

A importância do planejamento e da avaliação para o

ENSINO

de Engenharia Química

Por *Ivanildo José da Silva Junior, Bernadete de Souza Porto
e Ismael Pordeus Bezerra Furtado*

E MAIS

ENGENHARIA DE
PROCESSOS OU
ENGENHARIA DE
PRODUTO?

O PASSADO, A ATUALIDADE
E O FUTURO PRÓXIMO
DA INDÚSTRIA QUÍMICA
PORTUGUESA

BJChE 2021

*Veja os principais trabalhos
publicados até agora*



ABEQ Associação Brasileira de Engenharia Química

A Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ) é uma sociedade sem fins lucrativos que congrega pessoas e empresas interessadas no desenvolvimento da Engenharia Química no Brasil.

Há mais de quatro décadas a ABEQ desempenha importante papel na valorização dos profissionais e estudantes da engenharia química em nosso país, bem como na divulgação da engenharia química e de sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

A ABEQ oferece ainda uma variedade de serviços que ajudam a comunidade de engenharia química a melhor posicionar-se quanto aos desafios do presente e do futuro nas áreas tecnológica, científica e de ensino.



Nossos Serviços

CURSOS: ABEQ oferece diversos cursos de extensão.

CONGRESSOS: COBEQ - Congresso Brasileiro de Engenharia Química.

ENBEQ - Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química.

COBEQ-IC - Congresso Brasileiro em Iniciação Científica de Engenharia Química.

SINAPREM - SHEB - Simpósio Nacional de Bioprocessos e Seminário de Hidrólise Enzimática de Biomassa.

PRÊMIO: Prêmio Incentivo à Aperfeiçoação, dedicado aos melhores formandos dos cursos de Engenharia Química.

Publicações

BJChE



Brazilian Journal of Chemical Engineering: periódico trimestral que publica artigos científicos em inglês.

BIM



Boletim Informativo: é uma edição mensal, buscando transmitir notícias relevantes sobre Engenharia Química no Brasil e Exterior.

REBEQ



Revista Brasileira de Engenharia Química: a publicação quadrimestral promove o debate sobre questões relacionadas à engenharia química e seus reflexos com a sociedade.

REGIONAIS: Aqui você encontra informações sobre atividades das regionais da ABEQ.

REGIONAL BAHIA

regionalba@abeq.org.br

REGIONAL PARÁ

regionalpa@abeq.org.br

REGIONAL RIO DE JANEIRO

regionalrj@abeq.org.br

REGIONAL RIO GRANDE DO NORTE

regionalrn@abeq.org.br

REGIONAL RIO GRANDE DO SUL

regionalrs@abeq.org.br

REGIONAL SÃO PAULO

regionalsp@abeq.org.br

ASSOCIE-SE: Para associar-se à ABEQ basta indicar a uma das modalidades de ação. Além da carteira de sócio o associado passa a usufruir de vantagens exclusivas da ABEQ. Como desconto em Cursos, Seminários e Congressos promovidos pela ABEQ. Convênios com Livrarias, Escolas de Idiomas, entre outros benefícios que chegam até você na apresentação da carteira.

SÓCIOS COOPERADORES



SÓCIOS COLETIVOS



WWW.ABEQ.COM.BR

[EMAIL: ABEQ@ABEQ.ORG.BR](mailto:ABEQ@ABEQ.ORG.BR)

PALAVRA DO PRESIDENTE

Caros Abequianos,

É impressionante me dirigir a vocês, em Maio de 2021, em que vivemos ainda a pandemia, e mais ainda, enquanto a segunda onda dá a impressão de arrefecimento, mas em que ainda tememos uma terceira onda por termos consciência que pouco fizemos para que este arrefecimento ocorra.

A ABEQ continua com olhos no futuro pós-pandemia e na expectativa das oportunidades que surgirão para a Engenharia Química na tão esperada e necessária retomada verde. Vários paradigmas têm sido quebrados e a pandemia tem dado ao mundo a oportunidade de refletir sobre o seu rumo e o quanto deve ser feito para que ele possa recobrar a esperança de um futuro longo e tranquilo. Neste número, temos um artigo de autoria do Prof. André Bernardo, sobre a dicotomia Engenharia de Processos/ Engenharia de Produtos na Engenharia Química. Além deste artigo temos uma breve história da Engenharia Química em Portugal. E para finalizar temos um artigo sobre a importância do planejamento e da avaliação para o Ensino de Engenharia Química. São três contribuições importantes, uma trata do passado e o presente da Engenharia Química em um país irmão, e as outras duas discutem temas fundamentais para a formação e atuação dos futuros Engenheiros Químicos.

Enquanto isso lembramos que o COBEQ e do ENBEQ 2020 (que será realizado em outubro de 2021, haja o que houver) está com as inscrições de trabalhos aberta até 31 de Maio. Esperamos vocês em setembro! A ideia é oferecer um espaço para discutir temas importantes como os apresentados nesta REBEQ com representantes dos mais diferentes setores de atuação da engenharia química.

Boa leitura e **até outubro no COBEQ**



Galo Antonio Carrillo Le Roux

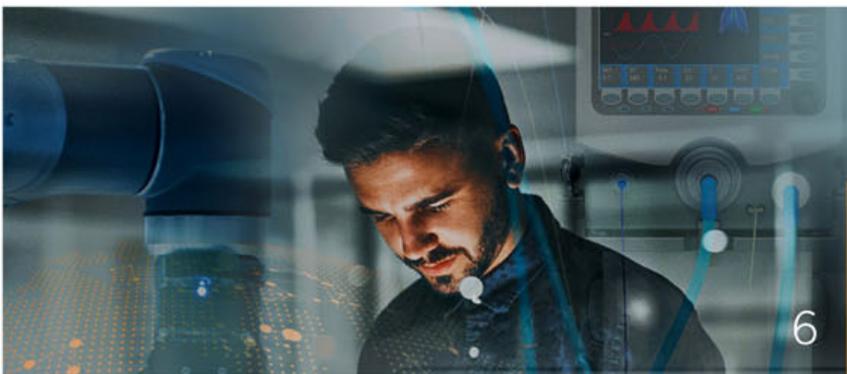
Presidente da ABEQ

ÍNDICE



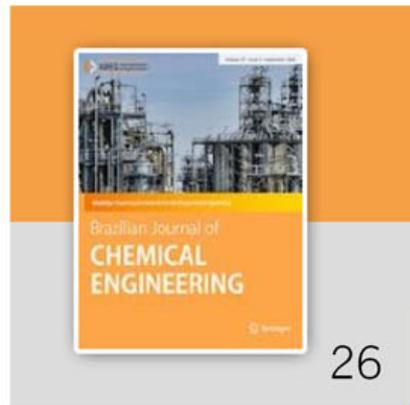
ARTIGOS

- 6 Engenharia de Processos ou Engenharia de Produto?
- 21 O passado, a atualidade e o futuro próximo da indústria química portuguesa



CAPA

- 10 A importância do planejamento e da avaliação para o Ensino de Engenharia Química



BJCHE

- 26 Trabalhos publicados no BJChE em dezembro 2020 e março 2021

SOBRE A ABEQ

A ABEQ E VOCÊ

Associando-se à ABEQ você impulsiona sua carreira profissional e se posiciona melhor frente aos novos desafios que a sociedade impõe sobre a profissão.

A ABEQ lhe oferece múltiplas oportunidades de relacionamento a elite de profissionais da academia e da indústria. Também lhe dá acesso a informação científica e tecnológica de ponta e lhe oferece oportunidade de participação ativa na comunidade de engenharia química.

Confira:

- Oportunidades de contatos com colegas, associações, universidades, empresas e entidades governamentais.
- Organização de encontros nas áreas científica, tecnológica e de ensino que mobilizam cerca de 3000 profissionais.
- Organização de cursos de extensão e apoio a cursos de terceiros.
- Acesso a publicação científica trimestral com o respeitável índice de impacto 0,4 (Web of Knowledge), a revista técnico-comercial formato digital e um boletim eletrônico de notícias distribuído para mais de 110 mil contatos.
- Valorização do profissional através de prêmios para estudantes, formandos e pós-graduandos.



FALE CONOSCO

Tem alguma dúvida ou quer mais informações sobre a ABEQ? Contribua com opiniões, ideias e depoimentos.

E-mail: rebeq@abeq.org.br

Os artigos assinados, declarações dos entrevistados e publicidade não refletem necessariamente a opinião da ABEQ. É proibida a reprodução total ou parcial de textos e fotos sem prévia autorização. A Revista Brasileira de Engenharia Química é propriedade da ABEQ - Associação Brasileira de Engenharia Química, conforme certificado 1.231/0663-032 do INPI.

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA
Publicação da Associação Brasileira de Engenharia Química
Vol. 37 - nº 1 | 2021 - 2º quadrimestre | ISSN 0102-9843



Editor

Galo Carrillo Le Roux

Secretaria Executiva

Bernadete Aguilár Perez

Editor Associado

André Bernardo

Produção Editorial

BEESOFT - www.beesoft.com.br

Redação, Correspondência e Publicidade

Av. Prof. Luciano Gualberto, 380 - Cidade Universitária - CEP: 05508-010 - São Paulo - SP

ABEQ - GESTÃO 2018-2020

CONSELHO SUPERIOR

Argimiro Resende Secchi, Gorete Ribeiro de Macedo, Hely de Andrade Júnior, Lincoln Fernando Lauschtenlager Moro, Marcelo Martins Seckler, Maria Cristina Silveira Nascimento, Mauro Ravagnani, Marcio Tavares Lauria, Ricardo de Andrade Medronho, Selene Maria de A.G.U. de Souza, Suzana Borschiver

DIRETORIA

Galo Antonio Carrillo Le Roux - Diretor Presidente
André Bernardo - Diretor Vice-Presidente
Guilherme Guedes Machado - Diretor Vice-Presidente
Ricardo da Silva Seabra - Diretor Vice-Presidente
José Ermirio de Moraes - Diretor Secretário
Bruno Faccini Santoro - Diretor Tesoureiro

REGIONAIS

Bahia

Luiz Antonio Magalhães Pontes - Diretor Presidente

Ana Cláudia Gondim de Medeiros - Diretora Vice-Presidente

Pará

Fernando Alberto Sousa Jatene - Diretor Presidente
Pedro Ubiratan de Oliveira Sabaa Srur - Diretor Vice-Presidente

Rio de Janeiro

Elcio Ribeiro Borges - Diretor Presidente
Claudinei de Souza Guimarães - Diretor Vice-Presidente

Rio Grande do Norte

Everaldo Silvino dos Santos - Diretor Presidente
André Luis Lopes Moriyama - Diretor Vice-Presidente

Rio Grande do Sul

Jorge Otávio Trierweiler - Diretor Presidente
Heitor Luiz Rossetti - Diretor Vice-Presidente

São Paulo

Carlos Calvo Sanz - Diretor Presidente
Denise Mazzaro Naranjo - Diretora Vice-Presidente

ENGENHARIA DE PROCESSOS

ENGENHARIA DE PRODUTO?

