

Uma planta, uma usina

Ruth Helena Bellinghini

Capa: Pesquisadores procuram compreender minúcias do genoma da cana, para obter uma variedade que produza muito mais energia - o etanol de uma nova geração.

Pepe Casals



Quando Martim Afonso de Souza aportou por aqui trazendo na bagagem mudas de cana-de-açúcar, uma gramínea nativa do Sudeste Asiático, estava lançando as raízes para que o Brasil se transformasse, no futuro, no país do açúcar e do álcool. Desde 2005, somos o maior produtor do mundo de açúcar. A Índia vem em seguida.

Hoje, é no álcool produzido a partir da cana o etanol que o Brasil aposta para solidificar uma posição inédita no cenário internacional, a de líder na produção de biocombustíveis, e sem competidores à sua altura. O etanol de milho, produzido nos Estados Unidos, consome mais energia para sua produção do que gera e há críticas ao emprego do grão nessa produção, com temores de que provoque alta de preços para rações, por exemplo. O mesmo vale para a produção de etanol a partir de beterraba, especialidade dos europeus.

O problema é que esses países detêm recursos e tecnologias de ponta e estão dispostos a entrar na corrida pelo chamado etanol de segunda geração, aquele produzido a partir da quebra da celulose, o açúcar que compõe a parede celular das plantas. Em tese, qualquer planta poderia ser usada para produzir etanol combustível, de galhos caídos numa floresta à grama regularmente cortada dos jardins, passando por algas e palha seca. Por isso, o governo brasileiro, através do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) está investindo pesado para manter a liderança do país no setor, tanto em ciência básica, que produz conhecimento, como em ciência aplicada, que gera inovação e tecnologias.

Ana Paula Paiva/Valor



***Glaucia Souza
coordenadora do Bioen:
"Queremos saber, entre
outras coisas, como a
planta toma a 'decisão'
de crescer, quais genes
estão envolvidos nesse
processo"***

"Chegou o momento de conhecer realmente a cana-de-açúcar, entender sua biologia e seus genes, para produzir mais no mesmo espaço, aumentando a produtividade de forma racional e eficiente", diz a pesquisadora Helaine Carrer, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (USP), em Piracicaba. "Muito do que ganhamos até agora, em termos de produtividade, se deve a estudos agrônômicos, ou seja, qual a quantidade ideal de água, quando acrescentar fertilizante a esta ou aquela variedade desenvolvida ao longo dos anos por melhoramento genético convencional", explica Helaine, que está usando genes da própria cana na tentativa de desenvolver variedades transgênicas.

Para entender o desafio que Helaine e outros pesquisadores têm pela frente é bom lembrar das aulas do ensino médio ou do cursinho, em que se aprende que seres humanos são diplóides, isto é, têm dois conjuntos de genomas - um que vem do pai, outro que vem da mãe. A cana tem oito genomas, resultado de milhares de anos de domesticação e cruzamentos, 120 cromossomos (seres humanos têm 46), num total de cerca de 10 bilhões de pares de bases (os A, T, C e G que compõem o DNA ; seres humanos têm 3,2 bilhões).

Davilym Dourado



***Marcos
Buckeridge:***

***trabalhando
enzimas como
"bananas de
dynamite"***

Um dos objetivos do laboratório de Helaine que é financiado pelo Programa Fapesp de Pesquisa em Bioenergia (Bioen) e integra o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do

Bioetanol (INCT), do MCT - é produzir, por exemplo, uma variedade de cana tolerante à seca, isto é, que não necessite de muita água no início de seu desenvolvimento. Segundo a pesquisadora, tudo que se pode obter a partir da transgenia - a introdução de genes de interesse no material genético da planta - também se pode conseguir por meio de cruzamentos convencionais. A diferença está na rapidez com que se obtém a variedade com a característica desejada: o melhoramento convencional leva, em média, 12 anos para produzir um novo cultivar, mas a transgenia acelera o processo de melhoramento em alguns anos. Ou, pelo menos, deveria.

