

desafiante e complicado para a implementação de técnicas de controle avançado e otimização em tempo real.”

Margarina e penicilina: A utilidade do *software* é especialmente importante na indústria química. Mas suas aplicações não param por aí. Ele pode ser usado em diversas indústrias com processos contínuos de produção. Maciel Filho dá como exemplos os reatores de leito fixo para a produção de anidrido maleico; reatores de hidrogenação para a produção de margarina e creme vegetal; indústrias de craqueamento ou quebra de moléculas do petróleo, por meio de processos catalíticos ou térmicos; indústrias de produção de etanol; e fabricação de penicilina por processo fermentativo.

O *software* desenvolvido na Unicamp tem inclusive algumas vantagens com relação aos similares estrangeiros. Em sua versão adaptativa, é possível encontrar os melhores parâmetros do controlador para chegar a finalidades específicas, dentro do processo, sem a necessidade de interferência humana. O acoplamento com algoritmos, conjuntos de regras expressas sob formas matemáticas para a realização de funções com vistas a um objetivo, facilita a análise dinâmica. E, como se trata de um *software* aberto, o usuário compreende todos os procedimentos de cálculos. “Isso possibilita a qualificação do pessoal envolvido no trabalho”, destaca o professor Maciel.

Desde o início dos trabalhos, em fevereiro de 1995, o *software* passou por seis etapas. Na primeira, foi feita a modelagem dos processos, por meio de modelos matemáticos determinísticos. Na segunda, foi feita a validação dos modelos com os dados industriais. Seguiram-se o desenvolvimento dos algoritmos de controle avançado, o teste de desempenho por simulação e a implementação e teste de desempenho no processo real. A última é o desenvolvimento dos algoritmos de otimização, para a busca das condições ótimas de produção. Os relatórios finais de prestação de contas deverão ser entregues em fe-

vereiro. O *software* está sendo devidamente preparado para ser registrado no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Modelos matemáticos: O projeto foi retomado na terceira semana de outubro, depois de uma interrupção que se seguiu ao pré-teste, em maio, na unidade da Rhodia em Paulínia. O engenheiro Alexandre Tresmondi, da Rhodia, encarregado da continuação do desenvolvimento do processo, vê várias possibilidades para o futuro, inclusive a automatização de algumas operações hoje feitas manualmente na fábrica. Ele diz que, a partir dos modelos matemáticos desenvolvidos pela Unicamp e dos dados industriais, será feito um estudo para a colocação em prática de melhorias no processo e a introdução do controle avançado no reator.

Maciel Filho, por outro lado, informa que conhecimentos adquiridos com o projeto do *software* já levaram a colaborações com outras empresas, como a Copene Petroquímica do Nordeste, de Camaçari, perto de Salvador, e a trabalhos em outros processos na Rhodia. Com a Copene, a maior empresa petroquímica da América do Sul, a parceria envolve a implementação de controles avançados, testes de desempenho, desenvolvimento de modelos matemáticos e acoplamento com técnicas de otimização para planejamento de produção em vários processos químicos. •

PERFIL:

• RUBENS MACIEL FILHO, 41 anos, é graduado em engenharia química pela Universidade Federal de São Carlos. Fez mestrado e doutorado na mesma área, respectivamente na Universidade Estadual de Campinas e Universidade de Leeds, na Inglaterra. É professor titular da Faculdade de Engenharia Química da Unicamp. Projeto: *Otimização e Controle Avançado do Reator de Ciclo-Hexanol da Usina Química de Paulínia – Rhodia*. Investimento: R\$ 25,8 mil e US\$ 20 mil, da FAPESP, e R\$ 340,6 mil da Rhodia S.A.

Argila no refino de óleos vegetais

Novo método não utiliza água e reduz impacto ambiental

As indústrias de óleos vegetais poderão contar em breve com uma alternativa ao método tradicional empregado na etapa básica do processamento dos grãos, o refino, que dispensa o uso de água e evita a formação de efluentes. Atualmente, usa-se um litro de água para cada dez de óleo. Por dia, correm pelas empresas pelo menos 20 toneladas de água de lavagem, que contém sabões e resíduos de óleo, depois separados por uma centrífuga, com intenso consumo de eletricidade. A água pode ser reaproveitada algumas vezes, mas depois de perder seu poder de filtragem deve ser descartada e devolvida à natureza, devidamente tratada.

Há um ano e meio, o engenheiro químico Daniel Barrera-Arellano, da Faculdade de Engenharia de Alimen-



Barrera-Arellano: testes em planta piloto, no laboratório

MIGUEL BOYATAN

tos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), perguntou-se se tanta água seria mesmo indispensável. Por fim, conseguiu desenvolver um método que a dispensa por completo. Sua pesquisa recém-concluída *Refino a Seco de Óleos Vegetais*, que contou com um financiamento da FAPESP no valor de R\$ 17.383, mostrou que é tecnicamente viável substituir a água por um tipo de argila conhecida como silicato. O resultado é um processo de refino mais simples, de menor impacto ambiental, que em laboratório, segundo o pesquisador, conduz a um óleo que tem se mostrado idêntico ao processado nas indústrias, com o processo convencional.

