



POR MAURO DONIZETI BERNI

PESQUISADOR DAS ÁREAS DE MEIO AMBIENTE E ENERGIA DO NÚCLEO INTERDISCIPLINAR DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (NIPE), DA UNIVERSIDADE DE CAMPINAS (UNICAMP-SP).
✉: MAURO_BERNI@NIPEUNICAMP.ORG.BR

TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL 2G DE EUCALIPTO

De forma geral, os elevados custos tendem a cair, à medida que forem sendo superados os problemas da cadeia de produção

O etanol de Segunda Geração (2G) recebe esse nome por utilizar como matéria-prima o material lignocelulósico presente em toda biomassa vegetal, composto basicamente de celulose, hemicelulose e lignina. Os dois primeiros são açúcares, e o último uma macromolécula responsável por prover sustentação aos vegetais.

Por utilizar o material lignocelulósico, em tese, qualquer biomassa pode ser usada para a produção do etanol 2G, incluindo-se o eucalipto e seus resíduos.

O processo de conversão do etanol 2G usa enzimas para decompor a lignina das biomassas. Uma fermentação ideal para a produção do etanol 2G requer o pré-tratamento da matéria-prima lignocelulósica e a fase de hidrólise enzimática.

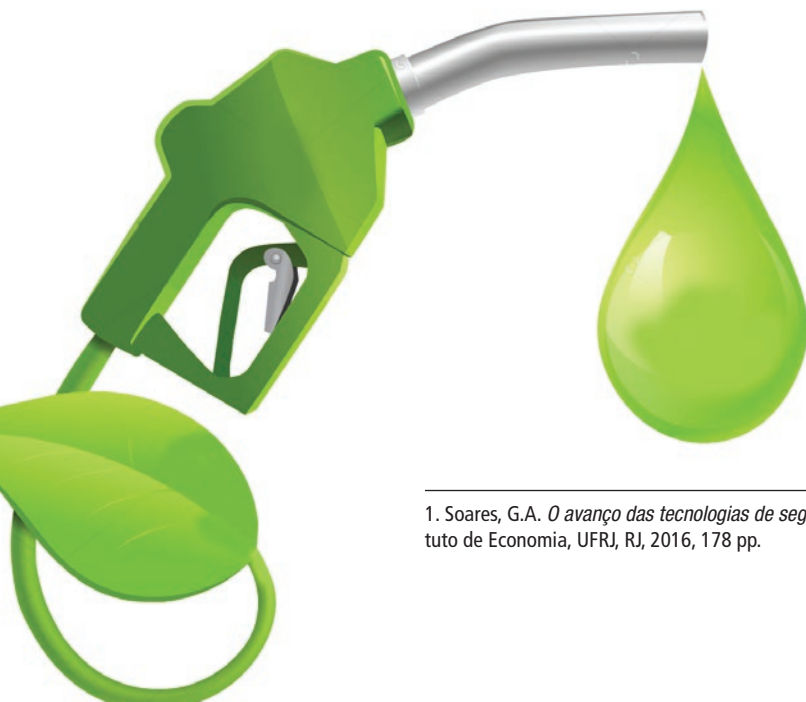
A grande oportunidade para a indústria brasileira de árvores está no fato de que, na produção 2G, a celulose entra no lugar da sacarose.

Como sabemos, a celulose é o componente estrutural básico das plantas verdes, de algumas algas e de outros tipos de vida orgânica. Como consequência, essa flexibilidade abre um amplo conjunto de opções para a criação de estoques de insumos com maior conteúdo de celulose, permitindo a adaptação da indústria florestal para a geração de energia e de novos produtos para os setores de plásticos e farmacêutico, entre outros.

As rotas tecnológicas para a produção de etanol 2G, apesar de conhecidas há décadas, não receberam grandes incentivos nas fases iniciais, uma vez que, em razão de sua maior complexidade e necessidade de desenvolvimento de uma nova cadeia de produção e abastecimento de matérias-primas, eram mais custosas que a de etanol de Primeira Geração (1G).

Esse quadro tem mudado à medida que as questões climáticas ganham força. As tecnologias de produção do etanol 2G são variadas, com a possibilidade de seguir três principais grandes rotas: a bioquímica, a termoquímica e a híbrida, que combina com as duas anteriores¹.

Cada uma apresenta especificidades quanto à



1. Soares, G.A. *O avanço das tecnologias de segunda geração e seus reflexos na indústria do etanol*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia, UFRJ, RJ, 2016, 178 pp.

maneira de produzir, aos rendimentos de etanol e à geração de resíduos.

Algumas dessas tecnologias são conhecidas há muito tempo, como, por exemplo, a gaseificação da rota termoquímica. Outras tecnologias são mais novas, como a de hidrólise enzimática, cujo desenvolvimento se iniciou após a metade do século XX².