Até agora, a cana tem ganho de goleada dos pesquisadores. "Tudo funciona perfeitamente no laboratório e nas mudas, mas, quando elas são plantadas, os transgenes são silenciados", explica Helaine. No jargão dos pesquisadores, isso quer dizer que o efeito desejado - tolerância à seca, maior produção de uma proteína ou outra - simplesmente desaparece. A suspeita de cientistas é que, no campo, aquele mundaréu de genes da cana se recombina de tal forma que o efeito da transgenia some. "Isso só mostra como ainda precisamos avançar na ciência básica. Não dispomos do sequenciamento do genoma completo da cana, temos apenas 290 mil ESTs." Essa é a sigla em inglês para "expressed sequence tags", pequenas sequências de DNA, identificadas através do RNA mensageiro que codificam (o RNAm é aquele que leva a informação do DNA do núcleo para os ribossomos, onde as proteínas são produzidas). "Falta a gente saber o que faz cada gene, como são regulados, como interagem com o ambiente. Ou seja, precisamos de muita ciência básica ainda", diz Helaine.

Glaucia Souza, coordenadora do Bioen e professora associada do Instituto de Química da USP, concorda e vai além. "O que queremos é desenvolver a chamada 'cana-energia', uma planta que produza mais energia, mas não necessariamente mais açúcar. Ou seja, precisamos transformar uma planta que evoluiu para produzir açúcar em uma planta que funcione como uma usina de energia e aumentar sua produtividade de forma sustentável." De acordo com Glaucia, a produtividade média brasileira hoje está em torno de 80 toneladas por hectare, índice que cai para entre 60 e 65 toneladas no Nordeste e chega a 220 toneladas numa fazenda da Bahia, que utiliza irrigação. Na opinião de Glaucia, com melhoramento genético, essa média pode chegar a 380 toneladas por hectare.

Uma das alternativas para esse aumento de produtividade estaria numa modificação genética que aumentasse a fixação de carbono pela planta. Os vegetais captam o carbono da atmosfera - na forma de CO₂ - e, por meio da fotossíntese, o transformam em açúcar. "Se a cana 'decide' que vai crescer, ela fixa esse carbono sob a forma de celulose, na parede celular; se ele é fixado no colmo da planta, vira sacarose. O que queremos saber, entre outras coisas, é como a planta toma essa decisão, que genes estão envolvidos nesse processo", diz Glaucia. Na tentativa de compreender o genoma da cana, foi criado um consórcio internacional que reúne cientistas do Brasil, Estados Unidos, França, África do Sul e Austrália, com o objetivo de sequenciar os 10 bilhões de pares de bases de DNA de um cultivar. "Este é hoje um dos maiores desafios da genômica", afirma Glaucia, que também coordena o Sucest-FUN, banco de dados que reúne e integra informações geradas por pesquisas nessa área. Todas essas iniciativas têm forte apoio da indústria sucro-alcooleira.

A chave dessa transformação se chama biomassa, o conjunto da matéria orgânica produzida pela planta. O etanol que se produz hoje é o chamado de primeira geração, obtido a partir da fermentação do caldo da cana. Obviamente, esse processo incorporou muita tecnologia desde os tempos em que Martim Afonso construiu seu engenho no Brasil. O pote de ouro no fim do arco-íris, hoje, para os pesquisadores não está mais na sacarose da cana, mas na celulose, presente no bagaço e na palha da cana. Na ponta do lápis, aproveita-se hoje para produção de etanol apenas um terço da energia contida na cana, aquela extraída do caldo.

De novo, as aulas do cursinho. Ao longo da evolução, as plantas desenvolveram paredes de celulose, um açúcar complexo formado por unidades de glicose, que tem entre suas funções dar sustentação à planta e protegê-la contra as investidas de bactérias e fungos. Em teoria, a quebra (hidrólise) da celulose das paredes celulares da cana permitiria triplicar a produção brasileira, sem que fosse necessário ampliar a área atualmente plantada.