A DICOTOMIA É FALSA, O MUNDO MUDOU

Por André Bernardo (UFSCar)

O tema deste texto é a falsa oposição que eventualmente possa haver na Engenharia Química entre engenheiro (ou engenharia) de processos e engenheiro (ou engenharia) de produto.

Tradicionalmente, quem cursasse engenharia química e fosse trabalhar na indústria química seria contratado como engenheiro de processos. Ainda é um cargo bem comum para engenheiros químicos. O principal tema dos cursos de Engenharia Química é processos químicos, e eu mesmo ministrei uma disciplina chamada Desenvolvimento de Processos Químicos.

A Engenharia Química surgiu a partir do conceito de operações unitárias, o que também pode ser entendido como uma conceptualização de processos químicos, inicialmente por uma abordagem bem prática – a das operações unitárias. A partir da década de 50 do século XX, o conceito de Fenômenos de Transporte impôs uma abordagem mais científica, com uso intenso de Cálculo Diferencial e Integral e conceitos de Física (Fluidodinâmica em especial). A Biotecnologia, a partir dos anos 70, e a computação nos anos 80 mudaram bastante o currículo dos cursos de engenharia química, mas a ênfase nos processos químicos permaneceu. No Brasil, as mudanças aconteceram com mais ou menos uma década de atraso. Nos primeiros anos deste século, emergiu o paradigma da engenharia de produto químico. Os currículos no Brasil, ou a organização dos departamentos de Engenharia Química das universidades, ainda não incorporaram a mudança.

Faz, ou fazia, todo sentido estruturar a Engenharia Química em termos de processos químicos quando o desafio do mundo era produzir os insumos, ou intermediários químicos, em quantidade suficiente para atender à demanda. Se considerarmos soda caustica, etanol, fenol, etileno, ácido nítrico, ou sulfato de sódio, a especificação é a pureza,

“não precisa olhar” para o produto (se o produto é um material particulado, a história sempre foi mais complicada, mas eu estaria puxando a sardinha para o meu lado. Continuemos). Uma fábrica grande, idealmente rodando em modo contínuo, produzindo sempre a mesma coisa tem seu foco na eficiência dos equipamentos, na economia de energia ou água.

Há poucas décadas atrás, quem fosse comprar bolacha (ou biscoito, não quero confusão) no mercado, poderia escolher três ou quatro tipos – água e sal, água, maisena e champanhe – de um ou dois fabricantes, predominantes naquela região. Depois surgiram o wafer, cookies, bolacha recheada. Hoje, no corredor de bolachas e biscoitos, há dezenas de opções de cinco ou mais fabricantes. Com os produtos químicos aconteceu algo análogo, os fundamentos se consolidaram, destilação, catálise, fermentação são práticas dominadas. Mas as indústrias químicas formulam, ou seja, misturam várias substâncias ou mudam a forma do produto (partículas, gel, espuma, líquidos de diferentes viscosidades) para entregar um desempenho específico. O foco está no cliente, na aplicação, no produto.

No entanto, não há uma dicotomia (oposição entre duas coisas) entre engenharia de processos e engenharia de produto. O produto sempre foi o objetivo final. Ocorre que quando o produto é uma especialidade química ou uma formulação, produto é mais do que processo. O produtor de etanol não é apaixonado por destilação, mas não há como produzir etanol puro e com preço competitivo sem ser muito competente na destilação. Contudo, se o produto for o biocida da torre de resfriamento da destilaria de etanol, ser eficiente em destilação pode até ajudar, mas é a formulação que garante a eficácia do produto. Engenharia de produto químico é um passo adiante, consequência natural do desenvolvimento tecnológico, que normalmente parte do pressuposto de que os processos químicos associa-

dos – conformação, reação, purificação – estão maduros. Produtos químicos complexos, em geral, têm como etapas finais de produção, alguma formulação cujo desempenho está ligado à forma e ao tamanho dos equipamentos nos quais são realizados (Wintermantel, 1999).

O projeto do produto químico pode ser idealizado em quatro etapas. A primeira é identificar o que os clientes precisam. A segunda é inventar ideias - normalmente muitas ideias - que podem potencialmente preencher essa necessidade. A terceira etapa do projeto de produto é selecionar as melhores ideias para desenvolvimento posterior. Uma vez concluído esse processo, passa-se à quarta etapa, o modo de fabricação do produto. Observe que esta quarta etapa inclui todas as etapas do projeto de processos químicos, tradicionalmente ensinado nos cursos de Engenharia Química (Cussler e Wei, 2003).

Os engenheiros químicos precisam se reinventar para atender às demandas do ambiente industrial atual. Os conceitos centrais da disciplina (operações unitárias, transferência de calor e massa, equilíbrio, termodinâmica, etc.) permanecem altamente relevantes, e uma evolução ao invés de uma revolução deve ser buscada. A Engenharia Química tem tradicionalmente focado na síntese, projeto, otimização, operação e controle de processos que resultam na transformação de matéria-prima em produtos úteis. Essas preocupações permanecem altamente significativas do ponto de vista industrial. Além disso, as habilidades de engenharia química são variadas e versáteis, permitindo enfrentar uma ampla gama de problemas encontrados em diversos setores industriais. As modernas indústrias de processos químicos demandam não apenas o desenvolvimento de novos conceitos e ferramentas, mas também uma mudança no uso em que as habilidades de engenharia química são aplicadas. As empresas de processos químicos e, portanto, os engenheiros químicos, têm que lidar com uma ampla gama de produtos além das commodities químicas, que podem ser classificadas

em seis categorias: (1) especialidades químicas, (2) produtos formulados, (3) conceitos de base biológica, (4) dispositivos e (5) produtos químicos virtuais e (6) bens de consumo baseados em tecnologia (Costa, Moggridge e Saraiva, 2006).

Especialidades químicas são compostos puros que, ao contrário dos produtos químicos básicos, são produzidos em pequenas quantidades (normalmente menos de 1.000 toneladas / ano), em bateladas, e são vendidos com base em um benefício ou função específica. A evolução de commodities para especialidades tem sido uma tendência duradoura entre as indústrias de processos químicos desde meados do século XX. No entanto, a mudança na atividade da indústria química desde a última década daquele século anos é mais extensa do que uma mudança de commodities químicas para especialidades químicas.

Produtos formulados, como cosméticos e produtos alimentícios, são hoje boa parte do negócio. Esses produtos podem ser definidos como sistemas combinados (normalmente com 4 a 50 componentes) projetados para atender aos requisitos de uso final. Muitas vezes são multifuncionais, porque realizam mais do que uma função valorizada pelo cliente, e microestruturados, uma vez que seu valor deriva significativamente de sua microestrutura.

Conceitos de base biológica, incluindo biomateriais inovadores, como próteses, medicamentos e nutracêuticos,



aumentaram em importância nas indústrias de processos químicos com o aumento das preocupações com saúde e bem-estar. O escopo do setor também se ampliou para incorporar produtos que não são compostos puros.

Dispositivos que realizam uma transformação física ou química, como um dispositivo eletrolítico usado para converter sal em desinfetante clorado para piscinas e produtos químicos virtuais são o foco de um número cada vez maior de empresas. Produtos como post-its são bens de consumo cuja funcionalidade é fornecida por uma tecnologia química ou física. Este tipo de produto proporciona uma extensão promissora e vantajosa das atividades das indústrias de processos químicos (Costa, Moggridge e Saraiva, 2006). A **tabela 1** resume as diferentes categorias de produtos.

de reações químicas deve enfatizar bateladas isotérmicas e reações de batelada alimentada. Processos em batelada e suas particularidades, destilação e controle, por exemplo, precisam de mais espaço na grade curricular.

O empreendedorismo também precisa ser incorporado. As relações de trabalho mudaram, e as grandes empresas empregam cada vez menos. Ao mesmo tempo, com a maturação dos conceitos tradicionais da engenharia química, é natural que as empresas precisem mais de consultoria desses tópicos do que empregados dedicados a eles. Os outros produtos químicos que não os intermediários tradicionais têm sua produção menos intensiva em capital, e escalas de litros não são incomuns. Haveria, portanto, espaço e demanda para empreendedores.

Tabela 1. Categorias de produtos químicos

Categoria	Classe	Exemplo	Atributo chave
Intermediários	Combustível	Etanol	Pureza
Especialidades	Surfactante	Lauril sulfato de amônio	Estrutura molecular
Formulações	Cosméticos	Gel esfoliante	Microestrutura
Conceitos de base biológica	Medicamento	Sinvastatina	Atividade biológica
Dispositivos	Dispositivo biomédico	Oxigenador de sangue	Materiais e montagem
Produtos químicos virtuais	Simuladores de processo	Aspen Plus	Desempenho computacional
Bens de consumo baseados em tecnologia	Produtos de cuidados pessoais	Fralda descartável	Materiais e montagem

O ensino de Engenharia Química naturalmente deve se modificar para incorporar os conceitos de engenharia de produto. Cussler e Wei (2003) listaram alguns pontos. As disciplinas de química devem tratar também de substâncias iônicas e polímeros. O uso de softwares deve ser mais intenso desde os primeiros anos. Modelagem molecular e fluidodinâmica computacional são de grande valia no projeto de produtos. Destilação e absorção devem perder espaço para cristalização e adsorção, dado que moléculas complexas degradam quando aquecidas a temperaturas próximas às temperaturas de transição de fase. Engenharia

Também a pesquisa e a pós-graduação precisam ser modificar. Se a demanda da sociedade é por soluções para problemas de energia, meio-ambiente, ou necessidades específicas de consumo, que demandam o uso simultâneo de diferentes competências da Engenharia Química, talvez não faça mais sentido que as áreas de pesquisa ainda estejam estruturadas como as disciplinas tradicionais. Aliás, as disciplinas, de graduação e pós-graduação, poderiam integrar conceitos ainda transmitidos de forma rígida e hierárquica.

Todo esse 'por fazer' é nacional. No resto do mundo já é assim (os artigos citados aqui são de 20 anos atrás). Problemas atuais mostram que o pensamento hierarquizado e a produção verticalizada são obsoletos, arcaicos. A vacina mais eficiente para Covid-19 é produzida por uma empresa americana (Pfizer) a partir do desenvolvimento de uma empresa alemã (BioNTech) fundada por turcos (Prof. Ugur Sahin e Dr. Özlem Türeci), utilizando substâncias produzidas na China, a partir das ideias, desprezadas quando elaboradas, de uma cientista húngara (Katalin Karikó).

OBSERVAÇÃO

Uma versão deste texto foi publicada na revista Química e Derivados (nº 621), na coluna da ABEQ naquela revista. Aqui este texto tenta dialogar com outro texto desta edição, sobre o ensino de Engenharia Química.

