massa de farinha (proporção 1:30), ou seja, quanto menor a concentração de sólido no meio, maior a quantidade de proteínas extraídas.

Os resultados apresentados indicam que parâmetros como a temperatura e outros fatores operacionais avaliados não exercearam influência significativa sobre o rendimento de extração proteica da soja nas condições específicas dos ensaios realizados. É importante destacar que essa ausência de efeito está diretamente relacionada às faixas experimentais testadas e não deve ser extrapolada para condições distintas das aqui investigadas. Dessa forma, os achados reforçam a necessidade de considerar cuidadosamente o delineamento experimental ao interpretar a contribuição de cada variável no processo de extração.

A pesquisa destaca a importância de se considerar a sustentabilidade no processo de extração, com a possibilidade de utilizar solventes menos agressivos e técnicas que minimizem o consumo de energia.

Relevância para a Indústria e Pesquisas Futuras

Entender como pH, tempo e proporção sólido/líquido influenciam a extração de proteínas da soja é importante para a indústria, pois ajuda a otimizar o processo, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos. Para pesquisas futuras, é importante criar modelos que expliquem melhor a extração e estudar métodos que aumentem a recuperação de proteína mantendo o valor nutricional e a segurança dos alimentos.



Quiz

1. Qual foi o objetivo principal da pesquisa de Larissa Nunes Sousa sobre proteínas de soja?

- a) Descobrir novos usos do óleo de soja
- b) Identificar as melhores condições experimentais para maximizar o rendimento proteico
- c) Criar novos alimentos industrializados à base de soja
- d) Estudar apenas a composição química da soja

Resposta: letra b

2. Quais fatores foram investigados como influenciadores na extração de proteínas da soja?

- a) Pressão, volume e corante
- b) PH, temperatura, tempo e proporção
- c) Umidade, textura e embalagem
- d) Velocidade de agitação e tipo de solvente

Resposta: letra b

3. O método de Bradford permite identificar o quê?

- a) O sabor das proteínas da soja
- b) A cor natural da soja
- c) A quantidade de proteína presente
- d) O teor de óleo residual na soja

Resposta: letra c

4. A metodologia de superfície de resposta (RSM) possibilita:

- a) Produzir corantes alimentícios
- b) Avaliar o efeito de diferentes variáveis sobre o rendimento da extração
- c) Melhorar a qualidade do óleo de soja
- d) Substituir proteínas animais por soja

Resposta: letra b

SAIBA MAIS

- A autora deste TCC, **Larissa Nunes Sousa**, desenvolveu este trabalho sob orientação da Profª Dra. Alexandra Martins dos Santos Soares, que desenvolve projetos científicos e tecnológicos nas áreas de bioquímica e bioinformática.

REFERÊNCIAS

[1]INAS – National Institute for Aerospace Research “Elie Carafoli”. **ANSYS Platform – DesignXplorer**. Disponível em: <https://www.inas.ro/en/ansys-platform-designxplorer>. Acesso em: 29 de agosto de 2025

[2]SOUSA, Larissa Nunes. **Investigação dos fatores que influenciam na extração de proteínas de sementes de soja**. 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, São Luís, 2019

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/agro-em-dados/agricultura/soja>. Acesso em: 6 de setembro de 2025.

*Demais ilustrações e fotos foram retirados do Canva (<https://www.canva.com>) em 2025.

MISSÃO GIRASSOL

Estudo do processamento e caracterização físico-química do extrato hidrossolúvel de girassol

Alina Daniela Brito Ferreira,

Egressa do curso de Engenharia Química da UFMA

Trabalho de Conclusão de Curso orientada pela

Profa. Dra. Audirene Amorim Santana

Você é o protagonista.

Sua missão é desenvolver uma nova bebida vegetal a partir de sementes de girassol. Para isso, você foi selecionado por um grande laboratório de pesquisa e terá que tomar decisões importantes em cada etapa. Escolha com atenção, avance no jogo e mostre que é capaz de transformar conhecimento em inovação!

Etapa 1 – O Desafio.

Você inicia sua missão refletindo sobre a razão do projeto.

Por que pesquisar o leite de girassol?

- A** Porque é apenas uma curiosidade passageira sem aplicação prática.
- B** A crescente demanda por bebidas vegetais se deve à intolerância à lactose, preocupações ambientais e éticas, além da necessidade de caracterização físico-química para garantir seu uso seguro e eficiente.



Etapa 2 – A Matéria-Prima.

Você recebe sementes de girassol sem casca, armazenadas sob refrigeração.

Qual é o primeiro cuidado para padronizar a amostra?

- A** Triturar para aumentar área superficial e homogeneizar antes das análises.
- B** Usar sementes inteiras, de tamanhos variados, sem preparo.



Etapa 3 – O Processamento.

Você precisa preparar o extrato hidrossolúvel em diferentes proporções (1:5, 1:10, 1:15 e 1:20). Qual sequência descreve melhor o processo?

- A** Lavar as sementes → Triturar com água nas proporções corretas (1:5, 1:10, 1:15 e 1:20) → Filtrar para remover os resíduos sólidos → Aquecer a 90 °C por 15 minutos para pasteurizar → Homogeneizar novamente → Refrigerar o extrato.
- B** Torrar fortemente → Triturar a seco → Aquecer até ferver por horas.



Etapa 4 - A Caracterização.

Chegou a hora de analisar seu produto no laboratório.

Quais análises e métodos estão corretos?

- A** Medir umidade e extrato seco (na estufa), determinar cinzas (na mufla), extrair lipídeos (Soxhlet/hexano), identificar proteínas (método Kjeldahl + fator vegetal), calcular carboidratos e também medir pH, densidade e condutividade

- B** Apenas medir a cor a olho.



Etapa 5 – Resultados e Comparações.

Os dados estão prontos. Agora você observa os efeitos da diluição e compara com outras bebidas.

O que se conclui?

- Ⓐ Aumentar a diluição reduz extrato seco, proteínas, cinzas e condutividade; aumenta umidade, pH e densidade. Além disso, na formulação 1:20, o teor proteico é inferior ao de soja e leite bovino integral.
- Ⓑ Não há diferença entre concentrações e a proteína é sempre maior que a da soja.



Etapa 6 – Decisão Final

Você pensa no futuro do projeto. Qual caminho seguir?

Qual decisão é mais promissora?

- Ⓐ Otimizar moagem, filtração, padronizar pré-tratamentos, avaliar fortificação e estabilidade físico-química.
- Ⓑ Encerrar o estudo após esse primeiro teste.



VOCÊ SABIA?

- “
- A autora deste TCC, **Alina Daniela Brito Ferreira**, desenvolveu este trabalho sob orientação da **Prof.^a Dr^a. Audirene Amorim Santana**, que atua com microencapsulação, biofilmes, aproveitamento de resíduos agroindustriais, desidratação de alimentos e modelagem de processos.
 - Além disso, o estudo contou com o apoio dos seguintes laboratórios da UFMA: Laboratório de Engenharia de Produtos e Processos em Biorrecursos, Laboratório de Tecnologia e Pescado, Laboratório de Pesquisa e Aplicação de Óleos Essenciais e Laboratório de Processos Químicos.

GLOSSÁRIO

1. **Extrato hidrossolúvel:** bebida obtida por Trituração das sementes com água e posterior filtração.
2. **Extrato seco:** fração não-aquosa da amostra; 100% – umidade.
3. **Kjeldahl:** método para determinar nitrogênio total, convertido em proteína por fator (vegetal).
4. **Soxhlet:** extração contínua para medir lipídeos.
5. **Condutividade:** indica presença de íons dissolvidos; útil para comparar formulações.
6. **Cinzas:** Resíduos minerais que permanecem após a queima completa de um alimento; indicam o teor de minerais presentes.

GABARITO

Etapa 1: B - O estudo é motivado pela demanda crescente por bebidas vegetais e a importância de caracterizar suas propriedades.

Etapa 2: A - Triturar padroniza a amostra e garante reprodutibilidade.

Etapa 3: A – O fluxo correto envolve hidratar, tritura com água, filtrar, envasar e refrigerar.

Etapa 4 – A – As análises seguem metodologias oficiais (estufa, mufla, Soxhlet, Kjeldahl etc.).

Etapa 5 – A – A diluição reduz nutrientes, e a proteína na formulação 1:20 é inferior à da soja e leite bovino.

Etapa 6 – A – Avançar na pesquisa é o passo mais promissor para desenvolver um produto ,
estável e nutritivo.

Missão Cumprida!



Você aplicou com sucesso o modelo do TCC sobre o extrato hidrossolúvel de girassol. As análises físico-químicas revelaram o comportamento das diferentes diluições, mostrando como controlar proteínas, extrato seco, pH, densidade e condutividade de forma eficiente. O processamento padronizado e as estratégias propostas evitaram falhas e abriram caminho para futuras inovações.

Com base em ciência, engenharia e inovação, você transformou simples sementes em um produto vegetal promissor.

REFERÊNCIAS

*ilustrações e fotos foram retirados do Canva (<https://www.canva.com>) em 2025.

MICROALGAS: O COMBUSTÍVEL VERDE DO FUTURO

Simulação do processo de combustão da biomassa residual de microalgas para avaliação do seu uso em um sistema de cogeração de energia.

Saulo de Sousa Silva

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo

Prof. Dr. Jaiver Efren Jaimes Figueiroa

Você é o protagonista.

As termelétricas a carvão estão sendo desligadas e a população precisa de uma nova fonte de energia!

Mas nem tudo está perdido. Um antigo TCC da UFMA pode conter a solução.

Sua missão: **aplicar esse conhecimento para garantir luz e calor para milhares de pessoas.**

Boa sorte, agente da engenharia!

Etapa 1 – Você precisa decidir qual matéria-prima vai alimentar o sistema de geração de energia.

A As microalgas Chlorella sp. residuais são ideais porque crescem rapidamente, não competem com alimentos e ainda ajudam a reduzir o CO₂ da atmosfera.

B Devemos usá-las apenas porque têm aparência “verde” e soam bem no marketing ambiental.



Etapa 2 – Agora é hora de escolher como converter essa biomassa em energia.

A Secar a biomassa ao sol e queimar em fogueiras improvisadas deve ser suficiente para gerar energia.

B A combustão direta da biomassa residual, associada a um ciclo Rankine (onde o calor gera vapor para mover turbinas), é a opção mais adequada.



Etapa 3 – Por fim, precisamos verificar se essa biomassa tem capacidade prática de sustentar a geração de energia.

A O resíduo de microalgas pode fornecer aproximadamente 307,44 kWh para cada tonelada, o que é considerado um valor relevante.

B A biomassa não gera energia significativa e não serve para cogeração.

