



# ETANOL DÁ EM ÁRVORE?

PODE DAR. PESQUISAS  
BUSCAM APRIMORAR  
PROCESSOS PARA OBTER  
O BIOCOMBUSTÍVEL DE  
ESPÉCIES FLORESTAIS

*Por: Vivian Chies, da Embrapa Agroenergia, e  
Katia Pichelli, jornalista da Embrapa Florestas*

**N**o Brasil, a produção de automóveis flex fuel supera a dos movidos a gasolina desde 2006. No entanto, nos postos de abastecimento da maior parte dos estados, o derivado de petróleo é preferido pelos motoristas pela relação custo-benefício mais favorável, considerando o rendimento. Normalmente, o etanol ganha a concorrência apenas nas regiões produtoras. A diversificação de matérias-primas é uma das alternativas para expandir os locais de produção do biocombustível e o volume obtido nas regiões em que já é produzido.

Bagaço e palha de cana, sorgo sacarino e milho são as primeiras biomassas que começam a ser inseridas na produção de etanol brasileiro, baseada hoje na cana-de-açúcar. Pesquisas estão investigando também outras fontes, entre elas, as espécies florestais. O Brasil possui uma das melhores tecnologias do mundo para cultivo e exploração de florestas plantadas de eucalipto. De acordo com a associação Indústria Brasileira de Árvores (Ibá), elas ocupavam mais de 5 milhões de hectares no Brasil, em 2013. Se somarmos a área de pinus, outra espécie florestal importante no País, chega-se a 7 milhões de hectares com florestas plantadas.

De fato há uma concentração de florestas nas regiões Sudeste e Sul, mas a presença também é significativa nas demais regiões, o que coloca as espécies florestais entre as possibilidades de regionalização da produção de etanol. Ele poderia ser obtido não apenas a partir da madeira bruta, mas também dos diversos resíduos da silvicultura: cavacos, tocos, serragem, maravalhas etc.

O desafio é extrair com eficiência os açúcares contidos na estrutura vegetal das árvores, para então encaminhá-los ao processo de fermentação que dá origem ao biocombustível. Neste caso, é chamado de etanol de segunda geração (2G), por utilizar material lignocelulósico. A primeira etapa desse processo que antecede a fermentação é o pré-tratamento. Para entender esse processo, é preciso saber que a parede vegetal é composta basicamente de três elementos – lignina, celulose e hemicelulose – e apenas os dois últimos contêm açúcar. Então, é necessário promover uma “desorganização” da estrutura celular e remoção da lignina. Nisso consiste o pré-tratamento. Depois dele, ocorre a hidrólise enzimática, momento em que as moléculas de celulose são “quebradas” sucessivamente até que se obtenha glicose e xilose.

Em 2010, a Embrapa Agroenergia conduziu experimentos com diferentes biomassas em um processo modelo de produção de etanol 2G. Foi justamente com o eucalipto que a equipe obteve os resultados menos satisfatórios no pré-tratamento. O processo modelo testado utilizava um método ácido. Um segundo trabalho, desta vez específico com madeira, conseguiu maior eficiência associando um pré-tratamento ácido a um básico. Mas, para a pesquisadora Silvia Belém, da Embrapa Agroenergia, as experiências mostraram que o pré-tratamento de madeira para produção de etanol precisa ser diferente do exigido para gramíneas.

