



Biodiesel e Bioetanol

Dois Combustíveis com a Cara do Brasil

O Brasil é um país com uma situação bastante privilegiada no que diz respeito a combustíveis alternativos. Com todos os equívocos, crises e o preço do pioneirismo, o uso do etanol como combustível substituto à gasolina em grande escala a partir do final da década de 1970 marcou profundamente a posição de nosso país no cenário internacional como produtor e desenvolvedor de tecnologias alternativas aos chamados combustíveis fósseis.

Mais recentemente, o biodiesel entrou na pauta das alternativas, desta vez em substituição ao diesel comum. E, novamente, o Brasil se destaca no cômputo internacional.

A Associação Brasileira de Química promove o Simpósio Nacional de Biocombustíveis (BIOCOM), estando atualmente na 7ª edição. O BIOCOM, desde sua primeira edição, tem se pautado em discussões com abrangência regional, nacional e mundial com diversificação de temas e de setores participantes. O evento aborda aspectos relativos aos biocombustíveis, buscando a interação entre agentes governamentais, pesquisadores e do setor produtivo e estudantes de pós-graduação e de graduação. O programa tem fomentado a discussão das tecnologias atuais aplicadas à produção, melhorias técnicas e perspectivas de novas tecnologias, além de aspectos como: política, mercado e meio ambiente. Como se vê, biodiesel e bioetanol são oportunidades de pesquisa, desenvolvimento e emprego para os profissionais da área química.

Além disso, os artigos deste número da RQI abordam em algum grau o assunto desta matéria de capa.

Por tudo isso, nada mais adequado do que dedicar especial atenção a esses dois biocombustíveis, propiciando aos nossos leitores uma visão ampla e atualizada do tema. Assim, foram convidados o Professor Cláudio José de Araújo Mota, do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti, pesquisador do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), que nos falarão sobre o biodiesel; a Professora Elba Pinto da Silva Bom, do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e Viridiana Santana Ferreira Leitão, pesquisadora do INT, que nos falarão em conjunto sobre o bioetanol.

RQI: *O que é biodiesel, e como ele pode ser obtido?*

Cláudio Mota: Podemos considerar que existem duas definições para biodiesel. A mais ampla, que é descrita na Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, diz que o biodiesel é um biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores de combustão interna por compressão. Já a Resolução número 7 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), datada de 19 de março de 2008, definiu o biodiesel como um combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivado de óleos e gorduras.

Como é a resolução da ANP que explicita o regulamento técnico que traz as especificações para o biodiesel, podemos considerar que apenas os alquil ésteres de cadeia longa são, à luz da legislação vigente, considerados como biodiesel, sendo os demais biocombustíveis tratados como diesel renovável.

O biodiesel é normalmente obtido através da transesterificação de óleos e gorduras com metanol ou etanol na presença de um catalisador, usualmente básico. Já o diesel renovável pode ser obtido a partir de diversos processos, entre eles o craqueamento de óleos e gorduras, o hidrotratamento de óleos vegetais e processos de gaseificação de biomassa seguido de síntese de Fischer-Tropsch, dentre outros.

Eduardo Cavalcanti: Biodiesel é uma denominação genérica para combustíveis derivados de fontes renováveis que exibem grande similaridade de propriedades ao diesel mineral. Pode ser melhor definido como uma mistura de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa e utilizado como alternativa para uso direto ou misturado ao diesel. Atualmente no Brasil é amplamente utilizado como uma mistura de 5%, denominada de B5, notadamente em aplicações veiculares. Para que se garanta a sua plena utilização e aceitação pelo



FOTO: Arquivo pessoal

mercado, o biodiesel puro (B100) deve ser comercializado integralmente de acordo com as especificações do Regulamento Técnico ANP 04/2012. Cabe salientar que as mesmas devem ser mantidas até o momento em que é misturado ao diesel nas distribuidoras. Pode ser obtido por inúmeros processos, sendo a transesterificação ou alcoólise, o mais comumente empregado. A transesterificação é uma reação de um lipídeo com um álcool para formar ésteres e um subproduto, o glicerol (ou glicerina).