Etapa 4 – Agora, avaliaremos o Controle de Emissões Gasosas do processo. Durante os testes de excesso de ar, observou-se:

- **Coeficiente < 1,0:** combustão incompleta, alta produção de CO.
- **Coeficiente muito alto (> 2,0):** queda na temperatura devido ao excesso de oxigênio não reagido.

Qual raciocínio levou à escolha do coeficiente de excesso de ar 1,7 como ideal?

A Porque minimiza o consumo de ar, reduzindo custos operacionais.

B Porque garante combustão completa, com temperatura (~1300 °C) suficiente para estabilidade do processo, reduzindo simultaneamente CO e NOx.

Etapa 5 – Cogeração (Ciclo Rankine): O sistema de cogeração usou os gases quentes da combustão para gerar vapor e mover turbinas.

Qual seria a principal desvantagem de não utilizar cogeração neste sistema?

A Grande parte da energia da biomassa seria desperdiçada como calor, reduzindo a eficiência global do processo.

B As cinzas não seriam formadas, comprometendo a estabilidade do processo.



Etapa 6 – Você finalmente chegou à última etapa: A Avaliação Final.

Boa sorte!

O sistema gerou cerca de 307,44 kWh/ton de biomassa.

Se uma usina utilizar 10 toneladas/dia dessa biomassa residual, qual a energia elétrica diária estimada?

A Aproximadamente 3074 kWh/dia.

B Aproximadamente 307 kWh/dia.



VOCÊ SABIA?

- “ • **Saulo de Sousa Silva**, autor deste TCC, formou-se em **Engenharia Química** na Universidade Federal do Maranhão no ano de 2021.
- O trabalho foi orientado pelo professor **Dr. Jaiver Efren Jaimes Figueroa**, que possui experiência profissional nas áreas de cinética e cálculo de reatores e biorreatores químicos, operações unitárias, simulação, otimização e desenvolvimento de processos químicos.

”

GLOSSÁRIO

1. **Biomassa:** É a matéria orgânica de origem vegetal e animal, incluindo resíduos agrícolas, florestais, e efluentes, que pode ser convertida em diversas formas de energia.
2. **Ciclo Rankine:** É um processo contínuo de aquecimento e resfriamento de um fluido de trabalho (geralmente água) para converter energia térmica em energia mecânica, e consequentemente, em energia elétrica.
3. **Cogeração de energia:** É a produção simultânea de energia térmica e mecânica a partir de uma única fonte de energia primária.
4. **Microalgas:** São microrganismos fotossintetizantes unicelulares, aquáticos, que vivem em ambientes de água doce e salgada.
5. **Software Aspen Plus:** É um software de simulação de processos químicos amplamente utilizado na indústria. Ele permite que os engenheiros de processos simulem e optimizem processos químicos complexos em um ambiente virtual.

GABARITO

Etapa 1 –

Resposta correta: A - As microalgas Chlorella sp. residuais são ideais porque crescem rapidamente, não competem com alimentos e ainda ajudam a reduzir o CO₂ da atmosfera.

Explicação: Microalgas são fontes renováveis, não ocupam terras agrícolas e capturam CO₂ durante o cultivo. Por isso elas são uma alternativa energética real, não apenas simbólica.

Etapa 2 –

Resposta correta: B - A combustão direta da biomassa residual, associada a um ciclo Rankine (onde o calor gera vapor para mover turbinas), é a opção mais adequada.

Explicação: A cogeração exige eficiência e controle. No modelo estudado, a biomassa passa por combustão em condições otimizadas e o calor liberado é aproveitado para gerar vapor e eletricidade. Isso é muito mais seguro e produtivo do que uma queima rudimentar.

Etapa 5 –

Resposta correta: A - Grande parte da energia da biomassa seria desperdiçada como calor, reduzindo a eficiência global do processo.

Explicação: A cogeração é essencial para aproveitar o calor residual e transformar em eletricidade. Sem ela, a eficiência energética cairia drasticamente.

Missão Cumprida!



Você aplicou com sucesso o modelo do TCC de 2021.

A cidade agora brilha com energia limpa e o futuro é verde.

Graças às escolhas corretas, a cidade litorânea conseguiu substituir as termelétricas a carvão pela cogeração com biomassa residual de microalgas. A população agora vive uma nova era sustentável, mostrando que ciência e engenharia podem transformar resíduos em energia limpa e em esperança para o futuro.

Você provou que até um trabalho de graduação pode transformar o mundo.

Parabéns. Agora você é oficialmente Pesquisadora Estratégica da Defesa Ambiental Nacional.

Etapa 3 –

Resposta correta: A - O resíduo de microalgas pode fornecer aproximadamente 307,44 kWh para cada tonelada, o que é considerado um valor relevante.

Explicação: A simulação mostrou que a biomassa residual tem potencial real de produção de energia, sendo capaz de suprir parte da demanda elétrica e térmica de forma sustentável.

Etapa 4 –

Resposta correta: B - Porque garante combustão completa, com temperatura (~1300 °C) suficiente para estabilidade do processo, reduzindo simultaneamente CO e NOx.

Explicação: O ponto ótimo é fruto de um equilíbrio: temperatura adequada + baixo nível de poluentes. Foi determinado que 1,7 era o melhor valor para evitar CO e manter NOx em níveis controlados.

Etapa 6 –

Resposta correta: A - Aproximadamente 3074 kWh/dia.

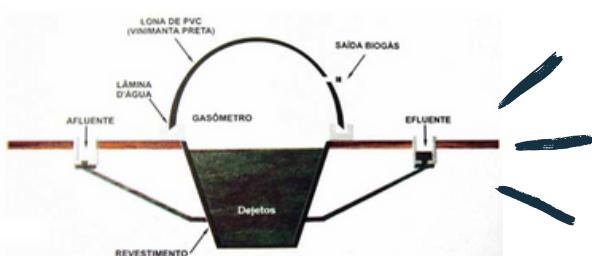
Explicação: O valor deve ser escalonado: $307,44 \times 10 = 3074 \text{ kWh/dia}$. Isso mostra o potencial real de aproveitamento energético da biomassa residual.

DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTOR ANAERÓBIO PARA GERAÇÃO DE BIOGÁS

A autora foi motivada pela busca de fontes inovadoras de energia renovável para reduzir a emissão de gases poluentes. O trabalho também visou minimizar o desperdício de alimentos no restaurante universitário da UFMA. Para isso, realizou-se o dimensionamento de um biodigestor anaeróbio capaz de gerar biogás a partir desses resíduos.

EQUIPAMENTOS E ADITIVOS UTILIZADOS

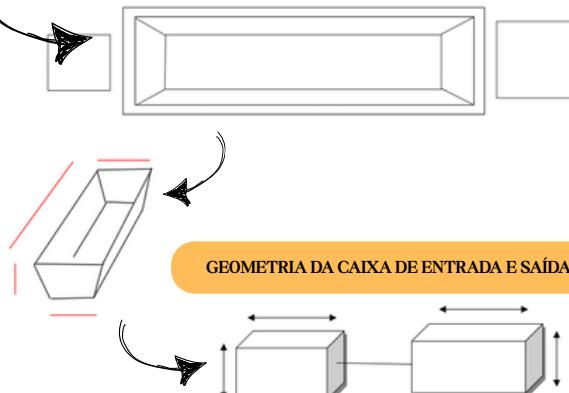
A produção de biogás acontece no biodigestor, onde os resíduos orgânicos são decompostos por microrganismos na ausência de oxigênio.



O funcionamento do biodigestor pode ser otimizado com equipamentos auxiliares, como sistemas de agitação, tubulações, válvulas, gasômetros para armazenar o biogás e, em alguns casos, sistemas de aquecimento que mantêm a temperatura ideal.

Além disso, aditivos como nitrogênio e fósforo, que nutrem as bactérias, materiais alcalinos para regular o pH e enzimas ou inoculantes que aceleram a decomposição, ajudam a manter o equilíbrio do processo, garantindo que os resíduos se transformem em biogás como fonte limpa e renovável de energia.

MODELO DE CAIXA BIODIGESTORA



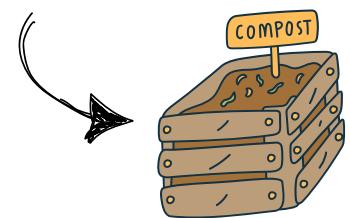
MATERIAL PRODUZIDO

O biogás é o principal produto do processo de biodigestão e é formado principalmente por metano e dióxido de carbono.



Graças ao metano, que possui alto poder energético, pode-se ser utilizado para gerar eletricidade, calor, cozinhar alimentos ou até como combustível veicular após purificação.

Além dele, o processo também gera o biofertilizante, um subproduto líquido rico em nutrientes que pode ser aplicado na agricultura como adubo natural.



AMOSTRA DE RESÍDUO ALIMENTAR BRUTO PARA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO QUÍMICA



RESÍDUO ALIMENTAR BRUTO



AMOSTRA NO LABORATÓRIO



AMOSTRA TRITURADA

ETAPAS DO DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR

1. Definição da Fonte e Quantidade de Resíduo:

- **Fonte:** Resíduos alimentares do Restaurante Universitário da UFMA.
- **Quantidade:** 450 kg/dia.

2. Definição das Condições de Operação do Biodigestor:

- **Modelo:** Tubular.
- **Tipo de Digestão:** Úmida.
- **Temperatura:** Mesofílica ($\sim 37^{\circ}\text{C}$).
- **Alimentação:** Semicontínua.
- **Tempo de Retenção Hidráulica (TRH):** 30 dias.

3. Cálculo do Volume da Câmara do Biodigestor:

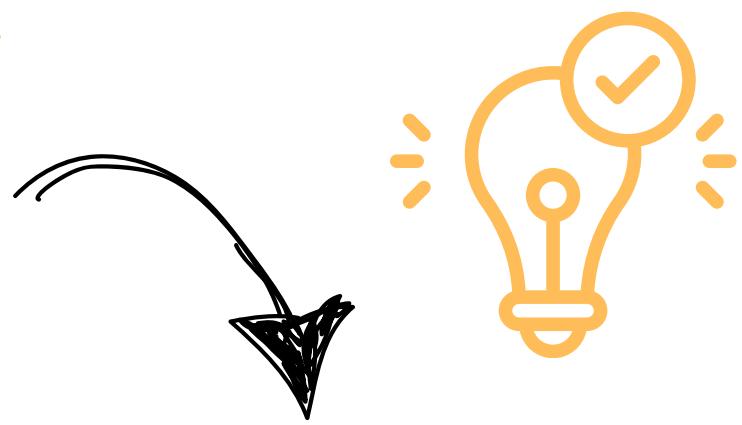
- **Volume Calculado:** 18,26 m³.
- **Volume Final (com segurança): Acrédito de 30% sobre o volume calculado.**

4. Dimensionamento do Gasômetro:

- **Capacidade:** Metade do volume útil do biodigestor.
- **Objetivo:** Garantir o armazenamento do biogás produzido.