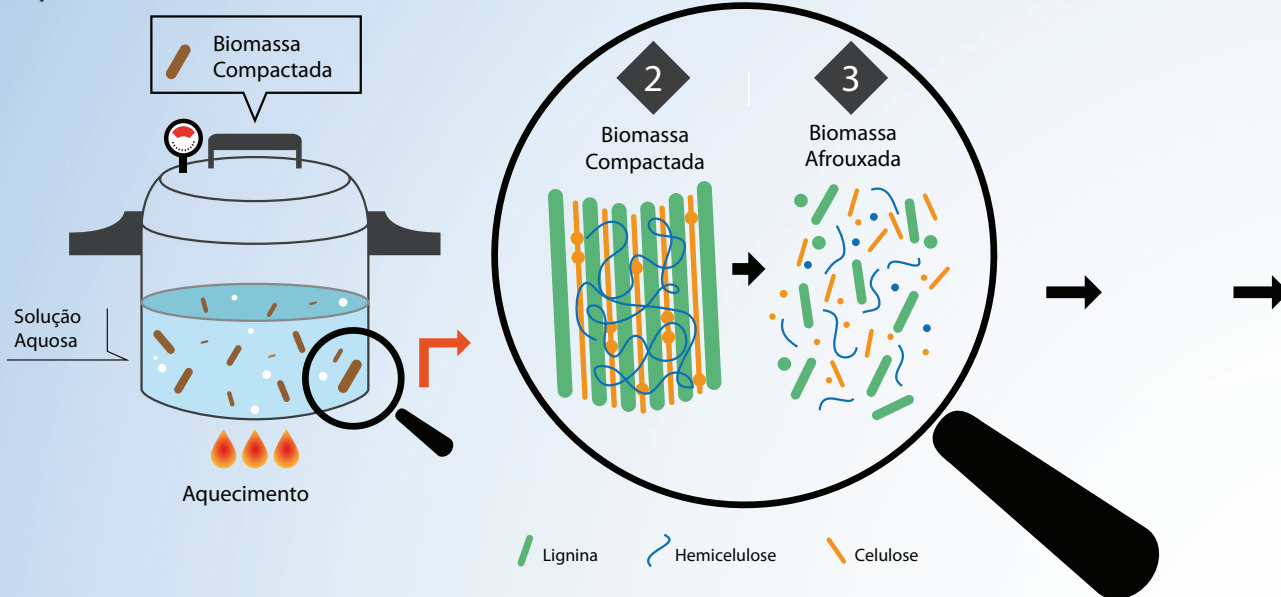
A rede de pesquisa em florestas energéticas da Embrapa está investindo em dois processos de pré-tratamento: o químico, por via alcalina, e outro físico-químico, por explosão a vapor. Este último tem sido utilizado pelas primeiras usinas de etanol 2G no Brasil para o pré-tratamento de bagaço e palha de cana. Nessa tecnologia, a biomassa é colocada em um reator pressurizado com vapor d’água. Depois de um tempo sob alta temperatura e pressão, o reator é subitamente aberto e, com isso, a biomassa sofre uma expansão, que favorece a separação da lignina.

Experimentos para identificar as condições ideais desse processo para o pré-tratamento da madeira estão sendo conduzidos na Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (USP), pela equipe do professor Flávio Teixeira da Silva. Os testes devem avaliar também a adição de reagentes e catalisadores, buscando as melhores condições para gerar um substrato apropriado para a hidrólise, além de resíduos passíveis de aproveitamento.

Na Embrapa Florestas, os pesquisadores Cristiane Helm, Washington Magalhães e Patrícia Zano ni estão investindo na adaptação de tecnologias

## PRÉ-TRATAMENTO

1



e no uso de resíduos da indústria de papel e celulose para a produção de etanol 2G.

Está sendo testado um pré-tratamento alcalino baseado no mesmo princípio de deslignificação utilizado para obtenção de polpa de celulose, o processo Kraft. Ele consiste em um processo químico em que a biomassa passa por um tipo de cozimento com o chamado licor branco, que contém principalmente hidróxido de sódio e sulfeto de sódio.

Além de estar consolidado, o processo Kraft conta com uma tecnologia eficiente de reciclo de produtos químicos: após extrair a lignina pelo cozimento, o licor branco torna-se licor negro. Este produto é queimado para geração de energia na indústria, transformando-se no licor verde que, então, passa por uma caustificação e pode novamente ser utilizado como licor branco.

Os pesquisadores estão estudando tanto o uso do licor branco como o do licor verde para o pré-tratamento de madeira, visando à obtenção de