REFERÊNCIAS

Costa R, Moggridge GD, Saraiva P. M. Chemical Product Engineering: An Emerging Paradigm Within Chemical Engineering, AIChE Journal, Vol. 52, No. 6, pp 1976-1986, 2006.

Cussler EL, Wei J. Chemical product engineering. AIChE J. 2003;49:1072-1075.

Wintermantel, K. Process and product engineering – achievements, present and future challenges. Chemical Engineering Science 54 (1999) 1601-1620



A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMEN

Por Ivanildo José da Silva Junior, Bernadete de Souza Porto e Ismael Pordeu

EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA E SUA RELAÇÃO COM ENSINO DE ENGENHARIA QUÍMICA

A velocidade das transformações ocorridas ao longo das últimas décadas por vezes não nos permite perceber o quanto fomos impactados em nosso modo de viver, produzir, nos comunicar e o que é mais significa-

tivo: as enormes mudanças na forma como acessamos, produzimos e compartilhamos conhecimento. O desenvolvimento científico e tecnológico avança célere, mudando nossos hábitos, práticas, relacionamentos e valores. Mais do que mudanças profundas em nosso modo de produção, transformações em nossa Cultura. No universo hard passamos da máquina datilográfica para os computadores

personais, do filme, da fita-cassete para os discos e cartões que armazenam nossa produção intelectual e criativa. Do telefone fixo ao smartphone e tablets onde wireless nos conectam em qualquer lugar. Quem imaginaria (quase) todo o conhecimento humano disponível a poucos toques em múltiplas telas – oráculos em nuvens e aplicativos que reeditam a mitológica Biblioteca de Alexandria? Informação,



INTO E DA AVALIAÇÃO PARA O ENSINO DE ENGENHARIA QUÍMICA

is Bezerra Furtado

interação e conhecimentos infinitos demandando métodos científicos para que sejam apreendidos e aprendidos. Convergência digital e redes abrindo janelas em nossas mentes.

Mas e a educação? E o ensino? O que mudou nestes últimos anos no ensino, em particular, no ensino de Engenharia Química? Na maioria das instituições de ensino superior, o modelo de sala de aula permanece o mesmo: cadeiras enfileiradas em que o professor, à frente da turma, discursa para uma plateia que se limita a tomar notas e realizar tarefas demandadas pelo docente. Segundo CUNHA (2006), o ensino nas universidades é concebido, tradicional-

mente, com base na simultaneidade, na passividade dos sujeitos mediante a atividade de aprendizagem e na não contextualização do conhecimento, sendo que, na maioria das vezes, a formação tanto de professores como de estudantes encontra-se quase que totalmente restrita aos saberes dos conteúdos de ensino das áreas específicas.

Na compreensão de ALMEIDA (2012), constata-se, que o professor universitário não tem nenhuma formação específica que lhe permita obter um conhecimento científico acerca das questões do ensino, tampouco da aprendizagem. O que este professor sabe sobre ensinar é muitas

vezes fruto da sua experiência como aluno, isto é, das referências e valores sobre aqueles que foram “bons” ou “maus” professores, bem como da sua intuição. Em outros casos, muitos docentes chegam mesmo a acreditar que ensinar é um dom ou uma arte, para o qual a pessoa já nasce predestinada. Assim, os elementos que compõem o ensino, como o planejamento das aulas, a seleção dos objetivos, dos conteúdos, dos procedimentos metodológicos e avaliativos bem como a relação professor-aluno são, para estes docentes, temáticas distantes de um conhecimento científico, estando situadas em um campo de memórias, afetividades, juízos e subjetividades.



Como engenheiros, fomos formados sem uma visão pedagógica, seja na graduação ou até mesmo nos programas de pós-graduação. De repente fomos “obrigados” a ministrar aulas, mesmo quando vocacionados à pesquisa. Dormimos Pesquisadores, Engenheiros e acordamos Professores. Neste contexto desafiador, a maioria de nós recorre à memória de nossos afetos estudantis adotando por modelo aquele docente que marcou nossa trajetória, e assim tentar reeditar as experiências que julgamos exitosas na missão de ensinar. Sem uma formação devida para enfrentar a sala de aula em coisas básicas, como por exemplo, realizar o planejamento e um plano de aula, enfrentamos enormes dificuldades especialmente nas questões mais complexas, como a avaliação da aprendizagem.

O que se constata no ensino superior, sobretudo na Engenharia Química, é uma supremacia do saber disciplinar sobre o saber pedagógico, isto é, a predominância dos conteúdos (o que ensinar) sobre o como ensinar. Há significativas distorções entre a atualização permanente dos conteúdos científicos e a base pedagógica responsável pelo ensino e a aprendizagem da produção científica. Enquanto a ciência é evolução e impermanência, o ensino do conhecimento ainda é conservação, visto que se dá com base em saberes modelados no início dos séculos XVI e XVII.

Há ainda, uma distância muito grande entre a cultura em geral e a cultura acadêmica. E esse distanciamento está alicerçado em concepções de conhecimento que se encontram em oposição. Diferenças geracionais, diferentes modos de comunicação, de aprendizagem. Com o passar dos anos e das

mudanças comportamentais típicas das novas gerações, inclui-se no ambiente da sala de aula a contradição e o conflito.

A maioria de nós, professores, somos da chamada geração X (nascidos entre os anos 1960 e 1985), com alunos na transição entre as gerações Y (nascidos entre 1980 e 1995) e Z (nascidos entre 1995 e 2000). Cada geração possui características distintas em termos de sua relação como produtores de conhecimento, ao modo de preparação para o exercício da cidadania, ao mundo do trabalho, à comunicação, dentre outras diferenças.

Sabe-se que um dos elementos do ensino é a relação professor-aluno. Sim, tal qual o planejamento e a atualização dos conteúdos, metodologias e avaliações, a relação dos docentes com seus estudantes precisa de planejamento, estudo e análise de sua importância nesta tarefa secular de democratização do conhecimento. Como um professor que não tem preparo pedagógico é capaz de planejar o ensino tendo como base essa complexidade, interna a todo e qualquer elemento do ensino e ainda da junção e sistematização entre eles? Sendo assim, é fácil percebermos o porquê de tantas dificuldades surgidas com o advento da Era da Informação (Castells, 2001) e ainda às questões que acompanham o processo de formulação e divulgação do conhecimento dentro das instituições, que nos acompanham desde sempre.

Este desgaste, muitas vezes, é o reflexo de uma prática docente baseada em aulas expositivas, centradas na ação docente, deixando estudantes passivos diante do desafio de aprender, muitas vezes com conhecimentos que são apresentados sem vínculo com suas vidas e sem conexão com a realidade. Complementam esse

modelo as avaliações realizadas de forma pontual, aleatórias e mecanizadas, onde, por exemplo, valoriza-se a capacidade de realizar cálculos em detrimento ao entendimento de situações-problemas com possíveis soluções práticas e vinculação à cultura do conhecimento. A capacidade de problematizar e envolver-se com o conhecimento desponta as nossas necessidades coletivas, sistematizadas pela ciência, nas diferentes áreas e profissões. .

Sabe-se que o sujeito aprendiz é inteligente, ativo, criativo e social. Essa certeza advém da compreensão que todos os seres humanos assim são e o atestado maior dessas características é a própria criação da ciência e da cultura como a vemos hoje. Se sempre foi assim, imaginem para as ditas novas gerações, que já nascem imersas numa cultura que se comunica de forma instantânea e com uma mobilidade dantes desconhecida? Sim, para aprender eles precisam de atividade, de movimento, de estímulo à recriação das informações a partir de suas experiências, gerando um modo diferenciado de participação. O modelo de ensino que muitas vezes é repetido pelos docentes, o qual exige repetição, passividade, desvinculação da informação e do conhecimento do solo sagrado da cultura, é para muitos estudantes, um martírio. Estes, em sua maioria, não veem sentido nesta prática, o que para eles é totalmente desestimulante.

Por outro lado, da mesma forma que muitos mestres repetem o modo que aprenderam no momento em que assumem a sala de aula, outros, muitos outros, buscam diferentes formas de desenvolvimento do ensino. Isso acontece porque há na sociedade vários projetos de vida, de mundo, de ciência e, por conta disso, de planejamento do ensino e compreensão sobre o que é aprender. Desta forma,

sabe-se que há práticas pedagógicas que rompem com os princípios liberais e tradicionalistas de ensinar e procuram desenvolver educações que têm por alicerce: a heterogeneidade, a atividade, a contextualização, a atividade, a crítica e a criatividade. Este ensino, como ruptura do modelo tradicional, tem a dialogia (FREIRE, 1996) na base da relação professor-aluno, compreendendo de modo diverso o planejamento de cada elemento do ensino, desde as fontes de conteúdo, até as formas e os tempos de avaliação, além da metodologia e da relação entre os sujeitos, que vão parecer muito além do ensinados. É comum, nesta mudança, que a pesquisa e recursos tecnológicos sejam coadjuvantes no processo de ensinagem, uma vez que o planejamento se aproxima mais e melhor da cultura em que se desenvolve a ciência e em que os alunos estão inseridos.

Aprender, neste ideário educativo, é tomar o conhecimento em mãos e a atividade e o protagonismo estudantil ganham a cena do processo de ensino. O professor assume a faceta de mediador e provocador deste processo. Ou seja, aprender envolve dois processos, um ligado ao sujeito que estabelece significados para aquilo que aprende, (mediação cognitiva), e outro ligado ao professor, que regula e organiza essa elaboração, dando-lhe forma, apontando os caminhos possíveis e procurando tornar o objeto do conhecimento compreensível ao sujeito, (mediação didática). Pode-se, então, elucidar que:

A mediação didática, por assim dizer, consiste em estabelecer as condições ideais à ativação do processo de aprendizagem. Depende, pois, de uma relação de caráter psicopedagógico estabelecida entre professor e seus alunos e de uma relação didática estabelecida de modo disciplinar ou interdisciplinar entre esse mesmo professor e os objetos do conhecimento. (D'ÁVILA, 2013, p. 20).

Neste contexto, surgem as metodologias que estimulam a atividade do estudante em seu processo de aprendizagem. Ou seja, este tipo de metodologia, chamada de metodologia ativa de ensino e aprendizagem, visa engajar o aluno no processo de aprendizagem, sendo o próprio aluno o protagonista e ativo diante do seu aprendizado. A **Figura 1** corresponde a uma atividade colaborativa em que os alunos estão, por meio de observações físicas, discutindo e analisando um fenômeno da dissolução



Figura 1. Atividade colaborativa em ambiente presencial.

de corantes em água. É possível verificar que além da prática experimental e das observações, os estudantes estão utilizando recursos analógicos e digitais para anotar e registrar suas observações.