5. Dimensionamento das Caixas de Entrada e Saída:

- **Critério:** Proporcionalidade à carga diária de resíduos.
- **Objetivo:** Assegurar a operação contínua do sistema.

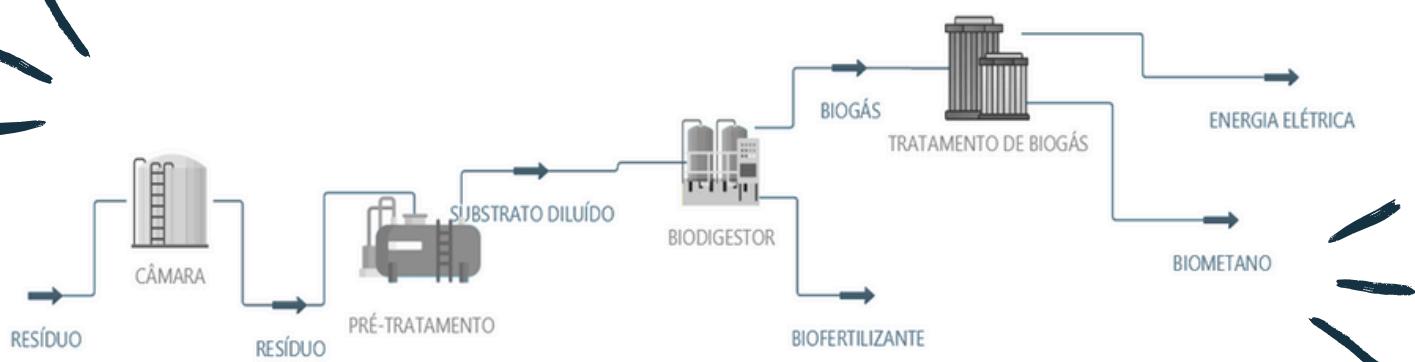


Os resultados obtidos demonstraram benefícios ambientais e econômicos. Produção mensal de 528 m³ de biogás, possibilitando aproveitamento energético de 2.185,62 kWh/mês, a partir de 450 kg de resíduos orgânicos processados diariamente gerando 0,83 m³ diários de substrato com volume da câmara de biodigestão em 18,26 m³.

Economicamente, o projeto apresenta um fluxo de caixa anual de R\$ 53.793,72, com investimento inicial de R\$ 110.000,00, garantindo retorno em 2,84 anos, o que o torna rentável.



FLUXOGRAMA DA PLANTA DE BIOGÁS INSTALADA NO CAMPUS



DO COCO BABAÇU À ENERGIA LIMPA: A JORNADA DO SYNGAS

Desvendando o potencial do mesocarpo do babaçu na produção de gás de síntese via gaseificação

Lucas Yago Pereira Mendes

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo

Prof. Dr. Jaiver Efren Jaimes Figueroa

Início da Jornada...

Nossa jornada se inicia no interior do Maranhão, um estado que pulsa com a cultura do babaçu. Muitas famílias ainda obtêm seu sustento através da amendoa desse fruto, que é extraída e vendida para a produção de diversos produtos. Porém cerca de 90% do fruto ainda é considerado resíduo.



Buscando alternativas para geração de energia limpa, o jovem pesquisador Lucas Yago viu nesse fruto uma chance de transformar, o que é considerado resíduo, em uma nova fonte de energia.

Montando o desafio...

Então Lucas foi atrás de orientação para descobrir como vencer este desafio. Logo encontra seu mentor, o Professor Dr. Jaiver que ajuda o nosso herói a descobrir o melhor caminho.

Como não poderiam testar em um laboratório físico, a solução que encontraram juntos foi simular todo o processo no computador, utilizando um software chamado de Aspen Plus®.



Ele iria navegar pelo digital até encontrar as condições perfeitas para finalmente conseguir o grande tesouro: o Syngas.

O syngas é uma mistura composta por uma mistura de gases, onde os principais componentes são: monóxido de carbono e hidrogênio.

Utilizando um processo chamado de gaseificação ele teria que definir três parâmetros para que sua jornada fosse bem sucedida:

1. Temperatura:

Que temperatura ele deveria utilizar? 800°, 900°, 1000°?

2. Oxigênio:

O quanto de ar ele deveria injetar no processo?

3. Vapor:

Se adicionar vapor ajudaria a produzir mais energia?

Após tantos questionamentos conseguiu montar uma metodologia em três etapas para testar todo o processo:

ETAPAS DO PROCESSO

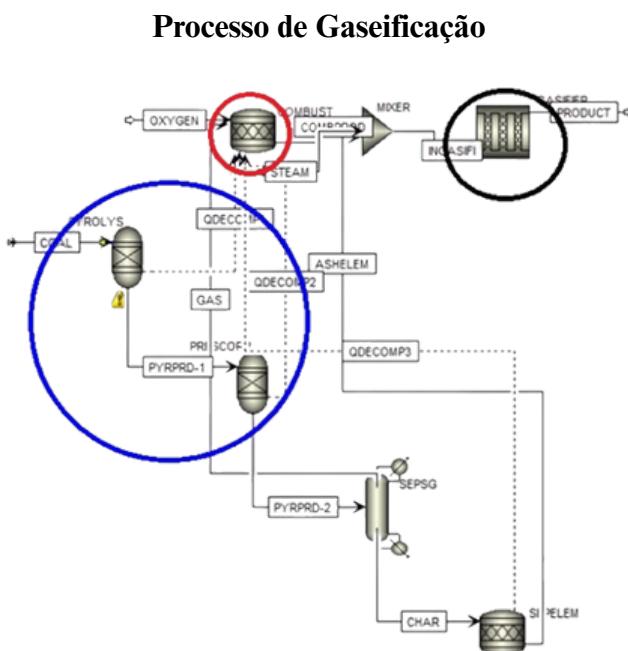
- 1 • Fixar temperatura;
- Variar o parâmetro ER (Razão de equivalência);
- Determinar a quantidade mássica de O₂;
- Simular o processo.

- 2 • Modificar Temperatura;
- Repetir o procedimento anterior.

- 3 • Determinar a condição ideal de operação.

Na simulação, configurou o sistema para operar em pressão atmosférica (1 atm), e começou a variar a temperatura de gaseificação de 800 °C a 1000 °C.

Todo o processo está descrito na imagem a seguir:



As etapas circuladas nas cores preto, vermelho e azul são onde ocorrem os seguintes processos:

Pirólise da biomassa

Combustão

Gaseificação

Lucas ainda precisava determinar a quantidade mássica de syngas que foi gerado durante a simulação para que pudesse comparar com outras biomassas e verificar a eficiência e viabilidade do processo.

Então determinou um parâmetro, que chamou de parâmetro "Z".

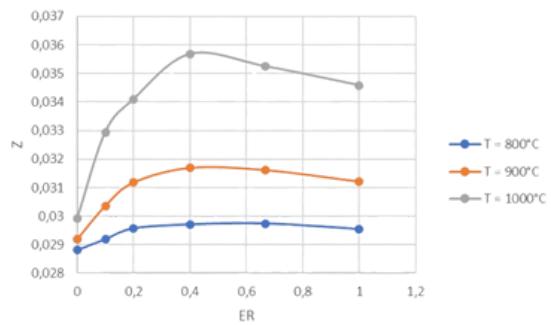
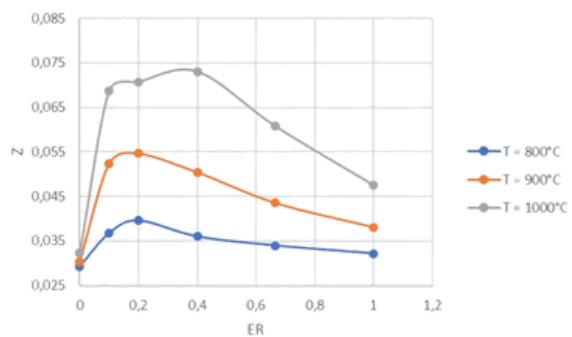
Parâmetro “Z”

De forma mais simples o parâmetro “Z” é como uma medida utilizada para saber quanto de gás de síntese (syngas) foi gerado. Definido pela realação;

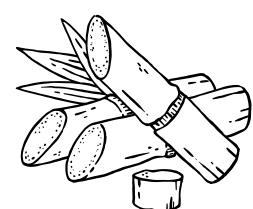
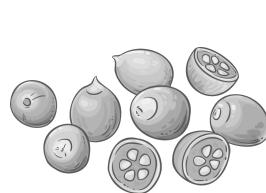
$$\frac{\text{massa de gás de síntese obtida}}{\text{massa de biomassa adicionada na entrada}}$$

$$\text{do processo}$$

Os resultados podem ser observados nos gráficos 1 e 2 que relacionam o parâmetro Z com ER considerando dois valores para SB.



Ao simular a etapa de gaseificação em um sistema adiabático, o valor de 'Z' para o babaçu saltou para 38% aproximando-se dos valores da literatura, o que também demonstrou o potencial energético do mesocarpo do babaçu em comparação à cana-de-açúcar que apresenta uma porcentagem de 37,5%.



Concluindo o desafio...

Nosso autor finalmente encontrou as condições ideais: a temperatura de 1000°C se mostrou a mais eficiente, com ausência de vapor (SB=0) e uma quantidade precisa e limitada de oxigênio (ER=0,4).



Nessas condições, finalmente seria possível produzir um gás de síntese de qualidade, capaz de gerar energia limpa e sustentável. Isso significa transformar o coco babaçu em um recurso de enorme potencial energético, trazendo novas perspectivas para o futuro. A jornada do nosso herói termina aqui, mas a nossa apenas começa. Afinal, ainda há muito a explorar quando o assunto é energia limpa e renovável. E aí, vamos juntos nessa caminhada? O babaçu já mostrou sua força — agora é com a gente dar os próximos passos e transformar conhecimento em mudança de verdade.

SAIBA MAIS!

- O storytelling “Do coco babaçu à energia limpa: a jornada do syngas” é baseado no trabalho de conclusão de curso de Lucas Yago Pereira Mendes, com o tema “GASEIFICAÇÃO DE MESOCARPO DE BABAÇU EM REATOR DOWNDRAFT: SIMULAÇÃO DE PROCESSO USANDO ASPEN PLUS®”, publicado em janeiro de 2022, sob a orientação do Prof. Dr. Jaiver Efren Jaimes Figueiroa, docente da UFMA.
- Você também pode acessar outros trabalhos relacionados para conhecer ainda mais sobre o potencial energético do babaçu no portal da Biblioteca Digital da UFMA.

BIOPOLÍMERO^S DA JUÇARA E BABAÇU: PLÁSTICOS SUSTENTÁVEIS

Análise da Incorporação de Microfibras do Endocarpo de Juçara em Biopolímeros de Alginato e Mesocarpo de Coco Babaçu

Gustavo Augusto Silva Santos

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pela

Profa. Dra. Audirene Amorim Santana

Você é o protagonista.