"A ideia é que a hidrólise da celulose libera açúcar que, então, poderia ser fermentado e produzir o etanol de segunda geração", diz Glaucia. O trabalho é gigantesco. Tanto que, dos 55 projetos de pesquisa financiados hoje pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), 27 envolvem celulose. "Precisamos entender a parede celular da planta, conhecer a estrutura da celulose, suas propriedades físicas, químicas e biológicas, que podem mudar de planta para planta, de cultivar para cultivar, dependendo da variedade de cana, e existem centenas delas."

Entre 80% e 90% de um pé de cana se compõem de água. Descontando-se a água, 70% do que resta é parede celular, ou seja, açúcar: celulose, hemicelulose e pectina. Se, à primeira vista, a ideia dos cientistas parece lógica e viável, uma visão mais detalhada da tarefa que têm pela frente mostra como o caminho é difícil. Eles querem hidrolisar - ou seja, quebrar pela água - uma molécula que é hidrófoba, tem aversão à água. Mais: planejam usar para isso um coquetel de enzimas produzidas por fungos e bactérias, justamente os inimigos naturais contra os quais a parede de celulose evoluiu para defender a planta. Marcos Buckeridge, botânico da USP e diretor científico do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), ligado ao MCT, explica a trabalhadeira.

"A celulose é um polissacarídeo composto por várias moléculas de glicose que se empilham e grudam como velcro, expulsando as moléculas de água. Ela é empacotada em feixes, chamados microfibrilas, com 36 moléculas de celulose, que formam uma espécie de rede em torno da célula e funcionam como as hastes de ferro numa estrutura de concreto. Essa estrutura é 'encapada', como se fosse um fio elétrico, por outro açúcar, a hemicelulose, também composta por moléculas de glicose, mas que se combinam em ângulos diferentes da celulose, fazendo esse composto um pouco menos avesso às moléculas de água. São dois tipos de hemicelulose. A mais interna e mais próxima das microfibrilas tem ligações mais fortes e é mais hidrófoba. Uma dessas hemiceluloses tem ramificações que contêm pentoses, um açúcar. Leveduras detestam pentoses e é isso que faz dessa hemicelulose uma excelente proteção contra fungos." Para completar essa estrutura, hemiceluloses se ligam duas a duas por meio de um ácido, formando a lignina, composto que trava completamente o sistema, produzindo uma rede de tubos de células mortas e tornando todo o sistema completamente hidrófobo.

O que se faz hoje para quebrar a molécula de celulose, diz Buckeridge, é, grosso modo, "cozinhar" a fibra, ou seja, o bagaço da cana, fazendo com que amoleça com uma explosão a vapor, permitindo que água e enzimas específicas façam a hidrólise. Os pesquisadores estão em busca de processos e enzimas que quebrem hemicelulose e celulose em açúcares fermentáveis e, portanto, capazes de produzir etanol. Buckeridge quer descobrir os pontos fracos desses açúcares, os pontos fracos da parede celular, para atacá-los com enzimas. "Meu objetivo é implodir essas paredes de forma controlada, da mesma forma que se faz com edifícios. Minha pesquisa é para descobrir em quais pontos devemos colocar as 'bananas de dinamite', no caso, as enzimas."

Essas "bananas de dinamite" existem na natureza. Falta identificá-las e descobrir como funcionam. A questão está em selecionar entre mais de 1.500 fungos quais produzem de forma eficiente os açúcares que os cientistas querem. Uma proposta é elaborar uma espécie de ranking dessas enzimas, de acordo com sua eficiência. "Se um desses fungos ou bactérias funcionar bem, podemos fazer um genoma completo", diz Buckeridge. Já existem no mercado "coquetéis" de enzimas capazes de produzir etanol a partir de celulose em laboratório, mas o custo em larga escala ainda é proibitivo. Além disso, falta saber quais coquetéis funcionam em quais variedades de cana.