RQI: *Que matérias-primas são hoje utilizadas para a produção desse combustível?*

Cláudio Mota: A soja responde hoje em dia no Brasil por cerca de 75 a 80% da produção de biodiesel, tendo o sebo animal uma fatia ao redor de 15 a 20%. O óleo de algodão, girassol, palma e amendoim aparecem também como outras matérias-primas, além de óleos e gorduras residuais, mas com percentuais que somados não passam de 5% do total.

Eduardo Cavalcanti: São principalmente utilizadas óleos e gorduras vegetais e animais, como os óleos de soja (73,6%), algodão (2,4%) e o sebo bovino (19,8%), que no caso brasileiro dominam cerca de 96% do mercado. Em caráter experimental podemos destacar os óleos de palma, girassol, pinhão manso e macaúba, bem como a mamona e óleos e gorduras reaproveitados (OGRs) extraídos de fontes graxas domésticas, urbanas e industriais,

como por exemplo, óleo de fritura de restaurantes e borras graxas retiradas de caixas de gordura e de espuma de esgotos.

RQI: *Que vantagens ele propicia em relação ao diesel ordinário (ambientais, econômicas, geração de resíduos de processo, etc.)?*

Cláudio Mota: Além do benefício ambiental, com a diminuição da emissão de CO₂ na atmosfera, já que a planta o captura para a produção do óleo, a utilização do biodiesel traz inúmeras vantagens em relação ao óleo diesel tradicional, oriundo do petróleo. Podemos destacar a menor emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e particulados, além de uma melhor queima no motor, pois o biodiesel possui um maior número de cetanas que o diesel comum. Há também uma menor emissão de enxofre, pois o biodiesel é virtualmente isento deste elemento.

As vantagens econômicas se traduzem pela menor dependência do país em relação às importações de óleo diesel. O esquema de refino de petróleo brasileiro, apesar de privilegiar a obtenção de derivados médios, não consegue suprir a demanda por óleo diesel do país. Com a produção nacional de biodiesel, este deficit pode ser compensado, evitando a importação de óleo diesel para atender ao consumo da população.

Eduardo Cavalcanti: Sob o ponto de vista ambiental podemos afirmar que o biodiesel reduz os efeitos danosos da queima de derivados de petróleo responsáveis pelas emissões de gás carbônico, posto que parte do CO₂ emitido é parcialmente recuperado através do processo de fotossíntese das plantas oleaginosas que lhes dão origem. Ademais por não conter enxofre não polui a atmosfera com compostos de enxofre reconhecidamente agressivos à saúde humana e ao ambiente. No plano econômico contribui para a geração de empregos e renda no setor primário, o que no Brasil é de suma importância para o desenvolvimento regional e social. Não é tóxico e exibe um baixo risco de



FOTO: Arquivo pessoal

explosão, face ao seu ponto fulgor elevado. Ele precisa de uma fonte de calor acima de 130 graus Celsius para explodir. Outras duas grandes vantagens técnicas é que é um ótimo lubrificante, atuando como aditivo que recupera a lubricidade do diesel notadamente do de baixo teor de enxofre (S10) hoje utilizado nas grandes cidades. Por fim pode substituir parcialmente o diesel sem a necessidade de grandes ajustes no motor.

RQI: *Como o Brasil se destaca no contexto internacional na produção de biodiesel?*

Cláudio Mota: O Brasil é o terceiro maior produtor mundial deste biocombustível, tendo um grande destaque no cenário internacional. A indústria de biodiesel ainda é relativamente recente, e a produção em larga escala este biocombustível no país tem menos de 10 anos. Isto indica que há um campo enorme para melhorias no processo produtivo e de lucratividade do setor, o que certamente melhorará ainda mais o Brasil no cenário internacional de produção de biodiesel.