O planeta enfrenta uma crise com o excesso de plásticos derivados do petróleo.

Se nada for feito, o acúmulo de resíduos não biodegradáveis continuará ameaçando a saúde humana e ambiental.

Mas nem tudo está perdido. Um TCC da UFMA pode indicar o caminho.

Sua missão: aplicar o conhecimento científico para desenvolver filmes biopoliméricos inovadores.

Boa sorte, agente da engenharia!

Etapa 1 – O Diagnóstico

Você analisa os plásticos convencionais.

O que descobre?

- Ⓐ Eles são baratos e inofensivos.
- Ⓑ Eles geram sérios impactos ambientais por não serem biodegradáveis.

Etapa 2 – A Solução Natural

Você busca novos materiais e encontra os biopolímeros.

Por que eles são ideais?

- Ⓐ São biodegradáveis e podem ser obtidos de recursos renováveis.
- Ⓑ São feitos de petróleo mais puro.

Etapa 3 – O Reforço das Fibras

Você precisa melhorar as propriedades mecânicas dos biofilmes.

O que escolher?

- Ⓐ Microfibras do endocarpo da juçara.
- Ⓑ Mais água para deixar o filme flexível.

Etapa 4 – O Planejamento Experimental

Para testar diferentes combinações, qual método usar?

- Ⓐ Misturar aleatoriamente até dar certo.
- Ⓑ DCCR: Delineamento Composto Central Rotacional.

Etapa 5 – A Reticulação

Os filmes ainda estão frágeis. O que fazer?

- Ⓐ Usar cloreto de cálcio para promover ligações cruzadas.
- Ⓑ Apenas deixar secar ao sol.

Etapa 6 – A Validação Científica

Como verificar se os biopolímeros realmente funcionam?

- Ⓐ Comparando as propriedades físicas-químicas, mecânicas e termodinâmicas.
- Ⓑ Apenas observando a cor do filme.

VOCÊ SABIA?

- O autor deste TCC, **Gustavo Augusto Silva Santos**, atualmente trabalha como **Engenheiro de Processos Sênior** na **Cargill** com foco na produção de Biodiesel e Óleo de Soja.
- O projeto foi orientado pela **doutora Audirene Amorim Santana**, que atua como **Professora Adjunta C** do Curso de Engenharia Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, **Universidade Federal do Maranhão**. É também doutora em Engenharia Agrícola/Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (2013), Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (2010) e Engenheira de Alimentos pela Universidade Federal do Tocantins (2007).
- O TCC usou resíduos abundantes no Maranhão, como o mesocarpo do coco babaçu e as fibras da juçara, que normalmente seriam **descartados**.

“ ”

GLOSSÁRIO

1. **Alginato de sódio** – Polissacarídeo extraído de algas marrons, usado na produção de filmes por sua capacidade de formar géis.
2. **Biopolímeros** – Polímeros de origem natural, geralmente biodegradáveis, obtidos de fontes renováveis como algas, plantas e microrganismos.
3. **Cinética de secagem** – Estudo da velocidade e do comportamento da perda de água dos filmes durante o processo de secagem.
4. **DCCR (Delineamento Composto Central Rotacional)** – Método estatístico usado para planejar experimentos e estudar como diferentes variáveis influenciam as propriedades do material.
5. **Isotermas de dessorção** – Gráficos que mostram como os filmes interagem com a umidade em diferentes condições, importantes para prever estabilidade e conservação.
6. **Mesocarpo do coco babaçu** – Parte farinácea do fruto do babaçu.
7. **Microfibras do endocarpo da juçara** – Fibras lignocelulósicas obtidas do caroço da palmeira juçara, ricas em celulose e empregadas para aumentar a resistência mecânica dos filmes.
8. **Propriedades mecânicas** – Características relacionadas à resistência, como tensão de ruptura e elasticidade.
9. **Reticulação** – Processo em que íons, como o cálcio, criam ligações cruzadas entre cadeias poliméricas, tornando o material mais estável e menos solúvel.

GABARITO

Etapa 1 – O Diagnóstico

Resposta correta: B – Eles geram sérios impactos ambientais por não serem biodegradáveis.

Explicação: plásticos convencionais derivados do petróleo permanecem no ambiente por centenas de anos, causando poluição.

Etapa 2 – A Solução Natural

Resposta correta: A – São biodegradáveis e podem ser obtidos de recursos renováveis.

Explicação: biopolímeros como alginato e amido são alternativas sustentáveis, obtidas de fontes naturais e menos poluentes.

Etapa 3 – O Reforço das Fibras

Resposta correta: A – Microfibras do endocarpo da juçara.

Explicação: fibras lignocelulósicas aumentam a resistência mecânica e reduzem a solubilidade dos filmes biopoliméricos.

Etapa 4 – O Planejamento Experimental

Resposta correta: B – Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).

Explicação: o DCCR é um método estatístico que avalia como diferentes concentrações de alginato, mesocarpo e fibras afetam as propriedades do material.

Etapa 5 – A Reticulação

Resposta correta: A – Usar cloreto de cálcio para promover ligações cruzadas.

Explicação: a reticulação iônica com Ca^{2+} cria uma rede polimérica estável, tornando os filmes menos solúveis e mais resistentes.

Etapa 6 – A Validação Científica

Resposta correta: A – Comparando propriedades físico-químicas, mecânicas e termodinâmicas.

Explicação: testes como solubilidade, permeabilidade, resistência à tração, secagem e isotermas de dessorção comprovam a eficácia dos biopolímeros.

Missão Cumprida! 

Você aplicou com sucesso o modelo do TCC de 2022.

Os filmes biopoliméricos apresentaram baixa solubilidade, boa resistência mecânica e potencial para uso em embalagens sustentáveis.

Com ciência, engenharia e inovação, você mostrou que até um TCC pode transformar o futuro dos materiais.

Parabéns, agora você é oficialmente Pesquisador Estratégico da Sustentabilidade Nacional.

PAPEL TISSUE E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA MARANHENSE

Papel Tissue

O papel tissue é um produto essencial no mercado de higiene, cuja fabricação requer controle rigoroso de propriedades como resistência úmida, maciez e gramatura, garantidas por processos químicos e mecânicos específicos.



Figura 1

Qual o objetivo do trabalho?

Avaliar a eficácia da Resina B* como alternativa à resina tradicional (Resina A*) na fábrica da Suzano S.A. (Unidade Imperatriz-MA), com foco em garantir a resistência úmida dentro dos limites (4–6 N/m) e manter a estabilidade operacional da máquina sem gerar refugo.

Preparo da massa

Desagregação

1 Transformar fibras (celulose virgem ou aparas recicladas) em uma suspensão homogênea, utilizando o Pulper* (tanque com rotor para desagregar fibras em água).

Refinação

2 Modificar fisicamente as fibras para aumentar a área superficial e melhorar as ligações entre elas. O refino causa o 'arrancamento' das camadas externas da fibra, formando microfibrilas que favorecem a formação de ligações.

Depuração

3 Remover impurezas (areia, plásticos, metais) da suspensão fibrosa, utilizando depuradores centrífugos ou verticais.

Aditivos químicos

4 Resinas de resistência úmida (ex: melamina-formaldeído)* são adicionadas para garantir que o papel não se desfaça quando molhado. Outros aditivos também utilizados são amaciantes, bactericidas, antiespumantes.

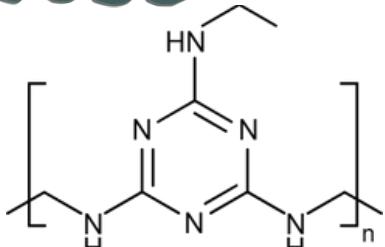


Figura 4

Carlos Kauan Miranda Matos

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA
Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo
Prof. Dr. Jaiver Efren Jaimes Figueroa

IMPORTÂNCIA DO PAPEL TISSUE

- O papel é um dos produtos mais consumidos globalmente, com aplicações em higiene, embalagens e outros setores.
- O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores mundiais, atendendo tanto o mercado interno quanto exportando para América Latina, EUA e Europa.
- Cerca de 5% da produção nacional é voltada para papel tissue (higiene pessoal), com crescimento de 16,5% em 2019 e 21% em 2022 (pós-pandemia).



RESINA B X RESINA A

- Resina A é o insumo principal, um PAE (Poliamida-Epicloridrina) convencional que funciona melhor entre pH 5 e 9 e possui uma dosagem de 0,5 kg para produção de 1 tonelada;
- Resina B é um PAE modificado, projetada para ser compatível com o sistema Suzano, utilizado como insumo reserva e possui a dosagem de 0,71kg/ton;

Máquinários e aditivos utilizados



Figura 2



Figura 3

PULPER*

Responsável pela degradação inicial das fibras da celulose. Transforma fibras compactadas em uma suspensão homogênea de fibras em água, chamada de "polpa" ou "massa".

DEPURADOR CENTRÍFUGO*

Remove impurezas da suspensão de fibras, da "polpa" formada pelo pulper.

Utiliza força centrífuga para separar impurezas da polpa, aproveitando a diferença de densidade entre as fibras e os contaminantes. A polpa é alimentada tangencialmente no equipamento, criando um vórtice que concentra as impurezas nas paredes externas.

MELAMINA-FORMALDEÍDO*

Essa resina tem como principal função fortalecer as ligações entre as fibras de celulose quando o papel está molhado, evitando que ele se desfaça. A resina MF forma uma rede tridimensional que envolve as fibras, criando ligações covalentes (químicas) estáveis mesmo na presença de água.

MÁQUINA DE PAPEL TISSUE



A máquina de papel é o equipamento central na fabricação de papel tissue, responsável por transformar a polpa de fibras celulósicas em uma folha contínua, seca e pronta para enrolamento.



Figura 5

ETAPAS DA FORMAÇÃO DO PAPEL

- Formação da folha:** A polpa diluída (0,1–1% de fibras) é injetada na caixa de entrada e distribuída sobre uma tela formadora (em máquinas do tipo crescent former). A água começa a ser removida por drenagem gravitacional e vácuo, formando uma "folha úmida".
- Prensagem:** A folha úmida passa por rolos compressores (prensas) e caixas de vácuo, reduzindo a umidade de ~80% para ~60%. Os rolos de pressão aderem a folha ao cilindro Yankee* e reduzem mecanicamente o conteúdo de água.
- Secagem:** Elimina a água residual e consolida a folha. O Cilindro Yankee, aquecido internamente por vapor (120–150°C), remove água por condução e depois ocorre a crepagem, onde lâminas raspam a folha seca do Yankee, definindo maciez e textura.
- Enrolamento:** Forma bobinas para processamento posterior. A folha crepada é enrolada em bobinas de 2–3 m de diâmetro e sistemas automáticos (como SVECOM*) garantem troca contínua de bobinas sem parar a máquina.