Buckeridge não tem dúvidas de que, no futuro, a biotecnologia vai transformar a cana não apenas numa fábrica de energia, mas numa verdadeira biofábrica, capaz de produzir de forma renovável substitutos para praticamente todos os derivados do refino do petróleo. "Já estamos vendo isso acontecer hoje, com polímeros e proteínas derivadas da cana dando origem a princípios ativos para produção de medicamentos para controle do diabetes, matéria-prima para cosméticos e papel e plástico biodegradável. Não é difícil imaginar um futuro em que tenhamos biorrefinarias capazes de produzir solventes, tintas, fertilizantes, inseticidas e todo tipo de biomateriais a partir de variedades de cana-de-açúcar geneticamente projetadas para

esse fim."

Não precisa ser um jogo de soma zero

Davilym Dourado/Valor



Barbosa Cortez: é possível aumentar a produção de cana sem prejuízo para alimentos e sem abrir pastos em florestas

É com mal disfarçado orgulho que os pesquisadores da área de cana e bioetanol contam que, quando chegam a qualquer evento internacional, é para o Brasil que se desenrola o tapete vermelho. "Nessa área de ciência e tecnologia, nossa superioridade é incontestável", afirma Marcos Buckeridge. Nenhum outro país produz tantos "papers" (trabalhos científicos) sobre o tema.

Estimativas conservadoras indicam que o Brasil tem condições de produzir etanol de cana suficiente para substituir 5% da gasolina consumida hoje no planeta. Contraditoriamente, é o fato de este ser o único país do mundo a dominar essa tecnologia que impede que o etanol brasileiro decole no mercado internacional. "Seria interessante que outros países com características de solo e clima semelhantes também tivessem sua produção, para que o etanol se tornasse uma commodity", avalia Glaucia Souza, do Bioen. A Índia, segundo maior produtor mundial de açúcar de cana, começa a manifestar interesse pela tecnologia do etanol combustível, mas tem problemas estruturais, notadamente a questão fundiária. Lá, a produção se concentra em pequenas propriedades.

"Os países africanos seriam excelentes candidatos também, mas carecem de estabilidade política, infraestrutura e mão-de-obra especializada. Restam países latino-americanos como Argentina e Colômbia e as ilhas caribenhas", explica Luiz Augusto Barbosa Cortez, da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade de Campinas (Unicamp). Cortez é o autor do estudo que afirma ser o Brasil capaz de substituir por etanol 5% da gasolina usada no mundo. De acordo com ele, outros países não vão trocar a dependência do petróleo vindo do conturbado Oriente Médio pelo etanol produzido em apenas um país. Daí os esforços diplomáticos brasileiros para explicar no exterior a política de produção de bicombustível. (Leia entrevista de Ricardo Abramovay, da FEA/USP, na pág. 9)

"Circunstâncias históricas fizeram aqui a melhor agricultura do mundo para produção de cana e levaram o país a investir no álcool combustível. Temos gente qualificada em todos os níveis de produção", afirma Cortez. São Paulo, que, com 22 milhões de hectares, tem 3% da área do Brasil, usa metade desse espaço para pasto e 5 milhões de hectares para cana. No país, a cana ocupa 8 milhões de hectares.

Há números divergentes sobre qual parcela do território brasileiro está apta para o plantio de cana. Segundo o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), dos 850 milhões de hectares do território nacional, 360 milhões servem para essa lavoura. Já o Ministério da Agricultura fala em algo em torno de 60-65 milhões de hectares. "Plantamos cana na terra mais cara do país,

a de São Paulo, por causa da infraestrutura de transporte existente no Estado. O plantio está se expandindo para o norte do Paraná, sul de Minas, além de regiões de Mato Grosso e Goiás por que essas áreas oferecem essa infraestrutura", explica Cortez.