A gaseificação utilizada na produção de etanol surgiu no final do século XIX, a fim de se produzir o gás de carvão. Sua aplicação para a produção de combustíveis líquidos aconteceu após a Primeira Guerra Mundial, na Alemanha, que possuía abundantes jazidas de carvão e poucas de petróleo.

Conforme Soares (2016), vale destacar a contribuição de Franz Fischer e Hans Tropsch, que aprimoraram o processo de gaseificação, conseguindo alcançar maiores rendimentos de combustíveis a partir do carvão com a utilização de catalisadores. O processo, hoje conhecido como Fischer-Tropsch, foi largamente utilizado na Alemanha, principalmente durante a Segunda Guerra Mundial.

As rotas bioquímicas, também antigas, surgiram no século XIX. Em 1819, Henry Braconnot, químico francês, descobriu que a aplicação de ácido sulfúrico em biomassas provocava a liberação da glicose, um açúcar fermentável, através da técnica da hidrólise ácida. Em 1838, Anselme Payen, outro químico francês, conseguiu isolar a celulose do material lignocelulósico.

Os alemães foram os primeiros a utilizar a hidrólise ácida para a produção de etanol a partir da madeira (Soares, 2016). Após esses esforços iniciais, os avanços das tecnologias de segunda geração na rota bioquímica restringiram-se ao meio acadêmico e à escala laboratorial.

Avanços da tecnologia de hidrólise enzimática ocorreram devido a pesquisas de vestimentas para militares ainda na Segunda Guerra Mundial. Nesse período, nas batalhas nas selvas do Sudeste Asiático, os militares perceberam que suas vestimentas, feitas de algodão, estavam se deteriorando muito rapidamente, transformando-se em trapos em questão de semanas.

Cientistas enviados para atuar com o exército americano revelaram a causa: em laboratórios, descobriram um fungo que liberava uma enzima capaz de transformar a celulose em glicose. Segundo Soares (2016), a partir desse evento, dá-se início aos estudos da rota de conversão chamada hidrólise enzimática, uma alternativa à hidrólise ácida.

Alguns anos após a Segunda Guerra Mundial, pouco foi dis-

cutido sobre as tecnologias de segunda geração, principalmente devido aos baixos preços do petróleo. Tal quadro se alterou na década de 1970, em especial com as crises do petróleo e o desenvolvimento da biotecnologia. Nessa nova fase, diversas empresas surgiram ou passaram a atuar na produção de enzimas e/ou leveduras – insumos essenciais para a produção de etanol 2G por tecnologia da hidrólise enzimática.

As plantas comerciais produtoras de etanol 2G com hidrólise enzimática são recentes. Nos Estados Unidos, os incentivos ao etanol 2G começaram em 2000, quando o governo federal aprovou o Biomass R&D Act. No Brasil, a primeira planta para a produção de etanol 2G só foi inaugurada em 2013.

De forma geral, os elevados custos tendem a cair, à medida que forem sendo superados os problemas da cadeia de produção. Estudos apontam que, no futuro próximo, o etanol 2G será mais competitivo que o etanol 1G, devido à superação de gargalos tecnológicos – caso, por exemplo, da integração das enzimas no processo de conversão mais eficiente, como também a reutilização das enzimas em vários outros ciclos produtivos.

Além disso, existe o interesse dos governos em apoiar essas iniciativas, tendo-se em vista o elevado potencial de redução de gases de efeito estufa, com a vantagem de permitir a utilização de matérias-primas que não competem com a produção de alimentos³.

Diferentes plataformas tecnológicas relativas à produção de enzimas estão sendo perseguidas, como as originárias de fungos ou bactérias. Outra questão relevante reside em decidir se a produção de enzimas será centralizada ou on-site. O modelo atual de produção centralizada é o utilizado na produção de etanol de 1G, ou seja, investe-se em grandes fábricas de enzimas para, em seguida, realizar a distribuição para os clientes.

Outra alternativa: a produção na própria planta de etanol 2G com o chamado desenvolvimento on-site. Nesse procedimento, há menor escala na produção das enzimas, porém evitam-se os custos de transporte, sendo possível a melhor adaptação do coquetel enzimático à matéria-prima utilizada.

Por fim, faz-se necessário destacar que, nas rotas de conversão bioquímica, as diferentes composições químicas do material lignocelulósico geram impactos relevantes no rendimento da produção do etanol 2G, residindo aí as vantagens comparativas do eucalipto e seus resíduos. ■

2. Sims *et al.* *An overview of second generation biofuel technologies. Bioresource technology*, v. 101, n. 6, p. 1570-1580, 2010.

3. UNCTAD. *Second Generation Biofuels Market: state of play, trade and developing country perspectives*. 2016. Disponível em: <http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditcted2015d8_en.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2016.