CILINDRO YANKEE*

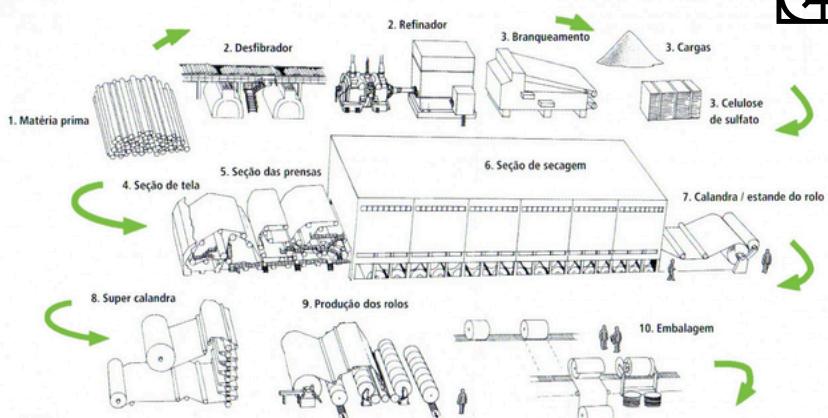
É um componente crítico em máquinas de papel tissue, responsável pela secagem rápida e uniforme da folha de papel, além de influenciar diretamente propriedades como maciez, resistência e crepagem.

Remove água da folha úmida, permite a raspagem controlada da folha seca, definindo a maciez e textura do tissue e usa vapor saturado para aquecer a superfície do cilindro.



Figura 6

SVECOM*
Smooth Web Exchange and Continuous Operation Machine



RESULTADOS OBTIDOS SOBRE A APLICAÇÃO DA RESINA B

Resistência úmida: 37 testes totais realizados com 32 amostras dentro do limite de 4 a 6 N/m, 1 abaixo de 4N/m e 4 acima de 6N/m. 86,5% de aproveitamento;

Estabilidade do processo: Zero refugo, não houve perda de produção devido à troca de resina. Máquina estável, sem paradas não programadas ou falhas operacionais;

Dosagem da Resina B: Dosagem inicial, para saturação do sistema, foi de 1,5 kg/ton e a dosagem média final foi de 0,71 kg/ton (42% maior que a Resina A, que usava 0,5 kg/ton).

pH da massa: A massa apresentou um pH estável de 7 a 7,5, ideal para resinas PAE;

Custo comparativo: A Resina B teve um custo de produção 34% maior que a Resina A;

CONCLUSÕES

Viabilidade técnica: A Resina B atendeu aos requisitos de resistência úmida, mas com maior variabilidade;

Custo-benefício: Apesar do custo mais alto, foi homologada como insumo reserva para evitar paradas por falta de matéria-prima;

Recomendação: Dosagem de 0,71 kg/ton é a ideal para manter a resistência entre 4–6 N/m;

! A Resina B não superou a Resina A em eficiência ou custo, mas foi aprovada como backup estratégico, garantindo continuidade produtiva. Sua maior dosagem e custo foram compensados pela flexibilidade operacional.

REFERÊNCIAS

Figura 1 - Papel tissue. Blog Blakin.

Explique o que é, tipos e principais usos do Papel Tissue. Disponível em: <<https://blog.klabin.com.br/-/papel-tissue>>. Acesso em: 2025.

Figura 2 - Pulper, Cellwood.

CELLWOOD. HC-pulper - Cellwood. Disponível em: <<https://cellwood.se/bioenergy/hc-pulper>>. Acesso em: 2025.

Figura 3 - Depurador centrífugo, SE-AMP.

Depuradores para Preparação de Massa - SE-AMP. Disponível em: <<https://se-amp.com.br/produto/equipamentos-para-preparacao-de-massa-depuradores>>. Acesso em: 2025

Figura 4 - Resina melamínica.

DOS. C. Resina melamínica. Disponível em: <https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Resina_melam%C3%A9nica>. Acesso em: 2025.

Figura 5 - Máquina de papel tissue, Hergen.

Papéis Tissue - Hergen. Disponível em: <<https://www.hergen.com.br/produtos/papeis-tissue/>>. Acesso em: 2025.

Figura 6 - Cilindro Yankee, Hergen.

Papéis Tissue - Hergen. Disponível em: <<https://www.hergen.com.br/produtos/papeis-tissue/>>. Acesso em: 30 set. 2025.

ÓLEOS NATURAIS CONTRA A CORROSÃO: A JORNADA DE UMA PESQUISA

Priscila Veloso Nogueira Soares

Egressa do curso de Engenharia Química da UFMA

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo

Prof. Dr. José Roberto Pereira Rodrigues

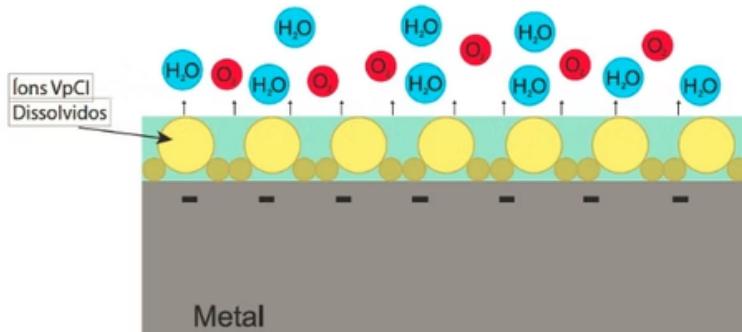
A corrosão é um inimigo silencioso. Invisível aos olhos no início, ela compromete estruturas, enfraquece metais e gera prejuízos bilionários todos os anos para as indústrias. Diante desse problema, uma jovem pesquisadora da Universidade Federal do Maranhão decidiu buscar uma solução diferente: recorrer à própria natureza.

Para responder a essa questão, a pesquisadora escolheu quatro óleos conhecidos tanto na cultura popular quanto na indústria: mamona, babaçu, eucalipto e citronela. Os ensaios foram realizados em laboratório, onde lâminas metálicas foram imersas em soluções salinas, com e sem a presença dos óleos, durante um período de 120 dias. A metodologia incluiu medições de perda de massa, taxa de corrosão e eficiência inibitória, revelando a performance de cada substância frente à degradação metálica.



Fonte: <https://blog.cybeleprovenzano.com.br/o-que-sao-oleos-essenciais-saiba-o-que-sao-e-como-usar/>

O babaçu também demonstrou efeito protetor significativo, enquanto o alumínio, já naturalmente resistente, manteve sua integridade em praticamente todas as condições.



Fonte: <https://www.aurhora.com.br/post/inibidores-de-corros%C3%A3o>

Os resultados foram surpreendentes. No cobre, o óleo de mamona apresentou desempenho excepcional, com eficiência de até 97,45%, quase eliminando a ação corrosiva.

Mais do que resultados numéricos, a pesquisa evidenciou algo essencial: é possível alinhar ciência, tecnologia e sustentabilidade. Os óleos naturais, além de acessíveis e biodegradáveis, podem reduzir o uso de inibidores sintéticos nocivos, oferecendo caminhos mais verdes para a proteção de equipamentos industriais.

VOCÊ SABIA?

- “ • Pesquisas recentes têm mostrado que óleos essenciais extraídos de plantas, como citronela, eucalipto e até chá-verde, podem proteger metais da corrosão com eficiências superiores a 90% em alguns casos. Isso acontece porque muitos desses óleos são ricos em compostos como terpenos e fenóis, que se adsorvem na superfície metálica e criam uma barreira natural contra o ataque corrosivo. Além de funcionarem bem, eles são biodegradáveis, atóxicos e muito mais baratos do que os inibidores químicos convencionais usados na indústria.

GLOSSÁRIO

”

1. **Corrosão:** Degradação de metais causada por reações químicas ou eletroquímicas com o ambiente.
2. **Óleos Naturais:** Substâncias extraídas de plantas, usadas como alternativa sustentável para reduzir a corrosão.
3. **Inibidor de Corrosão:** Composto que diminui ou impede a taxa de corrosão em metais.
4. **Eficiência Inibitória:** Percentual que indica o quanto eficaz é um inibidor em reduzir a corrosão.
5. **Mamona (Óleo de Mamona):** Planta cujo óleo mostrou alta eficiência (97,45%) no combate à corrosão.
6. **Soluções Salinas:** Meios aquosos com sais dissolvidos, usados em testes por acelerarem a corrosão.
7. **Sustentabilidade:** Prática de utilizar recursos que protejam o meio ambiente, oferecendo alternativas menos poluentes para a indústria.

ZEÓLITAS E MODELAGEM COMPUTACIONAL NA DEFESA AMBIENTAL

Dianderson Cristiano Monteiro Ferreira

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo

Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Vélez

Você é o protagonista.

Um vazamento de metais pesados ameaça o lençol freático de uma cidade.

Se não agir agora, milhares de moradores ficarão sem água potável.

Mas nem tudo está perdido. Um antigo TCC da UFMA pode conter a solução.

Sua missão: **aplicar esse conhecimento para salvar a cidade.**

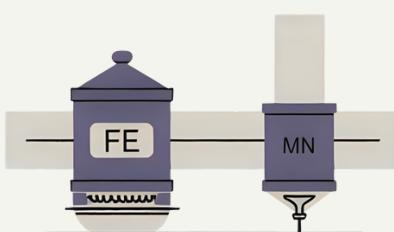
Boa sorte, agente da engenharia!

Etapa 1 – O Diagnóstico

Você analisa os efluentes industriais e percebe que os tratamentos atuais falham.

O que você descobre?

- A** O problema está só no custo do processo.
- B** Metais como Fe e Mn exigem tratamento complementar.



Etapa 2 – A Solução Porosa

Você estuda alternativas e encontra um material promissor: zeólitas.

Por que elas são ideais?

- A** Têm estrutura porosa e alta capacidade de troca iônica.
- B** São baratas e têm cheiro agradável.



Etapa 3 – O Sistema Ideal

Agora é hora de aplicar essa ideia.

Qual sistema você escolhe?

- A** Um tanque onde a água gira até os metais sumirem.
- B** Leito fixo em coluna com zeólita.

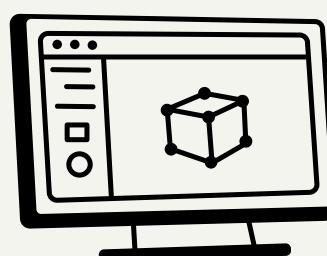


Etapa 4 – A Modelagem Computacional

Você decide simular o sistema antes de construí-lo.

Qual modelo você usa?

- A** Equações de entalpia, torcendo que funcione.
- B** Equações de balanço de massa + curva de ruptura.



Etapa 5 – Validação Científica

Antes de aplicar
em campo, você precisa verificar a confiabilidade do modelo.