Eduardo Cavalcanti: Há quatro anos atrás éramos o quarto colocado no ranking mundial de produção, sendo que hoje produzimos 2,2 milhões de metros cúbicos anuais perdendo apenas para os EUA que lideram a produção com 3,4 milhões de metros cúbicos/ano.

Considerável esforço foi desenvolvido por todos os agentes de mercado e governamentais, para que superássemos a Alemanha e a Argentina nessa corrida.

RQI: *Que desafios se colocam hoje para o aumento da participação do biodiesel no mercado?*

Cláudio Mota: Acredito que o principal desafio é a oferta de matéria-prima, sem que isso cause impacto significativo no preço de alimentos. A soja ainda é a principal matéria-prima utilizada para a produção de biodiesel e teremos que encontrar outras fontes de óleos e gorduras que possam, gradativamente, ocupar uma maior fatia da produção, sobretudo sem competir com alimentos. Algumas alternativas são apontadas, como o pinhão manso, a macaúba e a palma. Entretanto, creio que o grande salto poderá ser dado com o uso de microalgas, cuja produtividade pode ser infinitamente maior que a da soja, ocupando um espaço físico bem menor e não competindo com alimentos.

Eduardo Cavalcanti: Poucos e circunstanciais ao meu ver. Sob o ponto de vista governamental acreditam os especialistas do Ministério da Fazenda que um aumento da mistura traria mais inflação e o rejeitam de imediato por ser esse ano um ano eleitoral. Sob o aspecto econômico não existe convergência entre o cálculo da diferença entre o preço do diesel importado e o biodiesel nacional. Existe na realidade um conflito de números para um incremento hipotético de 2% na mistura - de 5 a 7%. Por exemplo alguns especialistas clamam uma grande diferença entre o preço do biodiesel e do diesel (em torno de 40% mais caro). Outros advogam

que com a subida recente do dólar essa diferença é bem menor. Por outro lado observamos um incremento considerável na participação do diesel no mercado automotivo - só em 2013 importamos mais do que 27% de diesel, o que indiretamente aumentou o consumo de biodiesel. Mas sou otimista. Ao meu ver são problemas associados a desacertos estruturais de curto prazo, que a partir do próximo ano - no mais tardar, poderão ser superados trazendo um alento considerável para os setores produtivo, industrial e energético nacionais. Passadas as eleições acredito que poderemos ter um aumento gradual no teor de biodiesel.

Convém por fim destacar entretanto que ajudaria muito se a curva de não conformidades, sob ponto de vista da qualidade do produto, notadamente relacionados a aparência, teor, % de água e instabilidade química não venha a recrudescer conforme observado recentemente. Acho que é dever de todos garantir a qualidade do biodiesel seja na produção e na entrega de forma a fortalecer a boa imagem do produto e a sua maior aceitação pelo mercado.

RQI: *Que avanços são esperados em termos de P & D para o biodiesel?*

Cláudio Mota: Na área de matérias-primas acho que o principal avanço está na viabilização técnica e econômica do cultivo de algas. Atualmente, a produção de biodiesel de algas se mostra inviável economicamente, face às dificuldades de cultivo em larga escala.

Na área de produção do biodiesel o principal desafio é o desenvolvimento de catalisadores heterogêneos bifuncionais, que possuam funções ácidas e básicas estruturadas. Devido ao grande impacto que o preço da matéria-prima tem no custo de produção, ao redor de 80%, as indústrias tendem a processar matérias-primas de baixa qualidade, com alto teor de ácidos livres. Isto afeta o processo produtivo, pois o catalisador utilizado tem caráter básico. Nosso grupo tem realizado pesquisas



FOTO: INT

Armazenamento de biodiesel no INT

visando o desenvolvimento de catalisadores heterogêneos bifuncionais, que possuam sítios ácidos capazes de promover a esterificação dos ácidos graxos livres, e sítios básicos que catalisariam a transesterificação do óleo ou gordura. O grande desafio é posicionar estruturalmente os sítios catalíticos para que um não interfira na atividade do outro, maximizando a atuação independente de cada um deles.

