PESQUISA FAPESP 20 ANOS

remoção indiscriminada da palha da cana-de-açúcar para a produção de bioeletricidade e etanol celulósico ou de segunda geração (2G) traz riscos, alertam estudos publicados recentemente na revista *Bioenergy Research*. Em um dos artigos, os pesquisadores concluíram que a retirada da palha que permanece no campo após a colheita da cana pode elevar a demanda do solo por fertilizante. "A principal novidade do trabalho foi mensurar a quantidade de nutrientes presente nas folhas da cana e calcular a necessidade de reposição de fertilizante NPK [composto por nitrogênio, fósforo e potássio] em função do volume de palha removido", explica o engenheiro-agrônomo Maurício Roberto Cherubin, do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq-USP), em Piracicaba.

O estudo, em parceria com cientistas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da USP e do Laboratório Nacional de Biorrenováveis do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (LNBR-CNPEM), mostrou que a exportação potencial de nutrientes contidos na palha por meio da retirada do material acarreta um custo médio adicional de fertilizantes de US\$ 90 (cerca de R\$ 380) por hectare, valor que pode variar conforme flutuações do preço do produto e negociações das empresas.

ODESAFIO DEGERAR BOENERGIA

Revista cobriu o esforço da ciência nacional para viabilizar o uso de subprodutos do setor sucroalcooleiro para a produção de eletricidade e etanol 2G

Yuri Vasconcelos

Terreno preparado para o plantio de cana, contendo restos de palha; em segundo plano, canavial

Foram testados diversos cenários, que consideraram os componentes da palha (folhas verdes ou secas) e diferentes intensidades de remoção da biomassa (sem retirada; baixa remoção, 25% do total; moderada, 50%; completa, 100%). A partir deles, os pesquisadores estimaram o aumento do consumo de fertilizante NPK pela cultura canavieira na região Centro-Sul do país, que responde por 90% da produção nacional. As projeções indicam que, mesmo sem remoção da palha, a demanda por fertilizante NPK deverá crescer 80% até 2050, em função da evolução da área plantada e da elevação nas doses aplicadas pelos produtores. No caso de retirada total do material (cenário extremo, mas pouco provável), o estudo apontou que o consumo de fertilizante poderá ser duplicado, em comparação ao manejo sem remoção. O incremento adicional nos cenários intermediários (25% e 50% de remoção), mais próximos à realidade das usinas, poderá atingir 14% e 28%, respectivamente.

"Um dos principais benefícios da palha, no curto prazo, é manter a água no solo. Ela funciona como uma camada protetora, evitando as perdas de água por evaporação e protegendo o solo contra processos erosivos. Ao mesmo tempo, colabora com a ciclagem de nutrientes e com a incorporação de carbono ao solo", diz o agrônomo João Luís Nunes Carvalho, pesquisador do LNBR e coautor do artigo. Nesse processo, os nutrientes presentes no solo são absorvidos e acumulados na planta durante o seu crescimento para depois retornarem ao solo quando o vegetal morre e se decompõe. "Os resultados desse estudo e de outros publicados nos últimos meses evidenciam que a palha tem dupla aptidão, pois

tem um bom potencial para ser usada na produção de bioenergia [etanol 2G e bioeletricidade] e é essencial para a sustentabilidade do solo. Cabe aos agricultores decidir o caminho mais sustentável para uso dessa biomassa."

Carvalho integra no LNBR a equipe responsável pelo Projeto Sucre (Sugarcane Renewable Electricity), que tem como meta aumentar a produção de eletricidade com baixa emissão de gases de efeito estufa na indústria canavieira, por meio do uso da palha. "O manejo adequado dessa biomassa é essencial para não causar impactos negativos na lavoura", diz o pesquisador, destacando que o Brasil produz 80 milhões de toneladas de palha por ano. Segundo ele, 33% da energia contida na cana está concentrada na palha, enquanto outros 33% estão no bagaço e os 33% restantes no caldo usado para produção de açúcar e álcool. Iniciado em 2015, o Projeto Sucre conta com recursos das Nações Unidas e será encerrado no ano que vem.

PRIMEIRAS PESQUISAS

Os estudos voltados ao reaproveitamento da palha e do bagaço da cana-de-açúcar para geração de bioenergia remontam a mais de três décadas. "Três instituições de pesquisa contribuíram de forma decisiva para que o país desenvolvesse a tecnologia e os métodos necessários para gerar eletricidade e etanol 2G a partir dos subprodutos do setor sucroenergético: a Esalq, o Centro de Tecnologia Canavieira [CTC] da Copersucar [empresa comercializadora global de açúcar e etanol] e o Instituto Agronômico [IAC], de Campinas", destaca o agrônomo Carlos Eduardo Pellegrino Cerri, do Departamento de Ciência do Solo da Esalq.



Colheitadeira de cana no interior paulista: o colmo é armazenado no caminhão enquanto a palha é lançada de volta ao campo





As reportagens de capa das edições nºs122 (no alto) e 149 de *Pesquisa FAPESP* tiveram como foco a geração de bioenergia

Do lado do setor produtivo, segundo Zilmar José de Souza, gerente de bioeletricidade da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica), o pioneirismo coube às usinas São Francisco, em Sertãozinho, São Martinho, em Pradópolis, e Vale do Rosário, em Morro Agudo, todas na região de Ribeirão Preto (SP). "Em 1987, elas foram as primeiras a exportar excedentes de energia para a rede elétrica nacional. Naquela época, usavam apenas o bagaço de cana para gerar energia, por meio da queima em caldeiras", conta Souza. "Hoje, as 369 usinas em operação no país produzem eletricidade para consumo próprio, e cerca de 200 vendem energia para a rede", afirma (ver reportagem na página 60).