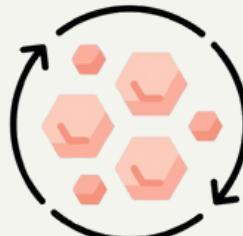
Como validar a simulação?

- A** Comparando com dados experimentais da literatura.
- B** Esperando o filtro falhar.

**Etapa 6 – Saturação e Regeneração**

O filtro já operou por dias e saturou. E agora? Como regenerar a zeólita?

- A** Usando solução de NaCl.
- B** Apenas lavando com água doce.

**Missão Cumprida!**

Você aplicou com sucesso o modelo do TCC de 2022.

O filtro com zeólita Watercell ZF-0410® reteve os metais com alta eficiência, e a **modelagem computacional** orientou todas as decisões, evitando perdas e erros.

Com base em ciência, engenharia e um pouco de coragem, você salvou uma cidade inteira.

E provou que até um trabalho de graduação pode transformar o mundo.

Parabéns. Agora você é oficialmente Pesquisadora Estratégica da Defesa Ambiental Nacional.

VOCÊ SABIA?

- O autor deste TCC, **Dianderson Cristiano Monteiro Ferreira**, realizou seu **mestrado em Química** pela UFMA, e atualmente está realizando seu **doutorado** na Universidade Federal de Uberlândia.
- O projeto foi orientado pelo doutor professor **Harvey Alexander Villa Vélez**, especialista em modelagem e simulação de processos, ultrassom de potência e transformação de biomassa lignocelulósica.
- O trabalho teve uma duração de **dois anos**, desde a idealização, até a execução deste.
- Foi necessário solicitar uma visita à **ALCOA** para ver como era depositado o resíduo de bauxita e solicitar uma amostra para a pesquisa.

”

GLOSSÁRIO

- 1. Zeólitas:** É um material poroso, natural ou sintético, que funciona como uma peneira molecular.
- 2. Leito fixo em coluna:** É um sistema onde um fluido passa por um material sólido parado dentro de uma coluna.
- 3. Curva de ruptura:** Gráfico que indica o momento em que o filtro começa a perder eficiência por saturação.
- 4. Modelagem computacional:** Uso do computador para simular sistemas reais e prever comportamentos com base em equações.
- 5. Efluentes industriais:** Rejeitos líquidos de processos industriais, que precisam de tratamento.
- 6. Saturação:** Quando um material não consegue mais reter ou dissolver uma substância.
- 7. Regeneração:** processo de recuperar a capacidade de uso de um material já saturado.

GABARITO

Etapa 1 – O Diagnóstico

Resposta correta: B - Metais como Fe e Mn exigem tratamento complementar.

Explicação: O TCC mostra que métodos convencionais não removem completamente metais como ferro e manganês.

Etapa 2 – A Solução Porosa

Resposta correta: A - Têm estrutura porosa e alta capacidade de troca iônica.

Explicação: Zeólitas são minerais microporosos com alta seletividade, perfeitas para reter íons metálicos.

Etapa 3 – O Sistema Ideal

Resposta correta: B - Leito fixo em coluna com zeólita.

Explicação: No leito fixo, o efluente atravessa uma coluna estacionária, onde os íons metálicos são adsorvidos pela zeólita.

Etapa 4 – A Modelagem Computacional

Resposta correta: B - Equações de balanço de massa + curva de ruptura.

Explicação: A modelagem usa equações diferenciais baseadas na continuidade e permite prever o desempenho do filtro ao longo do tempo.

Etapa 5 – Validação Científica

Resposta correta: A - Comparando com dados experimentais da literatura.

Explicação: O modelo foi validado com os dados de Vistuba (2010), e as curvas simuladas seguiram a mesma tendência dos dados reais.

Etapa 6 – Saturação e Regeneração

Resposta correta: A - Usando solução de NaCl.

Explicação: A regeneração por troca iônica com NaCl recupera o material e permite reutilizá-lo, economizando recursos.

DO GLICEROL AO HIDROGÊNIO: ENERGIA LIMPA COM MODELAGEM

Uma pesquisa inovadora desvenda como um subproduto da indústria do biodiesel pode ser a chave para a produção de hidrogênio, o combustível do amanhã, através de uma tecnologia sustentável.

Endrew Richard Barros da Silva

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo

Prof. Dr. Antônio Carlos Daltro de Freitas

O Desafio do Século: Energia Limpa para um Planeta Saudável

A busca por fontes de energia limpas representa um dos principais desafios da atualidade. A queima de combustíveis fósseis resulta na poluição do ar e contribui para o agravamento das mudanças climáticas. Nesse contexto, o hidrogênio (H_2) emerge como uma alternativa promissora: ao ser utilizado como combustível, gera quase nenhuma emissão poluente, produzindo apenas água como subproduto. Além disso, o hidrogênio possui uma alta densidade energética. Contudo, a produção de hidrogênio de maneira sustentável e econômica ainda apresenta desafios significativos.

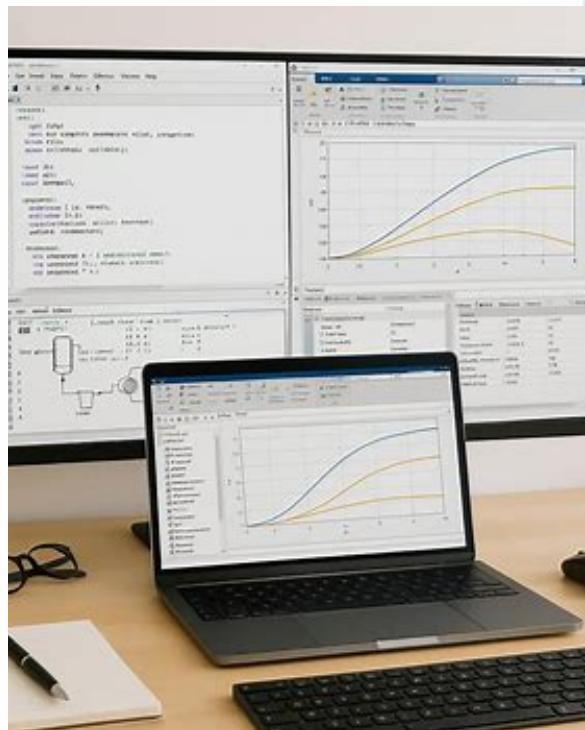


O POTENCIAL ESCONDIDO DO GLICEROL

Enquanto se busca a produção de hidrogênio, a indústria do biodiesel, um combustível renovável, gera um subproduto abundante e de baixo custo: o glicerol. Para cada 100 kg de biodiesel produzido, aproximadamente 10 kg de glicerol são gerados. A questão que se coloca é: como utilizar essa quantidade significativa de glicerol? A pesquisa conduzida por Endrew Richard Barros da Silva propõe uma solução inovadora: a conversão do glicerol em hidrogênio, através da Gaseificação com Água Supercrítica (SCWG).

O Segredo da Transformação

A chave para essa transformação reside na técnica de Gaseificação com Água Supercrítica (SCWG). A água, em seus estados líquido, sólido e gasoso, é amplamente conhecida. No entanto, existe um quarto estado, denominado supercrítico. Quando a água é aquecida a temperaturas superiores a 374°C e pressurizada acima de 22,1 MPa, ela atinge um estado supercrítico, no qual suas propriedades se tornam extraordinárias. Nesse estado, a água atua como um solvente potente, capaz de dissolver uma ampla gama de substâncias, incluindo o glicerol. As moléculas de água se tornam mais dinâmicas, facilitando reações químicas que permitem a "desmontagem" do glicerol e sua conversão em hidrogênio. Este processo é caracterizado por sua eficiência e sustentabilidade.



Simulação Computacional

Para otimizar o processo de gaseificação do glicerol, a pesquisa utilizou simulações computacionais, complementando os experimentos físicos. Softwares como GAMS, MATLAB e DWSIM permitiram modelar e analisar diversos cenários operacionais. Essa abordagem possibilitou a realização de milhares de simulações rapidamente, identificando as condições ideais de operação e prevendo o caminho mais eficiente para a reação. Assim, a simulação computacional se consolidou como uma estratégia fundamental para desenvolver soluções inovadoras e sustentáveis na produção de hidrogênio a partir do glicerol.

O Futuro Verde

A pesquisa realizada por Endrew Richard Barros da Silva representa um avanço importante na busca por um futuro energético mais limpo e sustentável. Ao demonstrar a viabilidade da gaseificação com água supercrítica do glicerol, este estudo transforma um resíduo industrial em uma fonte promissora de hidrogênio.

A utilização de simulações computacionais acelerou as descobertas e otimizou o processo, identificando condições ideais para a produção de hidrogênio em escala industrial. A escolha de uma composição de 10% de glicerol, aliada a condições específicas de pressão e temperatura, possibilita alta conversão da matéria-prima com consumo energético otimizado, tornando o processo economicamente viável e ambientalmente sustentável.

Embora a pesquisa continue em desenvolvimento, a inovação científica apresentada é fundamental para a descarbonização da economia. O glicerol, antes um subproduto, agora se destaca como uma solução sustentável.

REFERÊNCIA

*ilustrações e fotos foram retirados do Canva (<https://www.canva.com>) e em <https://share.google/images/vA42DnBahmxGo5kFy> em 2025

QUIZ

1. Qual é a técnica proposta para converter glicerol em hidrogênio?

- a) Fermentação anaeróbica
- b) Gaseificação com Água Supercrítica (SCWG)
- c) Destilação fracionada

Explicação: A pesquisa propõe usar a técnica de SCWG, que utiliza água em estado supercrítico para decompor o glicerol e gerar hidrogênio de forma eficiente e limpa. (letra B)

2. Quais softwares foram utilizados nas simulações computacionais do processo de gaseificação do glicerol?

- a) AutoCAD, Excel e Python
- b) GAMS, MATLAB e DWSIM
- c) Blender, Unity e Java

Explicação: Esses softwares são amplamente usados em engenharia química e modelagem de processos para simular reações e otimizar condições operacionais. (letra B)

3. Qual o papel da simulação computacional na pesquisa sobre gaseificação do glicerol?

- a) Criar imagens em 3D do processo
- b) Reduzir a poluição gerada pelo experimento
- c) Otimizar o processo e prever as melhores condições de operação

Explicação: As simulações permitiram testar rapidamente diferentes condições sem a necessidade de ensaios físicos, economizando tempo e recursos. (letra A)

4. Quais são os benefícios ambientais do uso do glicerol para produção de hidrogênio?

- a) Reaproveitamento de resíduo e redução de emissões
- b) Aumento da produção de CO₂
- c) Redução da umidade do solo

Explicação: Utilizar glicerol, que é um resíduo, evita desperdícios e possibilita gerar hidrogênio sem grandes impactos ambientais, reduzindo a pegada de carbono. (letra A)

CAPTURA DE CO₂: SIMULAÇÕES PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL

OBJETIVO:

obter dióxido de carbono puro que possa ser reutilizado e diminua o efeito estufa.