Na área de coprodutos é preciso avançar na utilização da glicerina. Hoje, a maior parte deste coproduto é exportada sem qualquer beneficiamento, agregando pouco valor à cadeia produtiva. Nosso grupo desenvolveu inúmeras aplicações para a glicerina, como éteres, acetais e cetais que podem ser utilizados como aditivos para o próprio biodiesel. O desafio está em fazer a transição da pesquisa acadêmica para a escala industrial.

Eduardo Cavalcanti: Antevejo cinco grandes conjuntos de avanços. Como grande parte do custo do biodiesel é decorrente das matérias primas que respondem em cerca de 70 a 80% do custo final do produto, acho que prioritariamente devemos convergir esforços para o desenvolvimento de tecnologias que utilizem matéria prima de baixo custo e na otimização de processos. Os demais avanços seriam: a melhoria dos métodos de produção e purificação do biodiesel pelas empresas produtoras; o aprimoramento dos processos transformação dos subprodutos de produção, como a glicerina, em produtos de maior valor agregado; a produção das primeiras bateladas de biodiesel fabricadas a partir de matérias primas de natureza não alimentar, tais como o pinhão manso, a macaúba, algas e óleos residuais de fritura e o desenvolvimento de novos aditivos multifuncionais para o biodiesel a partir de matérias primas de origem biológica.

RQI: *Há algo que desejaria acrescentar?*

Cláudio Mota: Os biocombustíveis não são a fronteira final. Ou seja, não podemos esperar que



eles substituam completamente as fontes fósseis, pois isso, mesmo que possível, acarretaria imensos transtornos para o setor agrícola, impactando o preço dos alimentos. Devemos encarar os biocombustíveis como uma opção a mais, que contribui para minimizar os problemas ambientais causados pela queima de combustíveis fósseis. O biodiesel e o bioetanol vieram para ficar e ocupar uma fatia crescente de consumo. No caso do biodiesel, precisamos avançar na questão de novas matérias-primas, sobretudo as que não competem com alimentos. É preciso ainda avançar, também, na tecnologia de produção, desenvolvendo catalisadores heterogêneos bastante ativos e seletivos, de forma a diminuir os custos de produção e geração de resíduos. O uso de catalisadores heterogêneos permitirá, ainda, o desenvolvimento de processos contínuos, uma característica do setor de combustíveis, mas que é pouco, ou nada, utilizada no setor de biocombustíveis.

Eduardo Cavalcanti: Gostaria por acrescentar que considerável esforço de P&D tem sido desenvolvido pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), no sentido de apoiar, notadamente nos últimos seis anos, inúmeros projetos e instituições da Rede de Pesquisa em Biodiesel, investimentos esses que superam a marca de 150 milhões de reais. Cabe citar que no final do ano de 2013 o MCTI lançou uma Chamada Pública (Edital CNPq 040/2013) que destinou cerca de 25,5 milhões de reais para projetos na área, que esperamos que

sejam honrados no presente ano de incertezas.

Mas não devemos concentrar apenas todo nosso esforço nas iniciativas governamentais. Alguns mecanismos de apoio a empresas, como o Sistema Sibratec de Serviços Tecnológicos em Biocombustíveis, Editais de Subvenção Econômica financiados pela FINEP e iniciativas governamentais como a EMBRAPI, continuam sendo subutilizados pelo empresariado do biodiesel. Inovação se dá no chão de fábrica, dizem. Ou seja, em parceria com o mercado. Mas infelizmente ainda estamos muito longe disso, posto que não há como dar seguimento aos projetos iniciados pelas ICTs, sem que o mercado seja convencido a realizar os investimentos adicionais necessários para transformá-los em produtos e processos inovadores e comerciais. Oxalá essa nossa "síndrome de viralatas" - característica também tão peculiar em outros cantos do globo, seja revertida muito proximamente.