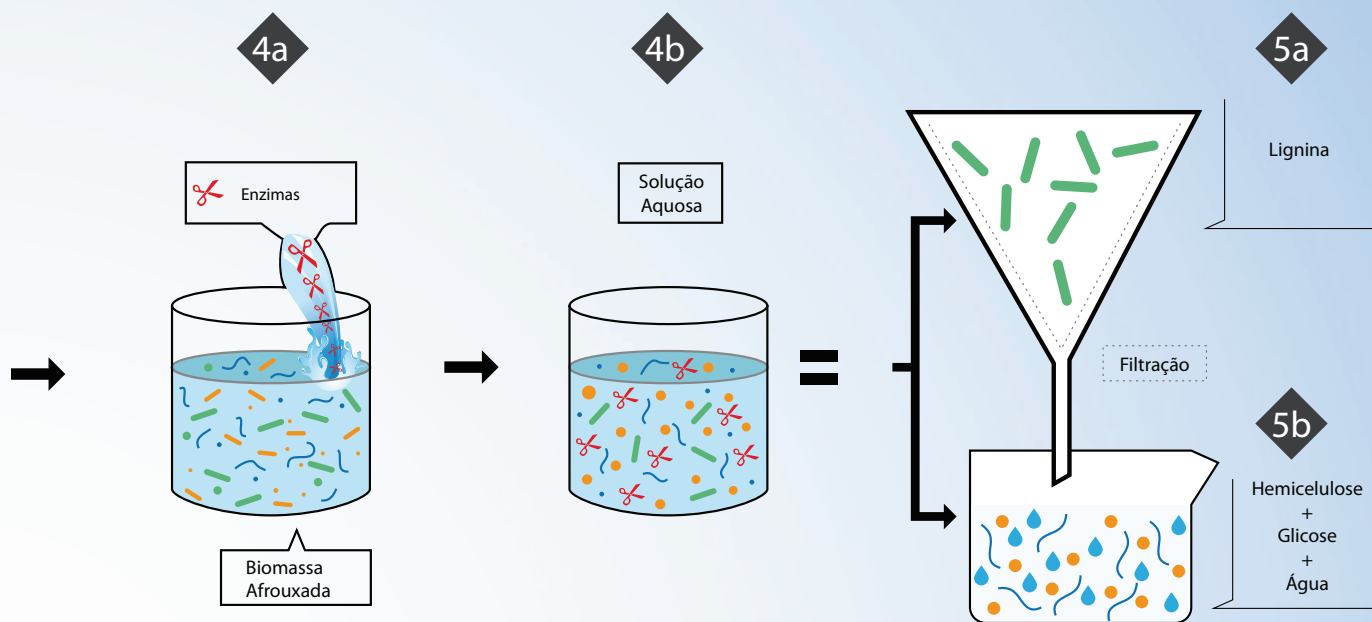
etanol 2G. Uma das perguntas que se quer responder é se podem ser utilizadas condições mais brandas no processo, já que não seria preciso obter uma polpa tão deslignificada quanto para a fabricação de papel. Com menor temperatura e pressão, por exemplo, seria possível reduzir custos, um dos desafios para que o etanol celulósico ganhe competitividade.

Durante os testes, os pesquisadores estão avaliando quatro variedades de madeira, com duas idades de corte. Além de buscar as condições de processo com melhor relação custo / benefício, avaliam a geração de inibidores, que podem comprometer o rendimento nas etapas seguintes da rota de produção do etanol – a hidrólise enzimática e a fermentação. Os indicativos são de que o pré-tratamento alcalino gere menos inibidores do que a explosão a vapor.

Também pensando na integração da indústria de celulose e papel à produção de etanol 2G, a Embrapa Florestas está avaliando a obtenção do biocombustível a partir de resíduos. O principal



## HIDRÓLISE ENZIMÁTICA



Infográfico: Mariana Brito / Embrapa

deles é o lodo do tratamento de efluentes da reciclagem de papel. Esse material contém fibras de celulose muito curtas, que não servem para a fabricação de papel, mas poderiam ser matéria-prima para o etanol. E com uma vantagem: pode-se dispensar a etapa do pré-tratamento, partindo direto para a hidrólise e a fermentação. “Ela seria uma celulose prontamente disponível para ser usada”, explica Patrícia.

A conversão a etanol poderia ser uma solução para o descarte do lodo. Hoje, ele é disposto em aterros impermeabilizados. Além de gerar custos para as empresas, isso inviabiliza o uso dos terrenos, que se tornam improdutivos, conta Cristiane.

Um problema para a geração de etanol a partir desse resíduo é a carga de substâncias inorgânicas: metais das tintas de impressão do material que foi reciclado e até mesmo insumos da própria fabricação do papel, como carbonato de cálcio, caulim e talco. Esses compostos comprometem o rendimento por dois motivos. Para começar, eles alteram o pH, dificultando o trabalho das

enzimas, substâncias responsáveis pela hidrólise. Além disso, os inorgânicos podem formar complexos com as enzimas, desativando-as.

Os pesquisadores estão testando lodos com características diferentes. Um efluente da indústria de celulose, por exemplo, teria menos cargas inorgânicas do que os da reciclagem ou da fabricação de papel. Outra preocupação é com a destinação do resíduo que ainda sobra desse aproveitamento. Uma atividade no projeto de pesquisa lida justamente com essa questão.

A ideia por trás do esforço de utilizar processos e produtos da fabricação de celulose e papel é integrar a produção de etanol a uma indústria já existente e consolidada, fortalecendo a lógica de biorrefinarias. Patrícia explica o porquê: “A produção de etanol a partir de madeira ainda é muito cara; acreditamos que só será viável dentro de um contexto muito bem estruturado de biorrefinarias”. Dentro dessa lógica, a empresa poderia diversificar seus produtos conforme o cenário atual de mercado.◆