Porém, a pandemia causada pelo novo coronavírus, trouxe outra mudança radical e desde 2020 as aulas presenciais foram suspensas e uma nova realidade tomou conta do ensino, agora chamado de ensino remoto, trazendo um desafio gigantesco tanto para os docentes quanto para os discentes. Como fazer o ensino remoto emergencial com base em encontros em que não se perca a atividade e o protagonismo dos docentes e discentes? Como fugir do fantasma do novo tecnicismo, que reduz professores e estudantes a mero executores de tarefas e técnicas, suprimindo a ciência, o pensamento crítico das aulas? Como desenvolver metodologias online que permaneçam interativas e criativas? Se já era um desafio enorme para alguns professores fazer isto em aulas presenciais, no modelo remoto estas dificuldades trouxeram novos problemas – uma situação muito mais desafiadora.

DESAFIOS DO ENSINO DE ENGENHARIA QUÍMICA NO CONTEXTO ATUAL

Antes da interrupção das aulas no ano de 2020, nos cursos de Engenharia Química, embora houvesse predominância do ensino tradicional, víamos também a adoção de outras perspectivas, mais ativas, outras mais críticas. O fato de termos a atividade estudantil no centro do ensino, contudo, não possibilita, por si a ruptura com o tradicionalismo. A este elemento, característico da relação professor-aluno e da metodologia, deve-se somar-se a modificação dos demais, como a mudança da diretividade do processo, refletida nos objetivos de aprendizagem, no modo de acesso ao conteúdo, com aumento do número de fontes de acesso e uma curadoria de extenso material, ou ainda as modificações nos tempos de aplicação e diversidade de metodologias e de instrumentos de avaliação, que poderão estar mais vinculadas às diretrizes do planejamento.

Com o a Resolução Número 2, de 24 de abril de 2019, o Ministério da Educação (MEC) instituiu novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de Engenharia, cujos projetos pedagógicos deveriam ser modificados para currículos baseados em competências.

Está claro e documentado na resolução que, para atingir as competências estabelecidas nas novas DCN, os cursos necessitariam adotar metodologias ativas as quais possibilitam desenvolvimento destas competências, com destaque para o protagonismo, capacidade de expressão oral e escrita, trabalho em equipe – colaboração, responsabilidade e respeito, criatividade – ideias e soluções inovadoras, espírito de liderança e empreendedorismo e o pensamento crítico e reflexivo.

Competência, em termos pedagógicos, é o conjunto do conhecimento – o que se sabe, habilidades – o que se é capaz de fazer, e atitudes – saber ser/agir (**Figura 2**) (ZABALA e ARNAU, 2010). A complexidade do conhecimento, neste sentido, é vista na junção de duas ou três das expressões do conhecimento, visto então com base em sua abrangência, sua totalidade, sua procedência, sua aplicação e o sentido não exclusivo da formação do engenheiro químico, mas ampliado para sua faceta social, originária, científica. A grande dificuldade inicial, para a maioria dos docentes das engenharias, está ligada à compreensão que o conhecimento sistematizado só encontra sentido fora da sala de aula, ampliando-se desde a origem até sua aplicação na vida social e do trabalho. Assim, um velho currículo, focado na instrução, ordenado a partir de uma lógica



Competência é o conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes que possibilitam desempenhar determinada função na busca de resultados satisfatórios

Figura 2. O conceito de competência

mais cartesiana, não permite o entendimento sobre essa circularidade da informação, tão nítida para os nativos digitais e as novas gerações que se comunicam de forma rápida e com várias fontes. Com a pandemia, o surgimento das aulas remotas deixou evidente a dificuldade de planejar, de compreender a interação na base da transmissão, da necessidade de interagir e comunicar-se bem com os aprendizes.

Como tornar aulas remotas mais atrativas, mais dinâmicas? Como fazer com que o aluno tenha um desempenho satisfatório e seja protagonista neste novo modelo de ensino? Como fazê-los desejar um conhecimento que agora toma características mais abstratas? Como trabalhar o conhecimento de modo mais complexo, juntando cognição e ação, habilidades e atitudes, e sobretudo, como avaliar por competências? Nem os professores e nem os alunos estavam preparados para tal mudança. Esta realidade trouxe questões desconhecidas por todos. Por parte dos alunos, uma nova adaptação à realidade imposta pelo isolamento, o distanciamento dos professores e colegas, a manutenção da saúde física e mental e dificuldades de infraestrutura adequadas foram os principais desafios e que causaram desestímulo por grande parte deles. Por outro lado, os professores de repente foram obrigados a mudar a forma de conduzir suas aulas, alguns se sentiram na obrigação de gravar aulas ou se adaptarem para aulas síncronas, muitas vezes sem infraestrutura adequada e de qualidade, além da dificuldade no entendimento sobre como deveriam realizar as avaliações. A maioria, sem dúvidas, transpôs o método presencial e as formas de conceber e sistematizar o planejamento para o ensino remoto. É como encaixar uma bola numa forma quadrada. Sim, é possível haver aulas que convêm

a todos no ensino presencial e no ensino remoto. Em todas as formas há dificuldades e complexidade. Em ambas as situações, mudar requer dos docentes uma modificação de postura e adequação à nova realidade.

Tais mudanças podem ser elencadas em seis passos (Adaptado de: <https://eadbox.com/innovar-seu-ensino-a-distancia/>):

O primeiro passo: é se dispor a estudar a educação, a identificar-se mais como docente do que como engenheiro. Sim, somos professores, como profissão. O modo como nos preparamos para sermos bons engenheiros se diferencia da forma como se prepara para a docência. O saber científico, importante e basilar à docência, precisa somar-se ao saber pedagógico.

O segundo passo: nós precisamos disputar condições de trabalho, requisitar investimentos na infraestrutura, em tecnologia e diferentes formatos de conteúdos, tais como o uso de vídeo-aulas, *podcast*, *webinar*, *e-books* (notas de aula). Desta forma, um mesmo conteúdo ou um conjunto de conteúdos podem ser disponibilizados e acessados pelos estudantes cobrindo uma vasta gama de perfis presentes no ambiente de sala de aula, mesmo que virtualmente, em encontros assíncronos.

O terceiro passo: a evidente necessidade de planejamento das aulas síncronas, dando a estes encontros uma função mais mediadora, provocativa, desafiadora e histórica dos conhecimentos que os estudantes precisam tomar para si, como desafios de sua formação profissional. Ou seja, aulas mais dinâmicas com o uso de desafios, jogos e simuladores on-line e discussão de situações-problema. Assim, a participação dos

estudantes muda sua feição de passividade e estes passam a ter um papel importante no andamento das aulas, transformando-lhes em protagonistas do seu processo de aprendizagem.

O quarto passo: pesquisar o próprio ensino, desde sua concepção até aquela hora em que ele acolhe os resultados. Assim, o docente deve passar a usar da sua enorme capacidade de cientista na investigação de sua ação como docente, da sala de aula e dos diferentes processos de aprendizagem que acontecem em tempos, ritmos e espaços diferenciados. Afinal, se não quebrarmos a simultaneidade, a atividade ficará sempre comprometida.

O quinto passo: é necessária uma maior interação com os estudantes, com o uso de redes sociais para comentar, interagir, compartilhar e analisar o andamento de atividades e desempenho dos alunos.

O sexto passo: por fim, o último passo, e não menos importante, é atualizar o conteúdo com frequência, trazendo novas informações, que certamente terão impacto sobre as fontes de conteúdo e a diretividade deste processo social de democratização das ciências e neste caso mais específico, da mudança que a engenharia química sofre a cada modificação na sociedade em que se aplica.

O MUNDO MUDOU, QUE MUDE O PLANEJAMENTO E A AVALIAÇÃO DA ENGENHARIA QUÍMICA

Conforme já comentado anteriormente, o mundo mudou, mas as instituições de ensino ainda estão atreladas a modos de ensinar e aprender mais semelhantes à sua fundação que ao tempo da mudança

permanente. É interessante debater o quão importante é, em termos instituições, currículos, planejamentos e avaliações mais próximas de nossa cultura. Assim, entende-se a necessidade de transformação do que tínhamos antes da pandemia em termos do ensino presencial este novo cenário, sobretudo em um momento em que vivenciamos o distanciamento social e as aulas têm sido realizadas de forma remota. Portanto, o planejamento em sua totalidade e as formas de avaliação, em particular, precisam ser repensados em conformidade com esse contexto.

O planejamento não é uma tarefa trivial e consiste na sistematização e direcionamento dos elementos do ensino em conformidade com o Projeto de Desenvolvimento Institucional e com o Projeto Pedagógico do Curso. Ou seja, é no planejamento do ensino que podemos identificar as diretrizes do curso, quando são elaborados os objetivos gerais e específicos de cada componente. Os objetivos são, no tocante aos elementos do ensino, a sua espinha dorsal. Dele nascem todos os demais. É comum vermos os professores primeiro determinarem os conteúdos e somente depois pensarem nos objetivos. Entendemos, com base em CASTANHO (2004), que para a confecção dos objetivos teremos três fontes de elaboração: a ciência, a legislação e o contexto em que o ensino acontece. Assim, é nesse tripé que podemos definir as ações dos aprendizes. Para que eles possam realizá-las, precisaremos, professores e estudantes, de conteúdos educacionais advindos das ciências, de metodologias e recursos adequados e de instrumentos de avaliação que possam servir de suporte para o diagnóstico necessário à avaliação da aprendizagem e do processo. Além destes elementos, temos a relação professor-aluno, a qual possibilita a interação entre os sujeitos envolvidos nesta função social de democratização de conhecimentos e poderá conduzir e reconduzir o processo. Neste contexto, os objetivos de aprendizagem são norteadores de todo o planejamento. A partir de sua definição, as estratégias ou metodologias serão trabalhadas para que os objetivos sejam atingidos e as diferentes formas de avaliação atestarão se, efetivamente, os objetivos foram alcançados.

No modelo tradicional, aulas expositivas são ministradas e ao final do ensino provas individuais são realizadas cuja finalidade é classificar os estudantes. Após divulgado o resultado, nada é feito com relação àqueles que não obtiveram êxito. Ou seja, o estudante deverá se esforçar em dobro para recuperar a nota em futuras avaliações. Um outro aspecto, diz respeito às avaliações escritas que visam apenas a obtenção de um resultado final. Muitas vezes, para obtenção deste resultado é requerido do aluno a consulta de dados em tabelas ou em gráficos para poste-

rior substituições de valores em fórmulas específicas. Tudo isto em um tempo pré-estabelecido. Em outras palavras, o que se mede nesse tipo de avaliação é a capacidade de resolver corretamente um problema em um determinado tempo. O que realmente estamos avaliando?