A pesquisa de Nathalia Cristina Ramos Lima visa desenvolver um processo eficiente de captura de CO₂ utilizando a tecnologia de Adsorção por Oscilação de Pressão (PSA). O foco é maximizar a pureza do CO₂ recuperado, permitindo sua reutilização em diversas aplicações, como na indústria química e na produção de combustíveis sintéticos.

A IMPORTÂNCIA DA CAPTURA DE CO₂

Com o aumento das emissões de gases de efeito estufa, a captura de CO₂ se torna uma estratégia crucial para mitigar as mudanças climáticas. O CO₂, quando liberado na atmosfera, contribui significativamente para o aquecimento global. Portanto, a pesquisa não apenas busca a eficiência na captura, mas também a viabilidade econômica e ambiental do processo.



AUTORAS:

NATHALIA CRISTINA
RAMOS LIMA

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Jaiver Efren
Jaimes Figueroa



IMPACTO AMBIENTAL

A implementação bem-sucedida deste processo pode contribuir significativamente para a redução das emissões de CO₂ na atmosfera, ajudando a combater o efeito estufa e promovendo um futuro mais sustentável.



MAQUINÁRIOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

SOFTWARE ASPEN ADSIM®

O Aspen ADSIM® é um software de simulação que permite modelar e otimizar processos de adsorção, incluindo a tecnologia de Adsorção por Oscilação de Pressão (PSA).

COLUMNAS DE ADSORÇÃO

O sistema PSA simulado consistiu em duas colunas de adsorção, onde o CO₂ é capturado sob alta pressão. As colunas foram projetadas para operar em ciclos de adsorção e dessorção, permitindo a captura eficiente do gás.

SISTEMA DE VÁLVULAS

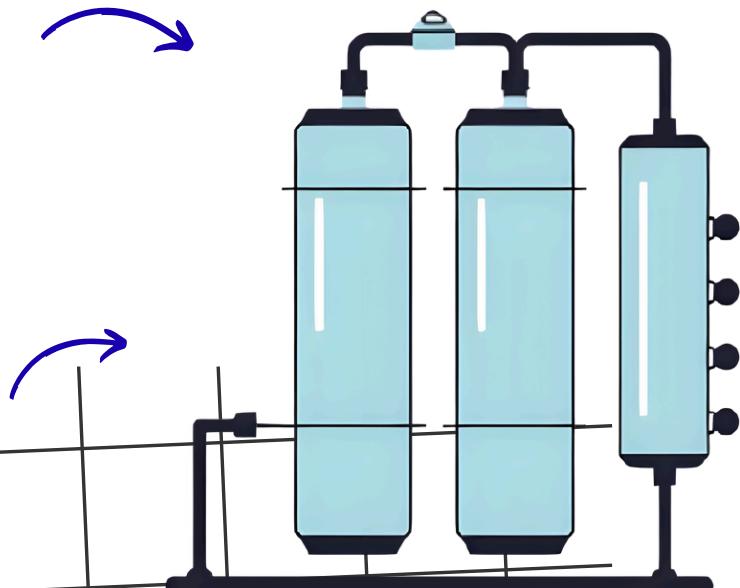
O sistema de válvulas foi configurado para controlar o fluxo de gases e a pressão nas colunas durante as etapas de adsorção e dessorção. As válvulas permitiram a manipulação precisa das condições operacionais, essenciais para o funcionamento eficiente do sistema PSA.



CO₂

CARVÃO ATIVADO (ADSORVENTE)

O carvão ativado comercial (Calgon Carbon Filtrasorb 400) foi utilizado como adsorvente no processo. Este material é conhecido por sua alta área superficial e capacidade de adsorção, tornando-o ideal para a captura de CO₂.



BOMBA DE VÁCUO

A bomba de vácuo foi utilizada para criar a pressão baixa necessária durante a etapa de dessorção, permitindo a liberação do CO₂ adsorvido. Este equipamento é crucial para a regeneração do adsorvente e a continuidade do processo.

A INOVAÇÃO DE DOIS SISTEMAS EM SÉRIE

Nathalia simulou um sistema PSA com duas colunas de adsorção, onde o CO₂ é capturado sob alta pressão e liberado sob baixa pressão. O ciclo do processo consiste em quatro etapas: adsorção, dessorção, despressurização e pressurização.

TEMPOS MAiores
DE ADSORÇÃO
AUMENTARAM A
PUREZA DO CO₂,
MAS REDUZIRAM
SUA RECUPERAÇÃO.

RESULTADOS DO SISTEMA EM SÉRIE:

- Pureza do CO₂: 84,28% – uma purificação adicional significativa.
- Recuperação Total: 51,20% – uma recuperção eficiente do CO₂.
- Produtividade Total: 0,52 mol·kg⁻¹·h – um valor que reflete a eficiência do sistema.



RESULTADOS DO PRIMEIRO SISTEMA:

- Pureza do CO₂: 91,26% – um nível elevado de pureza, essencial para reuso.
- Recuperação do CO₂: 47,58% – uma quantidade significativa do CO₂ foi recuperada.
- Produtividade: 4,35 mol·kg⁻¹·h – indicando a eficiência do processo.



RESULTADOS:

depois de muitos estudos, pesquisas e tentativas...

Os resultados da pesquisa de Nathalia Cristina Ramos Lima demonstram a eficácia da tecnologia de Adsorção por Oscilação de Pressão (PSA) na captura de dióxido de carbono (CO₂). Com uma pureza de 91,26% e uma taxa de recuperação de 47,58%, o sistema se mostra viável para reutilização do CO₂ em aplicações industriais. A configuração em série aumentou a recuperação total para 51,20%, reforçando o potencial da PSA como uma solução eficaz para mitigar as emissões de gases de efeito estufa. Esses achados abrem caminho para futuras investigações e contribuem para um futuro mais sustentável.

- O CSS
- (Cyclic Steady State)
- foi atingido
- após 20
- ciclos.

OBJETIVO ALCANÇADO!!!!

TCC: processo de psa de CO₂ em carvão ativado em dois sistemas em série: simulação usando ASPEN ADSIM

DO TCC AO MUNDO

Egressos do curso de Engenharia Química da UFMA destacam a importância de seus Trabalhos de Conclusão de Curso na construção de suas carreiras acadêmicas internacionais.



Weliton Silva Fonseca

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA.

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pelo

Prof. Dr. Auro A. Tanaka.

De que forma o tema do seu TCC contribuiu para a área em que você atua atualmente?

O TCC não apenas proporcionou uma base teórica e experimental, mas, junto com as publicações que completei durante a graduação, viabilizou minha aceitação em um programa de mestrado Erasmus Mundus na Europa, na área de Catálise Sustentável. O trabalho foi essencial para demonstrar minha capacidade de conduzir pesquisas, captando o interesse de universidades e orientadores estrangeiros.

Houve alguma situação no mercado de trabalho em que você aplicou diretamente conhecimentos adquiridos no seu TCC? Poderia dar um exemplo?

Os conhecimentos adquiridos sobre sistemas de armazenamento e conversão de energia ainda são fundamentais para a minha pesquisa e frequentemente uso técnicas de síntese e análise de materiais que aprendi na graduação. Muitos projetos também exigiram conhecimentos de operações unitárias e de projeto de reatores e biorreatores, os quais tive a oportunidade de aplicar quando trabalhei com biocatálise em uma indústria em Portugal, durante o mestrado, atuando com processos de fermentação e processamento downstream.

Quais habilidades desenvolvidas durante a elaboração do TCC você considera mais úteis em sua prática profissional?

As principais habilidades que desenvolvi durante a elaboração do meu TCC podem ser resumidas em uso do design de experimento e escrita científica. Durante minha atuação na indústria, a otimização de processos e a validação de produtos exigiam um planejamento experimental rigoroso para reduzir custos e tempo, além de garantir resultados reproduzíveis. No mestrado e doutorado essa habilidade também me permitiu estruturar projetos complexos de pesquisa desde o primeiro dia, e claro poder interpretar resultados obtidos e comunicar tanto na forma de relatórios de produção, apresentações ou artigos científicos é uma habilidade fundamental que deve ser desenvolvida durante a graduação tanto para atuação na academia quanto na indústria.

Quais caminhos acadêmicos e/ou profissionais você seguiu após concluir a graduação?

Ao terminar a graduação, fui aceito para uma bolsa de mestrado Erasmus Mundus, para estudar na França e em Portugal. *Atualmente, curso doutorado na Universidade de Poitiers (França), com vínculo de emprego como pesquisador do Centro Nacional de Pesquisas Científicas da França (CNRS).*



Jeovan Aquino de Araujo

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA.
Trabalho de Conclusão de Curso orientado pela
Profa. Dra. Ana Clécia Santos de Alcântara

O TCC foi importante para abrir portas no mercado de trabalho?

Sim. Como parte da preparação do TCC, apresentei os resultados da minha pesquisa em um importante congresso internacional de Ciências dos Materiais na Espanha. Essa experiência aprimorou minhas habilidades em apresentação, solicitação de subsídios e networking, abrindo portas para ingressar no doutorado e, posteriormente, para meu atual cargo na universidade na Irlanda.



Houve alguma situação no mercado de trabalho em que você aplicou diretamente conhecimentos adquiridos no TCC?

O TCC foi essencial para desenvolver e aprimorar minha capacidade de gestão e atenção aos detalhes, habilidades que se tornaram parte do meu dia a dia profissional. Um exemplo é minha atuação como coordenador de um projeto financiado pela Comissão Europeia, que envolve treze instituições parceiras de quatro países, onde organização e precisão são fundamentais para garantir a qualidade e o alinhamento dos resultados.

Se tivesse a oportunidade de refazer o TCC hoje, com a experiência profissional que adquiriu, o que faria de diferente?

Com a minha experiência atual, eu seria mais focado nos objetivos centrais do TCC. Na época, acabei expandindo a pesquisa além do necessário e enfrentei o desafio de manter a fluidez da dissertação. No entanto, essa experiência me ensinou a equilibrar profundidade e clareza na execução de projetos, um aprendizado valioso que aplico continuamente na minha carreira profissional.

Como foi sua transição direta da graduação para o doutorado e que experiências ajudaram nesse caminho?

A oportunidade de vivenciar pesquisa sólida ainda na graduação, culminando na conclusão do TCC, foi essencial para permitir a transição direta para o doutorado, sem a necessidade de mestrado intermediário. Além disso, minha experiência na indústria foi determinante para compreender a conexão entre o que se desenvolve na pesquisa e os problemas reais que a sociedade enfrenta atualmente, tornando meu trabalho mais aplicável e alinhado às demandas do mundo real.