Cortez acredita que a produção pode crescer ainda mais sem que a cana substitua outras culturas e sem que entre nos pastos e empurre a pecuária para áreas ocupadas por floresta. "Se a cana entra no pasto e reduz o tamanho do pasto, preservo a Amazônia. É bom lembrar também que a cana compensa, e muito, a emissão de gases do efeito estufa feita pelo gado." Não se trata, portanto, de um jogo de soma zero.

Hoje, no Brasil, um único boi dispõe de 0,7 hectare para pastar. Imagine-se agora uma propriedade de 100 mil hectares voltada para a pecuária, onde se destine 30 mil hectares para produção de cana e instalação de uma usina, reduzindo-se o espaço ocupado pelo gado a 70 mil hectares. O resultado é a manutenção da mesma produção de carne - importante para a pauta de exportações - acrescida agora da produção de etanol combustível. "Num espaço menor, também se pode pensar em recolher parte do esterco e, com um biodigestor, produzir metano e mais combustível."

A cana pode gerar ainda mais energia além daquela do etanol. "A palha da cana pode ser queimada e produzir energia termoelétrica, algo que algumas usinas já fazem. Mas, vamos às contas. São 5 milhões de hectares produzindo 12 toneladas de palha por hectare, o que equivale a uma Itaipu por ano que jogamos fora por que não temos linhas de transmissão das usinas para os linhões de distribuição de energia elétrica."

O Brasil tem diante de si uma oportunidade única de se posicionar na liderança do setor de biocombustíveis, observa Cortez. "Podemos produzir açúcar de alta qualidade, etanol em quantidade suficiente para abastecer o mercado externo, sem devastar florestas e sem gerar resíduos prejudiciais ao ambiente. É por isso que o Brasil precisa não apenas investir em pesquisa, mas pautar toda discussão internacional sobre hidrólise da celulose."

Um percurso de conquistas e precariedades

Ricardo Abramovay
por *Cyro Andrade*

Gustavo Lourenção/Valor



Ricardo Abramovay:

transformar o etanol em commodity é um objetivo estratégico decisivo, tanto para o setor privado como para o governo, mas há obstáculos sérios

A liderança mundial dos próximos anos será de países que consigam crescer, vencer a pobreza e reduzir a desigualdade modificando o conteúdo material e energético da vida econômica. Assim entende **Ricardo Abramovay**, professor titular do departamento de economia da FEA/USP, coordenador de seu Núcleo de Economia Socioambiental (Nesa) e pesquisador do CNPq e da Fapesp. A conquista dessa liderança estará ao alcance de países que não só encontrem alternativas aos combustíveis fósseis, "mas, sobretudo, que orientem o processo de inovação pela sobriedade no uso de energia e de materiais em todos os segmentos da vida social".

Na avaliação de Abramovay, "a liderança brasileira na oferta de etanol é uma conquista fundamental, mas as chances de exportação do modelo brasileiro de produção são limitadas", porque "sua competitividade apoia-se numa concentração fundiária incompatível com a realidade da esmagadora maioria dos países africanos em que poderia, em tese, ser implantado". O resultado é que o etanol ainda é um combustível cuja oferta se concentra nos Estados Unidos (onde é altamente subsidiado e ineficiente) e no Brasil.

Abramovay também entende que "o esforço para que a inovação industrial e agrícola no Brasil tenha como parâmetro fundamental a chamada economia verde é lamentavelmente precário", mesmo em segmentos nos quais o país poderia ser internacionalmente pioneiro, como na cadeia produtiva da madeira, do papel e da celulose, na soja ou na pecuária.

Na indústria, "a contrapartida do combustível limpo é, até aqui, a ausência de objetivos nacionais de produção de motores e de veículos mais eficientes". Então, "o panorama atual é o de um país que avança em suas fontes de energia limpas, mas cujos processos de inovação industrial e agrícola são os que marcaram o século XX e não os que se anunciam promissores nos próximos anos".

Valor: Costuma-se dizer que será fundamental a aglutinação de esforços e objetivos de vários países para a comoditização do etanol e outros biocombustíveis, condição, por sua vez, para a progressão na abertura de novos mercados. Qual tem sido/deverá ser o papel do Brasil nesse processo?