É claro que o estudante de Engenharia Química tem que ser capaz de resolver problemas típicos do curso, de realizar balanços de massa e de energia, de dimensionar equipamentos industriais. Mas será que este modelo de avaliação habilita nossos estudantes a resolver problemas práticos da profissão? É, portanto, preciso repensar esse modelo de ensino e revertermos o planejamento sobretudo no momento em que estamos trabalhando as mudanças curriculares sugeridas pelas novas DCN para os cursos de engenharias. Para isso é preciso entender que existem objetivos de aprendizagens distintos e gradativos que surgem quando trabalhamos com disciplinas de fundamentos, tais como os Balanços de Massa e de Energia, Termodinâmica e os Fenômenos de Transporte, ou com as disciplinas de aplicação, como as Operações Unitárias e Cálculo de Reatores, por exemplo. Baseando-se nos objetivos, podemos avaliar a melhor estratégia (ou metodologia de ensino) e, por fim, as diferentes formas de avaliação.

A avaliação da aprendizagem é, sem dúvidas, o elemento mais desafiador em relação ao planejamento do ensino. Na prática avaliativa incorporamos nossos princípios e crenças sobre a educação, aprendizagem e ensino, e muitas vezes, o modo como avaliamos é incoerente aos princípios didáticos estruturantes e das metodologias desenvolvidas em sala de aula. Avaliar, segundo LUCKESI (1995), indica um processo de diagnóstico da aprendizagem, que implica, como processo, nos encaminhamentos necessários a um resultado mais satisfatório em relação a esta aprendizagem. Ou seja, avaliamos para tomar decisões, para tomar as melhores decisões. Os instrumentos têm importância como elemento do processo, são essenciais para a coleta de dados sobre a aprendizagem, e nos permitem analisar os diferentes modos de investigação sobre o processo de ensino e sobre as manifestações dos conhecimentos dos aprendizes. Segundo ESTEBAN (1999:15) a avaliação tem-se constituído num processo que gera práticas que dificultam a expressão dos múltiplos saberes, negando a diversidade e contribuindo para o silenciamento de alunos e alunas – e por que não, de professores e professoras – portadores de conhecimentos e atuações que não se enquadram nos limites predeterminados: a semelhança e o acerto. As vozes dissonantes são avaliadas negativamente, não havendo espaço, no cotidiano escolar, para sua expressão, reconhecimento, indagação e fortalecimento.

Para entendermos um pouco mais sobre a complexidade da avaliação, vamos analisar a **Figura 3**. Nesta figura, podemos ver que o ato de avaliar não é uma tarefa trivial e requer um entendimento sobre: quem avalia? O quê se avalia? Onde se avalia? Quando se avalia? Como se avalia? E o por quê se avalia?



Figura 3. A complexidade da avaliação sob diferentes aspectos. Adaptada de <http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2020/05/principios-educacao-online/>

A avaliação pode ser realizada pelo professor (heteroavaliação), pelo próprio aluno (autoavaliação) ou por toda a turma (avaliação colaborativa). Na avaliação, podem ser considerados o conhecimento, as habilidades e atitudes – as competências mencionadas anteriormente. Esta avaliação pode ocorrer tanto nos modos presenciais quanto on-line. Entretanto, temos que ter em mente que a avaliação da aprendizagem é um processo que ocorre no espaço e no tempo, podendo ser realizado em três momentos distintos, conforme mostrado na **Figura 4**.



Figura 4. Avaliação – método de coleta e análise de dados

Avaliação diagnóstica: ocorre antes do ensino e tem por finalidade levantamento de informações sobre conhecimentos prévios necessários para a condução do processo de ensino e aprendizagem.

Avaliação formativa: ocorre durante o processo de ensino cuja finalidade é de acompanhar o aprendizado por meio de diferentes instrumentos de avaliação, permitindo interferências e alterações no planejamento para se atingir o objetivo de aprendizagem desejado.

Avaliação somativa: ocorre após o ensino, que tem por objetivo consolidar a aprendizagem por meio da verificação e análise dos objetivos de aprendizagem atingidos.

A questão que talvez gere maiores dúvidas aos docentes é sobre como avaliar de forma eficaz sobretudo com as novas mudanças sugeridas pela novas DCN e também nas aulas remotas. O conhecimento, pode ser avaliado por meio de questionários, mini testes, listas de exercícios. As habilidades por meio de projetos, trabalhos e desafios. Por fim, atitudes podem ser consideradas avaliando a presença, participação e colaboração nas atividades propostas.

Para tal, diversos instrumentos de avaliação podem ser empregados com os mais recursos tecnológicos digitais que permitem atividades interativas e colaborativas, jogos e quizzes, simuladores on-line, dentre tantos instrumentos disponíveis. Além disso, é importante que cada turma possa decidir sobre quais são os melhores instrumentos para diagnosticar a aprendizagem e auxiliar na permanente função de orientação do processo, função da avaliação como elemento do planejamento. Sim, a função do elemento avaliação neste rol de componentes não é a certifi-

cação de processos, nem a exclusão, como há em outras práticas sociais ligadas à educação, como ENADE e ENEM. O sentido da avaliação em sala de aula é a recondução do processo. Quando os estudantes aprendem, reconduzir para que sigam adiante. Quando não aprendem, reconduzir para que possam finalmente aprender. É um processo artesanal de acompanhamento das aprendizagens, há ritmos e possibilidades distintas em cada turma. Para que a avaliação possa coletar as evidências de aprendizagem do aluno, são necessários múltiplos instrumentos de avaliação, muitas vezes para a consecução de um único objetivo. Não só instrumentos diferentes, mas também fontes de conteúdos diversificados e metodologias diversas.

O mais importante, no momento atual, sem dúvida é possibilitar em maior escala de tempo para planejamento e qualidade do processo permanente de investigação do ensino, investir em cursos e assumir a cultura digital como integrante do processo de aprendizagem da ciência, proporcionando um ambiente de sala de aula atrativo e coerente com o plano pedagógico.

O instrumento de coleta de dados é um recurso, importante e necessário, ao processo mais amplo de avaliação, entendida como acompanhamento da aprendizagem, em busca da construção de resultados positivos. O instrumento não é a avaliação. Nesse sentido é necessário cuidar de sua elaboração, assim como dos resultados obtidos com a aplicação dos instrumentos. A partir daí é possível reorientar a ação docente de acordo com os dados informados nos instrumentos.

As reflexões apresentadas pretendem destacar a importância da elaboração dos instrumentos de aval-

iação, para que possam ser mais eficazes enquanto fornecedores de evidências da aprendizagem ou de possíveis dificuldades que os estudantes enfrentam para alcançar tais aprendizagens. Embora tenhamos voltado a discussão para a elaboração de testes e provas, os instrumentos utilizados, quaisquer que sejam, demandam planejamento e articulação com os objetivos, conteúdos e metodologia previstos no planejamento, e se sustentam numa concepção pedagógica. Conforme afirmado por LUCKESI (2011), o que distingue a avaliação dos exames não são os instrumentos, mas sim a postura pedagógica.

AUTORES

Ivanildo José da Silva Junior^{1}*

Bernadete de Souza Porto²

Ismael Pordeus Bezerra Furtado³

¹ Departamento de Engenharia Química - Centro de Tecnologia - Universidade Federal do Ceará. Av. Mister Hull, s/n - CEP 60455-760 - Fortaleza - CE.

*e-mail: ivanildo@ufc.br

² Faculdade de Educação - Universidade Federal do Ceará. Rua Waldery Uchoa, 01 - Benfica - CEP 60020-110 - Fortaleza - CE.

³ Instituto Universidade Virtual - Universidade Federal do Ceará. Av. Humberto Monte, s/n, bloco 901, 1º andar - CEP: 60.440-554 - Fortaleza - CE.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Isabel. Formação do Professor do Ensino Superior: desafios e políticas institucionais. 1 ed. São Paulo, Cortez: 2012.

CASTANHO, Maria Eugenia. Os objetivos da educação. In: Veiga, Ilma A.P. Repensando a Didática. Campinas, SP: Papirus, 21^a. Ed. Pág 65-75, 2004.

CASTELLS, Manuel. The Internet Galaxy, Reflections on the Internet, Business and Society. Oxford, Oxford University Press (2001).

D'ÁVILA, Cristina Maria. Docência na educação superior: labirintos e saídas na construção da profissionalidade docente. In: D'ÁVILA, Cristina Maria; VEIGA, Ilma Passos Alencastro. (Organizadoras). Profissão Docentes na Educação Superior. 1 ed. Curitiba, PR: CRV, 2013.

ESTEBAN, Maria Tereza (org.) Avaliação: uma prática em busca de novos sentidos. Rio de Janeiro: DPeA, 1999.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996. (Coleção Leitura).

LUCKESI, Cipriano C. Avaliação da Aprendizagem Escolar. São Paulo: Cortez, 1995.

ZABALA, Antoni; ARNAU, Laia. Como Aprender e Ensinar Competências. Artmed Editora, Porto Alegre -RS, 2010.

<https://eadbox.com/innovar-seu-ensino-a-distancia/>. Último acesso em 22 de fevereiro de 2021.

<http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2020/05/principios-educacao-online/>. Último acesso em 15 de março de 2021.