BIOETANOL

RQI: *O que é bioetanol, e como ele pode ser obtido?*

Elba e Viridiana: O bioetanol é o “etanol de



biomassa”, também chamado de etanol de segunda geração (2G). É obtido pela fermentação alcoólica dos xaropes de biomassa que apresentam glicose e xilose. Estes açúcares provêm da hidrólise enzimática dos polissacarídeos celulose e hemicelulose, que são componentes macromoleculares (polissacarídeos) da parede celular das plantas.

RQI: *Que matérias-primas podem ser utilizadas para a produção desse produto?*

Elba e Viridiana: Qualquer material lignocelulósico (resíduos da agro-indústria e agrofloretais, madeira, culturas energéticas - como algumas gramíneas). Como estes materiais são muito leves, pois são a parede celular de células vegetais mortas, o custo do seu transporte pode inviabilizar o seu uso. Assim a sua disponibilidade, em grande quantidade, perto do local de processamento é crucial. Neste contexto a biomassa da cana-de-açúcar é a matéria-prima mais adequada e que pode fazer o bioetanol economicamente viável. Adicionalmente, como qualquer material lignocelulósico pode ser utilizado para a produção de etanol 2G, o avanço desta tecnologia resultará na utilização de outras biomassas, promovendo a descentralização desta tecnologia e o aproveitamento de outros resíduos agroindustriais brasileiros.

RQI: *Que vantagens ele propicia em relação ao etanol ordinário (ambientais, econômicas, geração de resíduos de processo, etc.)?*

Elba e Viridiana: Na tecnologia atual, o etanol (primeira geração ou 1G) é produzido pela fermentação alcoólica da sacarose (que é um alimento), utilizando o caldo da cana-de-açúcar como matéria-prima - é um processo extremamente eficiente e barato. A moagem da cana, para extrair o caldo, gera o bagaço com o qual pode ser produzido o bioetanol. Assim, uma das vantagens (vantagem ambiental) é o uso do resíduo da produção do etanol para produzir mais etanol, sem expandir a fronteira

agrícola (vantagem ambiental e econômica). Entretanto sabemos que parte do bagaço é queimado nas usinas para cogeração (vapor e eletricidade), e assim sendo a maior parte do bagaço já tem, dentro da logística de funcionamento das usinas, um uso assegurado.

Existe, entretanto, um detalhe importante e frequentemente esquecido: além dos polissacarídeos celulose e hemicelulose, a parede vegetal das plantas apresenta em torno de 25% de um terceiro componente, a macromolécula aromática lignina que não é usada para a produção de bioetanol. A tecnologia do etanol 2G gera a lignina como resíduo e esta pode ser usada como combustível sólido nas usinas para cogeração, substituindo o uso do bagaço. Em realidade, o calor específico da lignina é 1,5 vezes superior àquele dos polissacarídeos da parede vegetal. Assim, o uso do bagaço para produzir etanol não impede que a sua lignina seja usada para cogeração. A cana é também fonte de um outro tipo de biomassa, a palha da cana, cuja queima pré-colheita, agora proibida, fica também, em parte, disponível para a produção de etanol 2G. Apesar de todas estas vantagens, a tecnologia para o etanol 2G é mais cara, em relação àquela usada para o etanol 1G, pois a biomassa precisa ser pré-tratada e hidrolisada com enzimas para a obtenção dos xaropes de biomassa que serão fermentados à etanol. Assim, apesar da vantagem na parte agrícola, pois tanto o bagaço quanto a palha são baratos, existe a desvantagem relativa do uso de uma tecnologia mais cara.

RQI: *Como o Brasil se destaca no contexto internacional na tecnologia de bioetanol?*

Elba e Viridiana: O fato do Brasil ter a matéria prima mais adequada para a produção de etanol 2G tem fomentando o desenvolvimento de atividades de P&D em centros de pesquisa e universidades. Entretanto existe necessidade de maiores investimentos, não apenas em P&D como também na formação de recursos humanos em química,



FOTO: Arquivo pessoal

bioquímica, engenharia bioquímica, genética, microbiologia, e outras áreas, voltados para o conhecimento desta nova matéria prima, a biomassa. O conhecimento e os recursos humanos permitirão o processamento da biomassa de forma eficiente e rentável, assim como o aproveitamento de todo o seu potencial. Neste contexto, é importante a existência de laboratórios especializados dentro de universidades, como por exemplo o LABORATÓRIO BIOETANOL da UFRJ.