Abramovay: Transformar o etanol em commodity é um objetivo estratégico decisivo, tanto para o setor privado como para o governo. O modelo produtivo adotado no Brasil tem por base a herança histórica do latifúndio e seu módulo mínimo é de 20 mil hectares. A mecanização da lavoura permitirá a supressão de formas degradantes de trabalho, em que um cortador de cana desfere 30 golpes de foice por minuto em jornadas que vão muitas vezes além de dez horas diárias. É difícil imaginar esse modelo em países da África sub-sahariana. Talvez a internacionalização passe pela adoção em larga escala do etanol celulósico. Nesse caso, os protagonistas mais importantes seriam a China e a Índia, que, segundo estudo da OCDE e da Agência Internacional de Energia (AIE), contribuiriam com cerca de 20% da produção de etanol celulósico em 2030. Mas é preciso dizer que hoje esses países estão quase na estaca zero nessa direção. Etanol celulósico é uma tecnologia que supõe altos investimentos e também plantas agrícolas capazes de fornecer de maneira abundante as matérias-primas que vão alimentar as usinas.

Valor: Quais são os trunfos do Brasil para afirmação, em foros internacionais, de suas potencialidades em matéria energética, a ponto de influírem, talvez, na formulação de políticas aplicadas em países desenvolvidos?

Ricardo Abramovay: O Brasil tem três trunfos importantes nas negociações internacionais. O primeiro é a menor dependência de energias fósseis. O segundo é a recente redução do desmatamento na Amazônia. Na verdade, é fundamental que se avance rapidamente para o desmatamento zero na Amazônia e que sejam estabelecidas metas muito mais ambiciosas que as atuais para outros biomas, como o Cerrado e a Caatinga. Alcançar esses objetivos não exige avanços tecnológicos espetaculares e sim a contraposição a interesses que caracterizam o que o Brasil tem de mais atrasado. É fato, contudo, que a coalizão de interesses que fazia do desmatamento uma espécie de direito associado à própria ideia de crescimento econômico foi seriamente abalada nos últimos anos. O terceiro trunfo brasileiro é a qualidade de sua

pesquisa científica, em especial na área de mudanças climáticas, na qual o avanço tem sido extraordinário.

Valor: A Europa ou os Estados Unidos estariam mais predispostos a prestigiar iniciativas de renovação das fontes de energia, com afirmação do uso de biocombustíveis?

Abramovay: Os biocombustíveis são mais prestigiados nos Estados Unidos do que na Europa. O grande desafio para ambos é ampliar essa produção. Ao que tudo indica, isso será feito com base no etanol de segunda geração (num futuro mais distante) e na biomassa lignocelulósica. Aquele estudo da OCDE e da AIE mostra que, em 2030, os biocombustíveis líquidos deverão representar 9% da matriz energética na área de transportes e 26% em 2050. Os biocombustíveis de segunda geração, nesse horizonte, corresponderiam a 90% do total. A vantagem do Brasil é ter o único biocombustível de primeira geração (o etanol de cana-de-açúcar) competitivo com o de segunda. Além disso, mesmo com a entrada no mercado dos biocombustíveis de segunda geração, a oferta europeia ou americana será insuficiente para atingir as metas de consumo estipuladas nas políticas desses países. A aprovação pela agência ambiental americana do etanol de cana-de-açúcar como combustível "avançado" abre perspectivas promissoras às exportações brasileiras. Contudo, Europa e Estados Unidos farão o possível para reduzir sua atual dependência energética e isso passa não só pelo estímulo a fontes próprias de produção, mas a inovações tecnológicas capazes de reduzir o consumo de energia nas residências, nos escritórios, na agricultura, nos transportes e na indústria.

Fonte: Eu & fim de semana, São Paulo, ano 11, n. 499, p. 4-9, 14, 15 e 16 maio 2010.

A utilização deste artigo é exclusiva para