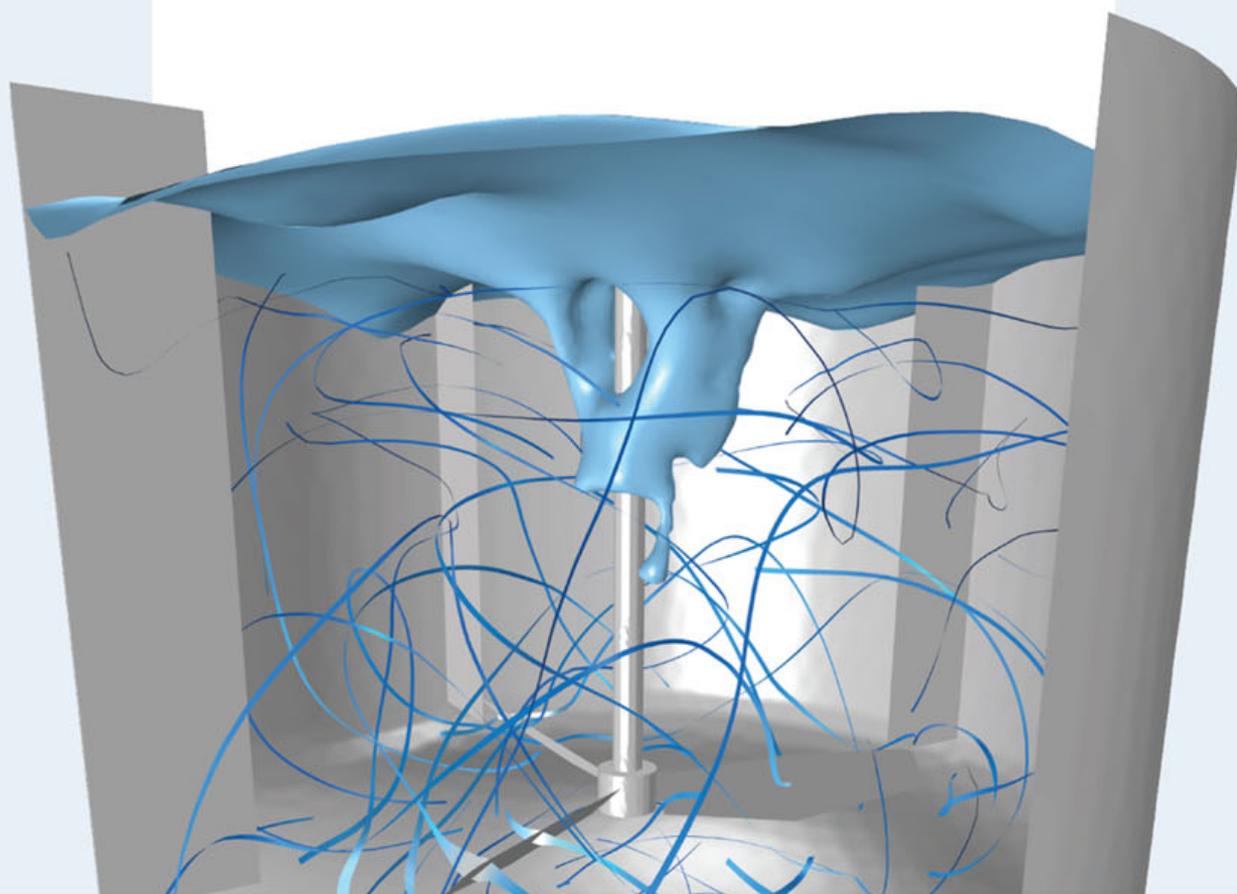


ESTUDO DE CASO SOBRE SIMULAÇÃO

Quando um engenheiro químico tem uma solução...

O processo químico chamado de extração líquido-líquido é frequentemente usado para infundir sabores da gordura para o álcool. Também pode ser encontrado em processos de escala industrial como descafeinação, recuperação de vitaminas e separação de sabores e fragrâncias. Para entender o escoamento bifásico disperso que ocorre nestes casos, os engenheiros podem usar modelagem CFD.

SAIBA MAIS comsol.blog/fat-washing



 COMSOL

O software COMSOL Multiphysics® é usado para simular projetos, dispositivos e processos em todos os campos da engenharia, manufatura e pesquisa científica.

O PASSADO, A ATUALIDADE E O FUTURO PRÓXIMO DA INDÚSTRIA QUÍMICA PORTUGUESA

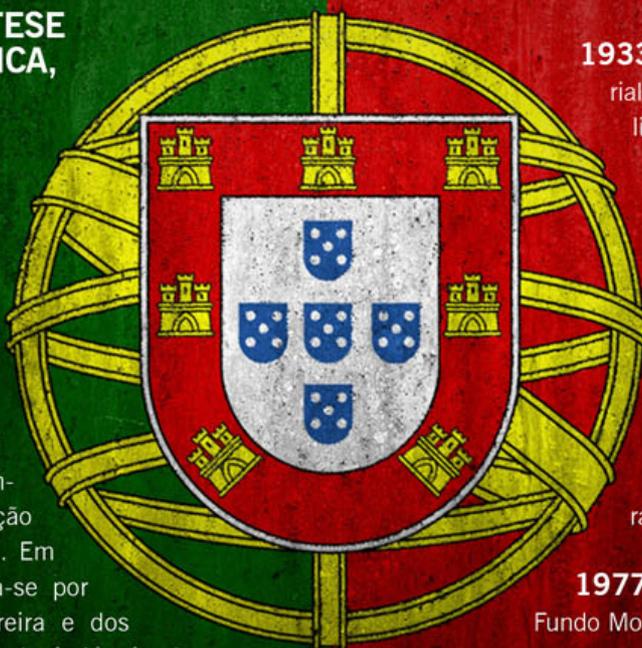
Por Marcelo Melo

INTRODUÇÃO - SÍNTESE DA HISTÓRIA POLÍTICA, ECONÓMICA E INDUSTRIAL PORTUGUESA NOS SÉCULOS XX E XXI

Foi ainda sob governação régia que Portugal sofreu o seu surto industrial, mais precisamente nos anos 1880, incidindo particularmente no setor têxtil e de alimentação, mas também nas conservas, fundição de metais, cortiça e louças¹. Em franca expansão encontrava-se por esta altura a indústria vidreira e dos tabacos¹. O primeiro alvará da indústria do cimento ocorreu no ano 1894, e teve como objeto o «fábrica de cimento artificial Portland por via húmida ou seca»¹. É também por esta altura que se dá o arranque da indústria química em Portugal, materializada pela fabricação de adubos e existência de matérias primas (piritas). Na sequência desta dá-se o surgimento da produção de tintas e vernizes, sabões e produtos de limpeza, pasta de papel, produtos resinosos, e aditivos para o setor têxtil².

Visto que o nascimento oficial da disciplina de engenharia química (EQ) ocorreu na transição do século XIX para o século XX, vale a pena recordar os marcos políticos e económicos ocorridos em Portugal desde essa ocasião e que tiveram impacto na evolução industrial do país:

1910 - Implantação da República Portuguesa, abandonando o regime de monarquia constitucional;



1933 - Início do regime ditatorial conhecido por Estado Novo, liderado por António de Oliveira Salazar;

1960 - Integração de Portugal na Associação Europeia do Comércio Livre (EFTA);

1974 - A Revolução dos Cravos encerra 44 anos de ditadura, e inaugura a democracia;

1977 - Primeira assistência do Fundo Monetário Internacional ao país;

1983 - Segunda assistência do Fundo Monetário Internacional ao país;

1986 - Fim da participação na EFTA e integração na Comunidade Europeia (hoje União Europeia);

2002 - Portugal adota o Euro (€) como moeda oficial;

2011 - Terceira assistência do Fundo Monetário Internacional ao país;

2021 - Plano de Resiliência e Recuperação reformará o país no pós-pandemia COVID-19;

De entre as empresas industriais que acompanharam a evolução do país por vários dos marcos acima elencados é impossível não falar da Companhia União Fabril (CUF), quenasceno final do século XIX. A primeira grande fábrica da CUF foi implantada no Barreiro em 1907, expandindo

para áreas tão diversas como os produtos químicos, o tabaco ou a construção naval. O seu grande impulsionador, Alfredo da Silva, comandou a empresa até 1942, passando com a sua morte o grupo a ser gerido por Manuel de Mello, que aposta numa rápida expansão em áreas como mobiliário, amoníacos, piritas, fiação, metalomecânica, papel, petróleo etc.³. O lema “O que o País não tem, a CUF cria”, celebrizado pela empresa, traduz com clareza o papel central que esta assumiu na realidade industrial do país. O período subsequente à Revolução dos Cravos de 1974 é marcado por nacionalizações (inclusive da CUF) e reprivatizações das empresas industriais portuguesas, sob enorme turbulência e tensão.

Vinte anos mais tarde, em 1994 o governo português liderado pelo socialdemocrata Aníbal Cavaco Silva encomenda um estudo ao aclamado economista norte-americano Michael Porter, com vista apontar caminhos para o desenvolvimento da competitividade da economia portuguesa. O resultado desta radiografia apontou 11 clusters estratégicos, cinco deles económicos, a saber: o vinho; turismo; a u t o m ó v e l ; calçado; têxteis; madeira e cortiça. A mudança de governo e a falta de consenso sobre o enfoque nestas áreas impediu a sua implementação no país.

No ano de 1998, Portugal organiza Exposição Internacional de

Lisboa de 1998 – EXPO'98 – e o que os milhares de visitantes deste eventodificilmente saberão é que o palco físico onde decorreu todo o intercâmbio cultural transnacional foi empreendido sobre uma área correspondente à antiga Refinaria de Cabo Ruivo, que havia sido inaugurada em 1940 com um potencial de refinação de 300 mil toneladas/ano⁴. A refinaria de Cabo Ruivo foi sendo ampliada até à sua desativação em 1979 com a entrada em funcionamento da Refinaria de Sines⁴. O arranque do processo team-cracking em Sines no ano de 1982 dá início à produção de olefinas em Portugal⁵.

A ATUALIDADE - A INDÚSTRIA QUÍMICA E RELACIONADAS EM GRANDES NÚMEROS

De modo a permitir visualizar os contributos diretos da indústria química, mas também do conjunto de setores industriais que lhe são relacionados, foram preparados dois gráficos de apoio ao texto, um deles com o número de empresas e trabalhadores por setor industrial

(Figura 1); e outro com volume de negócios (em % do PIB) e exportações (em % do total exportado), também por setor industrial⁶.

Começando pela indústria química portuguesa, esta é oficialmente definida como o setor que produz produtos químicos, fibras sintéticas ou artificiais, excluindo da categoria os produtos farmacêuticos. Este setor compreende 829 empresas (0.07 % do tecido empresarial português) e um universo de 13 420 trabalhadores (0.33 % da força de trabalho nacional), ver Figura 1. Em conjunto, estas empresas e trabalhadores são responsáveis por um volume de negócios 4.8 mil M€, equivalentes a 2.3 % do PIB português. Destinados a exportação (em 2019) foram 3.4 mil M€, correspondentes a 5.7 % do total exportado pelo país, ver Figura 2. Os cinco principais destinos de exportação da indústria química portuguesa são Espanha (mil M€), Países Baixos, Alemanha, Turquia e Bélgica (210 M€). Já os principais fornecedores de importações são Espanha (2.4 mil M€), Alemanha, Países Baixos, França e Itália (346 M€).

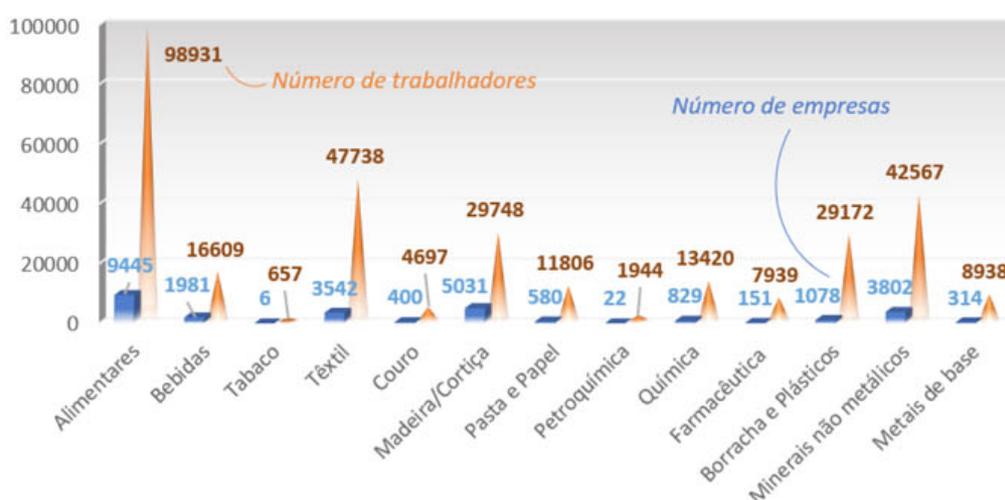


Figura 1. Total de empresas (cones, laranja) e total de trabalhadores (cubos, azul) em Portugal por setor industrial no ano de 2018⁶.