Barrera-Arellano sabe que os resultados obtidos, embora satisfatórios, ainda não são suficientes para motivar novos investimentos do setor que movimentou US\$ 4,7 bilhões apenas em exportações no ano passado, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (Abiove). As indústrias do setor devem este ano esmagar cerca de 22 milhões de toneladas de soja e produzir cerca de 4 milhões de toneladas de óleo, mantendo o Brasil como segundo maior exportador de grãos e de óleo. Dada a dimensão desse mercado, o pesquisador empenha-se no momento na realização de testes de uma planta piloto, construída no próprio laboratório, e na da viabilidade econômica do processo.

As etapas: Inicialmente, o silicato, de preferência o silicato de alumínio, uma espécie de argila natural, sofre um tratamento térmico, para eliminar suas impurezas e melhorar as propriedades químicas do produto. Depois, é mergulhado em uma solução, para ser impregnado com hidróxido de sódio (NaOH), a soda cáustica, que mais tarde é liberada no óleo vegetal. O silicato impregnado com hidróxido de sódio é então particulado e pulverizado. Num reator sob vácuo e agitação a 70° Celsius, é adicionado ao óleo degomado, assim chamado porque dele foram extraídas apenas as gomas ou fosfolípidos, também chamadas de lecitinas. Essa é a maté-



MIGUEL BOYAXAN

Estudo com soja vale para girassol, canola e algodão

ria-prima com a qual as refinadoras trabalham.

Barrera-Arellano conta que as partículas de silicato impregnadas com hidróxido de sódio reagem com um dos componentes do óleo degomado, os ácidos graxos livres, na primeira etapa do refino. Formam-se os compostos químicos classificados como sabões, que se ligam ao silicato num processo conhecido como adsorção. Adsorver, lembra o pesquisador, é diferente de absorver. “Uma esponja absorve água, mas quando a esprememos a água sai facilmente, enquanto na adsorção os compostos ficam presos a outro material.”

A etapa seguinte é a filtração, que separa o óleo do silicato. Como ainda restam resíduos de sabão no óleo, o processo inclui um cuidado adicional, a clarificação, em que são adicionadas ao óleo duas espécies de argila. Uma delas é a argila clarificante, utilizada também no processo convencional de refino para a retirada de pigmentos. A outra é um adsorvedor de sabões, outra argila industrial comercializada no mercado, que retira os resíduos restantes. Em seguida, uma nova filtração separa o óleo das argilas. Por fim, é a vez da desodorização do óleo, como no processo convencional, com um tratamento térmico, sob vácuo, que elimina os

compostos voláteis que provocam o indesejado ranço e assegura um produto muito mais estável, com vida útil prolongada e cheiro suave. Pronto: aí está o óleo refinado.

As diferenças: O silicato de alumínio termicamente ativado funciona como suporte para o hidróxido de sódio, também utilizado no método convencional, mas em uma solução aquosa. Outra diferença: pelas técnicas atuais, os sabões que se formam pela reação do hidróxido de sódio com os ácidos graxos livres do óleo são retirados por meio de uma ou duas lavagens, que consomem dez litros de água para cada 100 de óleo a ser refinado. Depois, uma centrífuga separa o óleo da água com sabões. “O refino a seco tem uma filtração a mais, mas elimina as duas lavagens e a centrifugação”, diz Barrera-Arellano. “Desse modo, não utilizamos água e eliminamos os efluentes.”

Barrera-Arellano trabalhou com óleo de soja, o mais utilizado como alimento no Brasil. Mas o processo de refino a seco pode ser utilizado para qualquer outro óleo comestível, especialmente os de girassol, canola e algodão, quimicamente similares ao de soja. Os ganhos científicos também podem ser avaliados facilmente. O pesquisador pretende encaminhar dois pedidos de patente ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), uma sobre a impregnação do silicato com hidróxido de sódio e outro sobre as modificações no processo de refino. •

PERFIL

• DANIEL BARRERA-ARELLANO, engenheiro bioquímico, 46 anos, nasceu no México, onde graduou-se pelo Instituto Tecnológico e de Estudos Superiores de Monterrey. Fez mestrado e doutorado na FEA (Unicamp) e pós-doutorado no Instituto de la Grasa, Sevilla, Espanha. É professor da FEA/Unicamp desde 1988.

Projeto: *Refino a Seco de Óleos Vegetais*

Investimento: R\$ 17.383,00