RQI: *Que desafios se colocam hoje para o aumento da participação do bioetanol no mercado?*

Elba e Viridiana: O seu custo. Neste contexto o Brasil é o maior competidor de si próprio, pois produzimos o etanol (de caldo de cana) mais barato do mundo, envolvendo duas etapas principais, moagem e fermentação alcoólica. Já o processamento da biomassa para o etanol 2G exige uma etapa de pré-tratamento (que deve ser de baixo custo) e outra de hidrólise enzimática (com enzimas tão baratas quanto possível). É importante também que o Brasil seja independente no fornecimento de todos os insumos envolvidos na cadeia de

processamento da biomassa. Entretanto se descontados os altos custos do cultivo da cana, necessário para o etanol 1G, o cenário do custo do 2G começa a ficar mais favorável.

RQI: *Que avanços são esperados em termos de P & D para o bioetanol?*

Elba e Viridiana: Os avanços já chegaram, com a construção de algumas unidades industriais para a produção do etanol 2G no Brasil – acredita-se que, em um cenário em que o uso da gasolina fique cada vez mais desfavorecido por aumento de preço e impacto ambiental, este biocombustível aumentará a sua participação no mercado. As atividades de P&D irão se expandir com a diversificação da matéria-prima, pois o Brasil tem uma grande disponibilidade de resíduos agro-industriais, como o da plantaçao do milho. Adicionalmente, diferentes tecnologias serão desenvolvidas. Estas podem basear-se no uso de xaropes de biomassa de glicose ou de xilose, ou misturas de ambos; do tipo de micro-organismo, levedura ou bactéria, modificada geneticamente ou não; do uso de xaropes de biomassa misturados com o melaço ou com o caldo de cana; de processos que associem a hidrólise enzimática com a fermentação ou que desenvolvam estas etapas separadamente, entre outras opções tecnológicas.



RQI: *Há algo que desejaria acrescentar?*

Elba e Veridiana: A tecnologia de etanol 2G pavimenta o caminho para os avanços da indústria química de base renovável, onde o Brasil poderá assumir liderança mundial em Química Verde. As condições naturais e a vocação já existem, agora precisamos de políticas bem estruturadas e investimentos. Consideramos também que a formação de recursos humanos na área de processamento da biomassa é fundamental. Este é um desafio muito grande pois estamos acostumados a enxergar o petróleo como uma matéria prima universal e os recursos humanos prioritariamente formados para a área da petroquímica.

A necessária mudança de paradigma, embora gradual, exige que a partir de agora sejam implementadas políticas públicas e disponibilizados recursos financeiros para o adequando preenchimento da lacuna de conhecimento, tecnologia e recursos humanos. Muitas ações governamentais já estão em práticas e recursos financeiros importantes estão sendo disponibilizadas para empresas e instituições de ensino, pela FINEP e pelo BNDES.

Porém sentimos falta de uma guinada séria na canalização de recursos para a nova realidade do uso da biomassa para combustíveis e produtos químicos – o Brasil é privilegiado neste cenário. A quantidade, qualidade e disponibilidade de biomassa que o Brasil tem, corresponderia à riqueza do petróleo leve, que o Brasil não tem.

NOTA DO EDITOR:

Os entrevistados podem ser contatados por meio de seus endereços eletrônicos:

- **Cláudio Mota:** cmota@iq.ufrj.br
(lattes.cnpq.br/4303587017025599)
- **Eduardo Cavalcanti:** eduardo.cavalcanti@int.gov.br
(lattes.cnpq.br/4489641178548782)
- **Elba Bon:** elba1996@iq.ufrj.br
(lattes.cnpq.br/4489641178548782)
- **Viridiana Leitão:** viridiana.leitao@int.gov.br
(lattes.cnpq.br/1582611321201876)