Figura 2. Volume de negócios em % do PIB português no ano de 2018 (cone, amarelo) e peso (em %) no total exportado pelo país por setor industrial no ano de 2019 (cilindro, verde) ⁶.

como a Química; Petroquímica; Borracha e Plásticos; e Pasta e Papel, a importância económica está claramente desfasada da quantidade de empresas e trabalhadores que representam esses setores, sugerindo uma maior concentração das atividades em empresas de maior dimensão e/ou automatizadas, possivelmente em favor de economias de escala.

Num sentido mais lato, é pertinente somar à indústria química propriamente dita outros setores igualmente associados à especialidade profissional de EQ, a saber: Indústrias Alimentares; das Bebidas; do Tabaco; de Fabrico de Têxteis; do Couro (curtimento); da Madeira e Cortiça; da Pasta, Papel e Cartão; da Petroquímica; da Farmacêutica, das Borrachas e Plástico; de Minerais não metálicos (vidro, cerâmica, porcelana, cimento, concreto, cal e gesso); e de metais (siderurgia). Ao fazê-lo, o universo de empresas salta para mais de 27 mil entidades, e o total de trabalhadores para mais de 314 mil. Já o volume de negócios passa a totalizar 56.2 mil M€, equivalentes a 26 % do PIB luso. Já no domínio das exportações, o conjunto industrial considerado somou no ano de 2019 um total de 26.9 mil M€ exportados, que valeram 45 % do total exportado pelo país. Enquanto parceiro comercial, o Brasil surge referenciado nos indicadores de importação do setor de Madeira e Cortiça, e como destino importante de exportação do setor Alimentar.

Os 4 setores com mais empresas e mais trabalhadores são as Indústrias

Alimentares; Madeira e Cortiça; Minerais não metálicos; e Fabrico de Têxteis. Conjuntamente estes 4 setores valeram em 2018 cerca de 80 % das empresas do conjunto industrial considerado, e 70 % da respetiva força laboral. Destaque para o setor da Petroquímica que representava em 2018 não mais do que 22 empresas e um total de trabalhadores inferior a 2000. Ao considerarmos a relevância económica dos vários setores industriais afins com EQ, os 4 com maior volume de negócios em Portugal no ano de 2018, por ordem decrescente de importância, foram as Indústrias Alimentares; Petroquímica; Química; e Borracha e Plásticos, correspondentes a 55 % do total de volume de negócios do conjunto selecionado. Já em matéria de importância para exportações, os quatro maiores contribuintes são, em ordem decrescente, as indústrias Alimentares; Química; Petroquímica; e Borracha e Plásticos. Os elementos apresentados permitem perceber que os setores industriais alvo de análise assumem papéis diferentes para a economia portuguesa nos indicadores considerados. É destaque a presença forte das indústrias Alimentares nos quatro indicadores. Por sua vez, para setores

A ATUALIDADE - AS MAIORES EMPRESAS DA INDÚSTRIAS QUÍMICA E RELACIONADAS

Tendo como critério o volume de negócios, várias são as empresas industriais portuguesas (químicas e relacionadas) que individualmente se destacam no grupo das maiores do país⁷:

- 1 Ocupando a posição cimeira em Portugal surge a **Petrogal** com mais de 7 mil M€ de vendas feitos em 2017 em produtos petrolíferos refinados, produzidos com a ajuda de cerca de 1500 colaboradores. A empresa pertence ao grupo Galp Energia (cotado na Bolsa de valores de Lisboa), e abrange as duas refinarias de petróleo existentes em Portugal: em Sines e Leça da Palmeira.
- 2 A **Navigator Tissue Ródão**, pertencente ao grupo Navigator (cotado na Bolsa de valores de Lisboa), dedica-se à fabricação de

papel *tissue*. Em 2017 faturou 1.4 mil M€, empregava 242 colaboradores, e ocupava o 14º lugar no ranking global nacional.

3 A **Continental Mabor - Indústria de Pneus** é detida pelo grupo alemão Continental e atua na fabricação de pneus. Em 2017 as vendas ascenderam a 831 M€ e tiveram a ajuda de 1864 colaboradores. Ocupava à data o 21º lugar no ranking global nacional.

4 A **LACTOGAL** empregava em 2017 um total de 1460 colaboradores na produção de laticínios alimentares, faturou 644 M€, e constava 29º lugar nacional.

5 A **Repsol Polímeros** – da petrolífera espanhola Repsol – cuja unidade produtiva em Sines tem o polietileno como o produto mais importante, apresentou em 2017 vendas de 636 M€ e um total 482 funcionários, valendo-lhe o 30º lugar nacional.

6 A divisão portuguesa do grupo francês **FAURECIA**, dedica-se a fabricar componentes e acessórios para veículos automóveis, e totalizou vendas de 590 M€ com ajuda de 524 recursos humanos, valendo-lhe o 32º lugar nacional.

7 Com um volume de negócios 580 M€ feitos na produção de biocombustíveis, e com ajuda de 446 trabalhadores, a 7ª posição (32º lugar nacional) é preenchida pela **Prio Energy**.

8 A **Navigator Paper Figueira** - também pertencente ao grupo Navigator, faturou 473 M€ e empregou 618 pessoas na produção de papéis finos de impressão e escrita não revestidos, valendo-lhe o 45º lugar nacional.

9 Com 466 M€ em vendas surge a **Nestlé Portugal** – divisão lusa do grupo suíço Nestlé – que empregava em 2017 quase 1800 pessoas na produção diversificada de cereais para alimentação humana, laticínios, café solúvel, etc. Ocupava o 46º lugar nacional.

10 A 10ª posição (51º lugar nacional), é ocupada pela **About the Future** - mais uma empresa do grupo Navigator - dedicada à produção de papel fino não revestido. Faturou 415 M€ em 2017.

Da 11ª à 20ª posição daremos aqui nota das empresas de forma ainda mais resumida. Não olhando a ordens específicas, surgem nesta segunda metade do ranking as empresas **Unicer bebidas** e **Sumol+Compal – Marcas** (produção de bebidas); a **Celbi**, a **Navigator Pulp Figueira**, e a **Navigator Pulp Setúbal** (produção de pasta de papel); a **Sovena Oilseeds Portugal** e a **Sovena Portugal** (produção de óleos alimentares); A **Amorim & Irmãos** (produção de rolhas de cortiça); a **Faurecia - Assentos de Automóvel Lda** (produção de componentes de automóvel); e a **BA Glass** (produção de vidro).

O FUTURO - RUMOS PARA A INDÚSTRIA QUÍMICA E RELACIONADAS EM PORTUGAL

Atendendo aos danos causados pela pandemia causada pela COVID-19, o governo socialista liderado por António Costa encomendou e deu a conhecer em 2020 um plano estratégico com enfoque industrial. O autor do estudo é o engenheiro, académico e gestor, António Costa Silva, presidente da Comissão Executiva da Partex Oil and Gas (empresa herdeira até 2019 dos contratos de longo-prazo no setor petrolífero firmados pelo multimilionário arménio Calouste Gulbenkian). No documento, intitulado Visão Estratégica para o Plano de Recuperação Económica e Social 2020-2030⁸, o consultor identifica o contexto presente como sendo uma oportunidade de ouro para visitar os clusters (do relatório Porter de 1994 citado na introdução deste artigo), e alinhá-los com as tendências mais significativas da economia do futuro.

Fazendo um diagnóstico às décadas recentes, Costa Silva fala de um país fragilizado pela desindustrialização acelerada e pela subalternização da economia produtiva. Apontando para setores que carecem de reindustrialização, refere-se à indústria transformadora, dos moldes e injeção de plásticos, à química, metalomecânica, têxteis e calçado, à indústria automóvel e aeronáutica, até à ciência dos novos materiais e produtos compósitos. Uma das virtudes deste plano é o defornecer exemplos concretos. Se filtradas pela lupa de EQ, encontramos na Visão Estratégica de Costa Silva as seguintes propostas com forte potencial para o futuro e onde o país pode explorar vantagens competitivas e competências endógenas:

Fomento à engenharia de produto - É preciso produzir produtos internacionalmente inovadores e na fase ascendente do seu ciclo, sendo que o país tem competências tecnológicas em áreas de ponta, incluindo ciência dos materiais, eletrônica de papel, biotecnologias, ciências de saúde, fabricação de medicamentos.

Promoção do cluster do hidrogênio verde

- As tecnologias do hidrogênio ainda não estão maduras, no entanto o processo de redução de custos está a acontecer, o potencial é enorme e existe uma aposta clara da União Europeia para o desenvolvimento da cadeia do hidrogênio como gás renovável.

Aproveitamento dos recursos minerais do país

- O país tem recursos minerais estratégicos, como o lítio, o nióbio, o tântalo e as terras raras, (...) cobalto, níquel, manganês, e sulfuretos polimetálicos. A reativação da indústria mineira em Portugal só faz sentido hoje no quadro de economia eco-eficiente, de baixa intensidade carbônica e com base em tecnologias digitais massificadas e em práticas de reutilização, reciclagem e substituição.

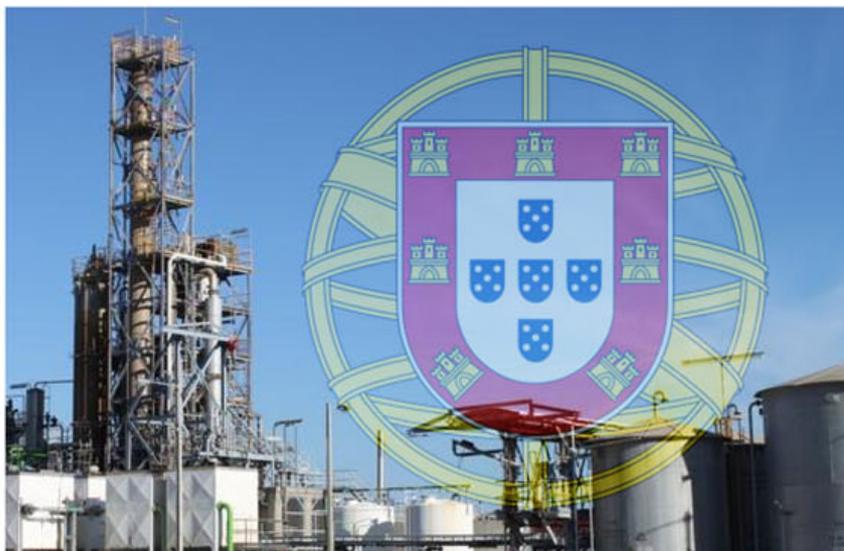
Potenciação da economia circular e bioeconomia

- O país tem um forte setor primário na fileira florestal, agroalimentar, pesca e aquicultura (incluindo algas e microalgas) e knowhow científico suficiente para fazer emergir o seu potencial em vários setores relacionados com a bioeconomia.