Poderia fazer um breve relato de sua carreira até agora, explicando sua atuação profissional?

Atuei na indústria como estagiário e posteriormente como Supervisor de Processo na Cervejaria Magnífica (Ambev), função que desempenhei por três anos. Em outubro de 2020, retornei ao meio acadêmico ao ingressar no doutorado em Engenharia de Polímeros pela Technological University of the Shannon, na Irlanda. *Atualmente, exerço as funções de coordenador de financiamento no gabinete de pesquisa, professor assistente e pesquisador, com foco em Circularidade de Plásticos.*

ENGENHARIA QUÍMICA NA UFMA: DESAFIOS E CONQUISTAS DOS PRIMEIROS EGRESSOS

Formados em 2011, os integrantes da primeira turma de Engenharia Química da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) representam o início de uma trajetória marcada por desafios, descobertas e conquistas. Foi um grande prazer reencontrá-los e reunir, nesta edição da revista ChemE, suas histórias e reflexões. Cada um, à sua maneira, contribuiu para a consolidação do curso e hoje compartilha aqui suas experiências, lembranças e aprendizados com as novas gerações de engenheiros químicos — alunos e futuros estudantes que seguem construindo, com entusiasmo e dedicação, os próximos capítulos dessa história.

Ariel Santana Silva

Primeiro egresso do curso de Engenharia Química da
UFMA

Como foi a experiência de fazer parte da primeira turma de Engenharia Química da UFMA?

Foi uma experiência enriquecedora e única. Desafios eram esperados, mas tivemos a sorte de concluir o curso sem enfrentar nenhuma greve. Tive outras opções de ingresso, como Engenharia Mecânica, mas escolhi Engenharia Química na UFMA e não me arrependo.

Você se lembra da sua primeira ideia de tema de monografia? Mudou muito até o final?

A ideia inicial envolvia biocombustíveis e viabilidade de negócio na indústria química, mas o trabalho acabou tomando um rumo mais voltado ao aspecto científico e acadêmico.

Quais foram os maiores desafios ao escrever e defender a monografia?

O principal desafio foi conciliar o estágio com a pesquisa e a escrita. Além disso, o tema era específico e com pouca literatura disponível.

Que habilidades desenvolvidas na monografia mais te ajudaram no trabalho atual?

Aprendi a me autodemendar, a criar e executar minhas próprias rotinas. Isso me tornou mais proativo e responsável — habilidades muito valorizadas no ambiente industrial.

Você ainda mantém contato com colegas da turma?

Sim, temos um grupo no WhatsApp em que compartilhamos lembranças e, às vezes, informações profissionais.

Que conselho daria aos estudantes que estão escrevendo sua monografia agora?

Organizem o tempo, escolham um tema com afinidade e evitem deixar tudo para a última hora.

Qual foi a lembrança mais marcante do período de elaboração da monografia?

A apresentação. Foi gratificante ver colegas prestigiando aquele momento, o que ajudou a aliviar a tensão.

O que significa para você ter sido pioneiro na primeira turma?

Foi desafiador, mas extremamente gratificante. Pudemos acompanhar de perto o nascimento de um curso que hoje é referência.

Cassius Marcellus Costa Carvalho
Docente da Universidade Federal do
Maranhão (UFMA)

**Como foi a experiência de fazer parte da
primeira turma?**

Foi intensa e formativa. No início havia dúvidas, já que éramos pioneiros, mas isso nos deu protagonismo. Pudemos participar da construção do curso, sugerir disciplinas, criar projetos e abrir caminhos para os próximos alunos. Foi desafiador, mas recompensador.

**Você se lembra da sua primeira ideia de tema de
monografia? Mudou muito até o final?**

Minha ideia inicial envolvia temas de iniciação científica, como biodiesel e petróleo, mas acabei trabalhando com fluidodinâmica computacional (CFD). O importante foi aprender a adaptar a pesquisa às condições do curso e à infraestrutura disponível.

**O que você aprendeu na monografia que leva para
a vida profissional?**

Aprendi a decompor problemas, programar soluções e organizar trabalhos científicos. Hoje essas habilidades são essenciais na pesquisa que realizo em físico-química teórica.



**Qual foi o momento mais marcante da sua vida
acadêmica em São Luís?**

A defesa do TCC foi um rito de passagem importante. Também destaco a criação do Centro Acadêmico e a organização de eventos, que desenvolveram liderança, comunicação e gestão.

**Como você explicaria seu tema de monografia para
um leigo?**

Estudei como o ar e as partículas se comportam dentro de um ciclone industrial usando simulações em computador, buscando melhorar a eficiência do processo.

**Que impacto você espera que a formação em
Engenharia Química da UFMA tenha nos próximos
anos?**

Que forme profissionais com base sólida e visão aplicada à realidade do Maranhão e do Brasil, especialmente na bioeconomia e na descarbonização.

**Como imagina a revista ChemE ajudando
estudantes e egressos?**

Pode atuar como uma ponte entre gerações, conectando alunos e ex-alunos por meio de perfis, oportunidades, projetos e experiências compartilhadas.



Dayara Moreira Santos

Egressa do curso de Engenharia Química da UFMA

Como foi a experiência de fazer parte da primeira turma de Engenharia Química da UFMA?

Foi um grande desafio, pois tudo era novo: laboratórios, iniciações científicas e estágios. Tivemos que apresentar e consolidar o curso na universidade.

Você se lembra da sua primeira ideia de tema de monografia? Mudou muito até o final?

Desde o início escolhi trabalhar com secagem de tomates, sob orientação do professor Romildo, e mantive o mesmo tema até o final.

Quais foram os maiores desafios?

Realizar os experimentos de secagem exigiu tempo e dedicação. Foram semanas até obter os resultados e começar a escrever o TCC.

Qual foi o momento mais marcante?

A defesa. Eu estava muito nervosa, mas com o decorrer da apresentação me senti mais confiante.

Qual a lembrança mais divertida desse período?

Lembro de chegar à UFMA com cinco quilos de tomate para secar — foi engraçado e marcante!

O que significa para você ter sido pioneira na primeira turma?

Muito orgulho. Entramos trinta alunos e formamos onze, apenas duas mulheres. Foi difícil, mas recompensador.

Como você vê o papel da Engenharia Química no Maranhão e no Brasil?

O engenheiro químico é o corpo da indústria. O curso na UFMA foi um divisor de águas e trouxe novas possibilidades para o estado.

Isadora Martins Costa

Egressa do curso de Engenharia Química da UFMA

Qual foi a principal motivação para o tema da sua monografia?

Aproveitei um experimento do estágio em uma indústria de São Luís. Apliquei os resultados obtidos para desenvolver meu trabalho.

Quais foram as maiores dificuldades e como as superou?

A principal dificuldade foi a logística do teste, que dependia de várias áreas. Também precisei aprimorar as análises estatísticas. Resolvi acompanhando de perto cada etapa e estudando mais estatística.

Qual a relevância dos resultados obtidos?

O experimento mostrou melhorias na eficiência e no consumo de matéria-prima, contribuindo para otimizar o processo industrial.

Quais competências técnicas e acadêmicas você aprimorou?

Melhorei a integração entre teoria e prática, o uso de softwares e equipamentos e a comunicação na apresentação de resultados.

De que forma o trabalho contribuiu para sua atuação profissional?

Fortaleceu minha capacidade de desenvolver e otimizar processos, aplicando melhorias com base em dados e experimentos.



Jonathan Wallace Costa Pereira

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA

Qual foi a principal motivação para o tema da sua monografia?

Sempre me interessei por empreendedorismo e gestão. Desenvolvi um projeto de fábrica piloto de produtos de limpeza no campus Bacanga, sob orientação do professor José Wilson.

Quais foram os principais desafios?

Encontrar modelos de referência de fábricas-escola no Brasil e adaptá-los à realidade da UFMA. O contato com a Fábrica-Escola da UnB foi fundamental.

Qual a relevância dos resultados?

Mesmo sem implantação, o projeto seria um espaço valioso para aprendizado prático em processos produtivos, controle de qualidade e gestão.

O que você aprimorou ao longo do TCC?

Organização, planejamento e capacidade de argumentação, essenciais para a defesa e para o exercício profissional.

Como os conhecimentos adquiridos influenciam sua carreira hoje?

Ainda que fora da indústria, aplico os conceitos de gestão e visão de negócios que aprendi na monografia, mantendo uma abordagem empreendedora.

José Pires Monteles Neto

Egresso do curso de Engenharia Química da UFMA

Como foi a experiência de fazer parte da primeira turma?

Foi marcante e motivo de muito orgulho. Participar da consolidação do curso foi uma oportunidade única.

Qual foi o tema e o principal aprendizado?

Trabalhei com modelagem numérica da secagem de frutos. Aprendi a importância de sustentar uma ideia com base técnica e estatística sólida.

Quais foram os maiores desafios?

Conciliar os estudos com a perda de meu pai e outro curso em andamento foi o mais difícil.

Em que área você atua atualmente?

Atuo na agroindústria, nas áreas de processo, manutenção e projetos.

Que habilidades da monografia mais te ajudam hoje?

A capacidade de análise numérica e a defesa de ideias bem fundamentadas.

Que conselho daria aos atuais estudantes?

Escolham temas com os quais se identifiquem e que tenham relação com problemas reais da indústria ou da sociedade.

O que significa ter sido pioneiro?

Foi desafiador, mas um grande motivo de satisfação. Ver o curso crescer junto conosco é algo de que me orgulho muito.

EQUIPE CHEME — VOLUME 2

O segundo volume da Revista ChemE é o resultado de dedicação, criatividade e colaboração entre estudantes e professores apaixonados pela Engenharia Química. Cada matéria, cada imagem e cada ideia publicada aqui surgiram do esforço conjunto de uma equipe que acredita no poder da ciência e da comunicação. Nesta edição, destacamos todos os que fizeram parte dessa trajetória e que, com entusiasmo e compromisso, contribuíram para transformar conhecimento em inspiração.

A seguir, apresentamos os rostos por trás do Volume 2 da ChemE — uma equipe que cresce a cada edição e reafirma o propósito da revista: divulgar a Engenharia Química com inovação, sensibilidade e impacto.



**Profª. Dra. Alexandra
M. S. Soares**



**Prof. Dr. Jaiver
E. J. Figueroa**



**Profª. Dra. Audirene
A. Santana**



Luana Morais



Etyla R. L. Sousa



Luana C. Monteiro



Rogerio M. Gomes



Rafiza L. Silva



Bruna S. Lira



Mateus M. D. Cabral



Mariana O. L. Araujo



Maristella S. Monteles



Paulo S. A. Oliveira



Ingrid P. Araujo



Lucas C. C. Pires



Maria C. R. Costa



Kawe G. Costa



Lucas P. Reis



**Prof. Dra. Carolina R. e
Silva**



www.cheme.ufma.br