O sistema de geração de energia com o bagaço – e também com a palha – é relativamente simples. Primeiro, o material é queimado numa caldeira, produzindo vapor de alta pressão. Em seguida, esse vapor aciona uma turbina que, por sua vez, faz funcionar um gerador elétrico, produzindo eletricidade. O vapor à baixa pressão que deixa a turbina ainda possui energia térmica, que é utilizada em vários processos como aquecimento e evaporação do caldo de cana para produção de açúcar. A produção simultânea de energia elétrica e térmica no processo industrial é chamada de cogeração.

Nos últimos 20 anos, *Pesquisa FAPESP* acompanhou, por meio de diversas reportagens, a evolução dos estudos que colocaram o Brasil na vanguarda da geração de bioenergia a partir de resíduos do setor sucroenergético. Em 2001, o pesquisador Isaías de Carvalho Macedo, então assessor para a área de energia da Reitoria da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), vaticinava que "o bagaço e a palha da cana podem transformar-se, em médio prazo, em importantes componentes da matriz energética do Brasil" (*ver* Pesquisa FAPESP *n*° 65). Hoje, a biomassa da cana responde por cerca de 4% do consumo de eletricidade no país.

ETANOL 2G

Naquela época, as pesquisas visando à produção de etanol de segunda geração já avançavam. Em 2002, a Copersucar e o Grupo Dedini, um dos principais fabricantes de máquinas e equipamentos para o setor sucroalcooleiro, apresentaram uma tecnologia, batizada de Dedini Hidrólise Rápida (DHR), que mostrava ser possível produzir etanol a partir da celulose contida no bagaço da cana. O processo foi desenvolvido com apoio da FAPESP (*ver* Pesquisa FAPESP *nos 77* e *122*).

Em 2008, a pesquisa brasileira voltada ao etanol 2G ganhou novo impulso com a criação do Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia (Bioen), cujo objetivo era articular atividades de pesquisa e desenvolvimento usando laboratórios acadêmicos e industriais para promover o avanço do conhecimento e sua aplicação em áreas relacionadas à produção de bioenergia (*ver* Pesquisa FAPESP *nº 149*). Na ocasião de lançamento do Bioen, o diretor científico da FAPESP, Carlos Henrique de Brito Cruz, destacou sua importância para estimular o desenvolvimento do etanol de segunda geração, alvo de pesquisas em diversos países do mundo. Desde 1997, 146 auxílios à pesquisa ou bolsas relacionadas ao etanol de segunda geração foram financiados pela Fundação.

Hoje, a produção do etanol 2G é realidade no país, embora não na dimensão esperada. Líder nacional na fabricação de açúcar, etanol e bioenergia, a Raízen, controlada pela empresa de infraestrutura e energia Cosan e pela petrolífera Shell, processa há cinco anos etanol celulósico – assim chamado por ser produzido a partir da celulose da palha e do bagaço, e não da sacarose do caldo da cana, como o etanol convencional. Na última safra, 2018/2019, a Raízen colocou no mercado 16,5 milhões de litros do produto, volume ainda muito reduzido quando comparado aos 2,5 bilhões de litros de etanol produzidos pela companhia. A capacidade instalada da planta da Raízen em Piracicaba é de 40 milhões de litros.

Outra empresa que investe no etanol 2G é a paulista GranBio, dona da usina BioFlex, em São Miguel Paulista, em Alagoas (*ver* Pesquisa FA-PESP *nº* 235). A unidade começou a operar em 2014, mas precisou interromper a produção dois anos depois por problemas no pré-tratamento da carga de cana. Em 2017, último dado disponível, produziu 28 milhões de litros de etanol 2G, dos quais 5 milhões foram exportados para os Estados Unidos. Raízen e GranBio foram procuradas pela reportagem para comentar os números acima, mas não se manifestaram.

Especialistas do setor sucroenergético apontam que o caminho para a implantação dessa tecnologia tem sido mais longo e dispendioso do que o estimado. Um dos desafios é melhorar a eficiência das enzimas que convertem polímeros de celulose e hemicelulose contidos no bagaço e na palha em açúcares. Outro é aperfeiçoar algumas etapas do processo produtivo, notadamente a colheita da palha do campo, que, dependendo de como é feita, chega à indústria misturada à areia, podendo comprometer o funcionamento do maquinário da usina (*ver* Pesquisa FAPESP *nº* 268). ■

Projetos

Implicações da expansão e intensificação do cultivo da cana-de-açúcar nos serviços ecossistêmicos do solo (nº 18/09845-7); Modalidade Auxílio à Pesquisa – Regular; Pesquisador responsável Maurício Cherubin (USP); Investimento R\$ 167.967,48.

Há outros 38 auxílios à pesquisa e 105 bolsas concedidas pela FAPESP sobre etanol de segunda geração. Ver em https://bit.ly/2XgxWeQ. Artigo científico

CHERUBIN, M.R. et al. Sugarcane straw removal: Implications to soil fertility and fertilizer demand in Brazil. **Bioenergy Research**. 1° ago. 2019.