Descarbonização da indústria nacional

- Assegurar a descarbonização dos processos industriais e adotar economia circular que permitam tornar a indústria nacional mais competitiva e mais sustentável. Subprogramas específicos devem ser criados para algumas das indústrias mais poluentes, como as cimenteiras, siderurgias e petroquímicas.

Os próximos anos serão decisivos para perceber que indústria química (e setores industriais relacionados) terá Portugal para a década que tem pela frente. O reforço dos laços industriais com o Brasil é



certamente uma opção em cima da mesa, que não parece ter merecido em anos passados a atenção que merece dada a proximidade umbilical entre os dois países.

AUTOR

Marcelo Melo

Tem 33 anos, é pesquisador doutorado em EQ pela Universidade de Aveiro (Portugal), e é desde 2010 fundador e editor do projeto Blogue Engenharia Química (www.engenharia-quimica.blogspot.com), que tem por missão a divulgação de conteúdos de EQ em língua portuguesa.

REFERÊNCIAS

¹ M.F. Rodrigues, J.M.A Mendes, História da Indústria Portuguesa - Da idade média aos nossos dias - Associação Industrial Portuense, Publicações Europa-América, 1999.

² F.R. Ribeiro As Indústrias Químicas em Portugal - Perspectivas para o Século XXI", Escolar Editora, 2007.

³ F. Rosas, História a história - A CUF do Barreiro, um século de indústria, RTP/ Garden Films, 2015.

⁴ J. Leite, Sacor, Restos de Coleção, 2011.

⁵ C.P. Nunes, O Desafio da Gestão Industrial em Portugal, Verbo, 1998.

⁶ Industria Transformadora - Infografias, Direção-Geral das Atividades Económicas - República Portuguesa, 2021.

⁷ 1000 maiores empresas portuguesas, Semanário Expresso, 2017.

⁸ António Costa Silva, Visão Estratégica para o Plano de Recuperação Económica e Social 2020-2030, 2020.



BJCHE

BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING

O Brazilian Journal of Chemical Engineering (BJChE) publica artigos sobre pesquisas básicas e aplicadas e inovação na área de Engenharia Química e áreas afins. O BJChE publica artigos originais, comunicações curtas e cartas ao editor. Artigos de revisão relatando discussões relevantes e conclusões de artigos publicados também são considerados para publicação.

São publicados trabalhos sobre pesquisa básica e aplicada, e inovação na área de Engenharia Química e áreas afins. O BJChE é propriedade da **Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ)** e recebe trabalhos de autores do mundo todo.

Até 2019, o BJChE era publicado pelo Scielo, onde os artigos ainda estão disponíveis (https://www.scielo.br/scielo.php?pid=0104-6632&script=sci_serial). A partir de 2020, passou a ser publicado pela Springer (<https://www.springer.com/journal/43153>).

SÃO APRESENTADOS A SEGUIR, TRABALHOS PUBLICADOS NAS EDIÇÕES DE DEZEMBRO DE 2020 E MARÇO DE 2021 NO BJCHE

Pereyra, D.d.L.A.D., Rueger, I.B., Barbosa, P.A.M.d.A. et al. Co-fermentation of glycerol and molasses for obtaining biofuels and value-added products. Braz. J. Chem. Eng. 37, 653–660 (2020). <https://doi.org/10.1007/s43153-020-00056-4>

Subprodutos da produção de biocombustíveis, como glicerol bruto e melaço de cana-de-açúcar, são fontes de carbono interessantes para a produção biológica anaeróbica de hidrogênio e metabólitos. O objetivo deste trabalho foi promover a cofermentação desses dois substratos em um reator anaeróbico de leito fluidizado para obtenção de biocombustíveis e produtos de valor agregado. Os volumes total

e útil do reator foram 1,2 e 0,945 L, respectivamente. Lodo de uma planta de tratamento de esgoto reator UASB foi usado como fonte de microrganismos. Pedacos de pneu moído foram aplicados como material de suporte para garantir a adesão microbiana. A concentração de melaço foi mantida constante (4 g / L) e o glicerol bruto variado (fase 1 = 1 g / L; fase 2 = 2 g / L, fase 3 = 3 g / L e fase 4 = 0 g / L)

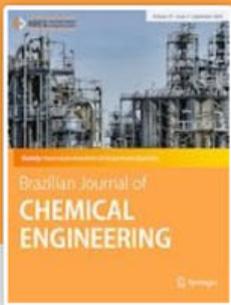
para um tempo de retenção hidráulica constante de 4 h. O maior rendimento médio de hidrogênio (3,77 mol-H₂ / mol glicose) e a maior taxa média de produção de hidrogênio (0,34 L-H₂ / h L reator) ocorreram na quarta fase de operação (sem glicerol bruto). Os principais metabólitos solúveis produzidos foram 1,3-propanodiol (14,4-38,8%), propionato (12,1-37,5%) e acetato (13,2-26,9%).

Okoro, E.E., Otuekpo, J.E., Ekeinde, E.B. et al. Rate and equilibrium based modeling with the sequential quadratic programming optimization method for glycol dehydration of produced natural gas. Braz. J. Chem. Eng. 37, 745–756 (2020). <https://doi.org/10.1007/s43153-020-00064-4>

É de grande importância determinar a temperatura e a pressão ideais para a desidratação do gás natural em uma unidade de absorção de glicol

e a recuperação do glicol da mistura de glicol e água em uma unidade de dessorção. Embora o modelo de base de equilíbrio para o projeto da coluna

de absorção tem sido usado, o modelo com base na taxa para a unidade de absorção oferece uma técnica promissora e provou ser mais preciso



BJCHE

BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING

na determinação dos parâmetros do projeto. Neste estudo, a desidratação de uma planta de gás natural foi modelada com otimização de seus parâmetros. Os efeitos sobre o custo foram estudados de forma adequada. A análise de sensibilidade resultante da simulação mostrou que uma temperatura mais baixa para a absorção efetiva da água da corrente de gás pelo solvente trietilenoglicol (TEGlicol)

é esperada, enquanto uma temperatura mais alta e maior dever de reinicialização são necessários para a regeneração do solvente do Rico Fluxo de TEGlicol em uma coluna de destilação. O método de otimização direta de programação quadrática sequencial (SQP) foi empregado para otimizar os principais parâmetros da planta de desidratação de gás natural. A temperatura ótima de 267 ° F e a operação do Reboiler de

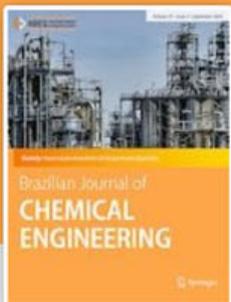
169.789 Btu / h proporcionou uma pureza de recuperação de TEGlicol de 0,99. Um custo de capital minimizado de 3,73 milhões de dólares americanos e um custo operacional de aproximadamente 1 milhão de dólares americanos também foi observado.

Maciel, S.T.A., Reis, J.H.C., da Silva, G.F. et al. Bio-oil production from Moringaoleifera Lam. residue through fixed-bed pyrolysis. Braz. J. Chem. Eng. 38, 123–131 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43153-020-00081-3>

A degradação térmica de materiais lignocelulósicos é uma das abordagens mais promissoras para a obtenção de fontes de energia e produtos químicos. Neste estudo, a caracterização química e termoquímica de sementes e resíduos de Moringa oleifera Lam. mostraram que a biomassa pode ser potencialmente utilizada para produzir energia por meio de um processo de conversão termoquímica. As sementes e biomassas de Moringa oleifera Lam. foram submetidos à pirólise, principal método de conversão termoquímica. As reações de pirólise foram conduzidas em um reator de leito fixo de aço inoxidável sob pressão de nitrogênio atmosférico, temperaturas de 500–600 °C e fluxo de gás N₂ de 1 e 3 mL min⁻¹. O valor calorífico da

biomassa variou de 17 a 21 MJ/kg. Foram selecionados os resultados obtidos na otimização das condições de pirólise em um reator de leito fixo, temperatura de 600 ° C e fluxo de N₂ de 1 mL min⁻¹. A análise cromatográfica (GC/MS) do bio-óleo permitiu a identificação e semiquantificação das diferentes classes químicas presentes nos bio-óleos (ácidos, fenóis, oleonitrilas, hidrocarbonetos, aromáticos, cetonas, aldeídos, éter, aminas, amidas, álcool). Observou-se alto teor de ácidos carboxílicos (valores superiores a 70%) para as sementes e resíduo mecânico, e alto teor de compostos fenólicos e nitrogenados, com 43% em ambos os casos, para o resíduo de Soxhlet. Os resíduos da moringa podem ser considerados uma fonte produtiva de

bioprodutos, reduzindo significativamente os efeitos nocivos dos produtos químicos oriundos dos combustíveis fósseis, ao mesmo tempo em que minimiza o descarte de resíduos no meio ambiente.



BJCHE

BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING

Anacleto, T.F., e Silva, A.E.G.d., da Silva, S.R. et al. *Chemical exergy influence in the exergetic analysis of a real clinker rotary kiln*. *Braz. J. Chem. Eng.* 38, 197–214 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43153-020-00084-0>

O processo que mais demanda energia na indústria do cimento é a produção de clínquer, realizada em forno rotativo. Assim, as análises energéticas e exergéticas de fornos rotativos são ferramentas úteis para alcançar melhorias no processo de produção de cimento. A análise energética é baseada na primeira lei da termodinâmica e permite calcular os usos e perdas de calor. Por outro lado, a análise exergética é baseada na combinação da Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica e permite quantificar as irrevers-

ibilidades do processo. Algumas análises de exergia de forno rotativo desprezam a exergia química dos fluxos de massa na análise exergética, considerando apenas a exergia química do combustível. Neste trabalho, foi avaliado o impacto da exergia química nesta análise. O efeito de pré-calcinação também foi estudado. A eficiência exergética clássica e moderna dos fornos rotativos considerando todas as contribuições de exergia química foi de 55,5% e 41,8%, respectivamente, enquanto considerando apenas a

exergia química de combustível foi de 38,2% e 22,6%, respectivamente. Os resultados mostraram que é inadequado desprezar a exergia química dos fluxos de massa, uma vez que sua contribuição na análise exergética foi relevante. Além disso, observou-se que o método adotado na avaliação da eficiência do processo afeta a interpretação do sistema. Considerando a eficiência exergética moderna, os resultados mostraram que quanto maior a pré-calcinação, maior a eficiência do forno rotativo.

