

## Biodiesel: desafios e oportunidades

*Itânia Pinheiro Soares<sup>1</sup>  
Bruno Galvêas Laviola<sup>2</sup>  
Emerson Léo Schultz<sup>3</sup>  
João Ricardo Moreira de Almeida<sup>4</sup>  
Léia Cecília de Lima Fávaro<sup>5</sup>  
Mônica Caraméz Triches Damaso<sup>6</sup>  
Patrícia Pinto Kalil Gonçalves Costa<sup>7</sup>  
Thaís Fabiana Chan Salum Emerson Léo Schultz<sup>8</sup>*

A inserção do biodiesel na matriz energética brasileira, com a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), foi uma importante iniciativa para o País. Além do aspecto ambiental, o biocombustível aumentou a geração de divisas e reduziu a dependência do petróleo.

Desde 2008, o Brasil está entre os três países de maior produção de biodiesel. Foi o segundo maior produtor em 2010 e atualmente é o terceiro maior produtor mundial de biodiesel, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e Alemanha, como mostra a Figura 1 (BRASIL, 2014).

Em 2012, a produção de biodiesel no Brasil foi de 2.717.483 m<sup>3</sup>. No entanto, desde 2008, quando a mistura biodiesel/diesel passou a ser compulsória, as usinas produtoras de biodiesel operam com menos da metade da capacidade autorizada pela

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). De acordo com a Figura 2, em 2013, a demanda compulsória ficou abaixo de 3 milhões de metros cúbicos, enquanto a capacidade autorizada foi próxima de oito milhões de metros cúbicos (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2014).

Depois de mais de quatro anos com a mistura B5 (5% v/v de biodiesel no diesel) em vigor no país, a Medida Provisória n<sup>o</sup> 647, de 28 de maio de 2014, estabeleceu, a partir de julho de 2014, a adição compulsória de 6% de biodiesel no diesel, passando a 7% em novembro do mesmo ano. O aumento desse percentual e, por consequência, a alteração do quadro apresentado na Figura 2, depende de deliberação que envolve discussão entre diversos setores da cadeia produtiva e órgãos do governo, especialmente a agência reguladora.

<sup>1</sup> Química, D.Sc em Química Analítica, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, itania.soares@embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, bruno.laviola@embrapa.br

<sup>3</sup> Engenheiro Químico, D.Sc. em Engenharia Química, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, emerson.schultz@embrapa.br

<sup>4</sup> Biólogo, PhD. em Microbiologia Aplicada, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, joao.almeida@embrapa.br

<sup>5</sup> Bióloga, D. Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, leia.favaro@embrapa.br

<sup>6</sup> Engenheira Química, D.Sc. em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, monica.damaso@embrapa.br

<sup>7</sup> Química, M.Sc. em Química, Analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, patricia.costa@embrapa.br

<sup>8</sup> Farmacêutica, D.Sc. em Bioquímica, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF, thais.salum@embrapa.br

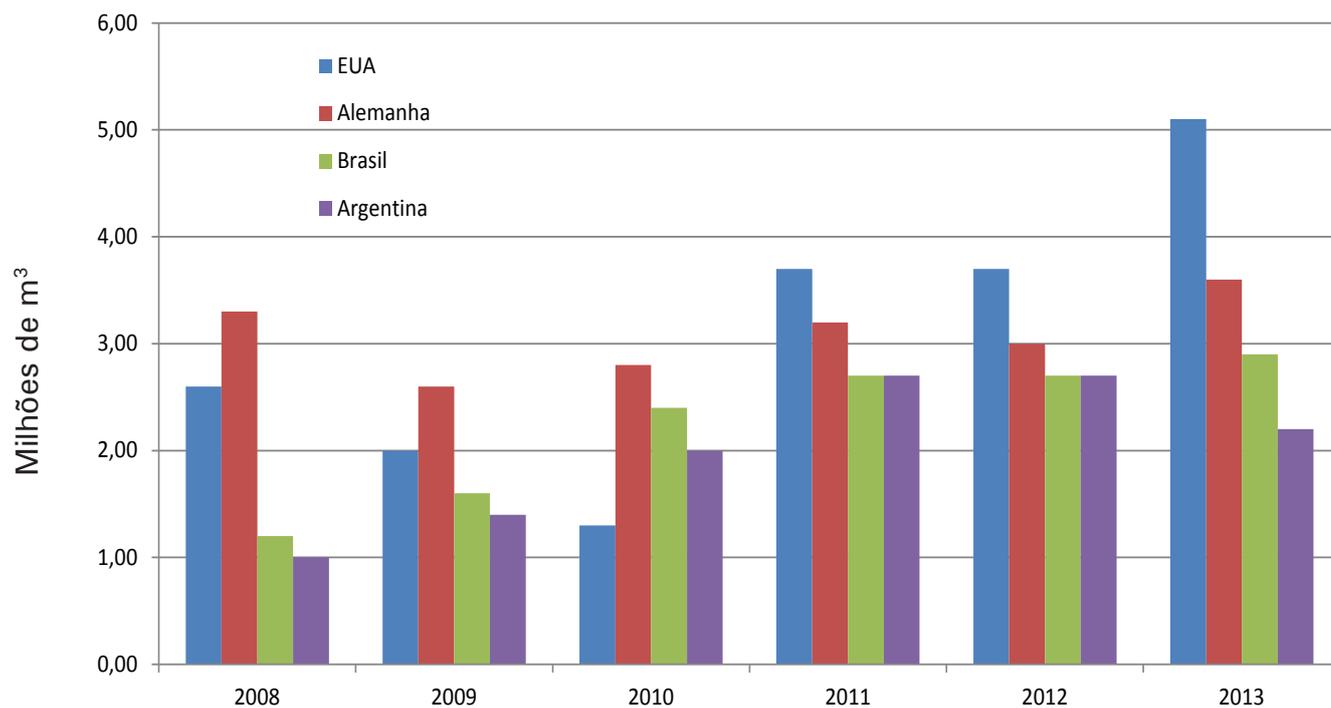


Figura 1. Principais países produtores de biodiesel

Fonte: Adaptado de Brasil (2014)

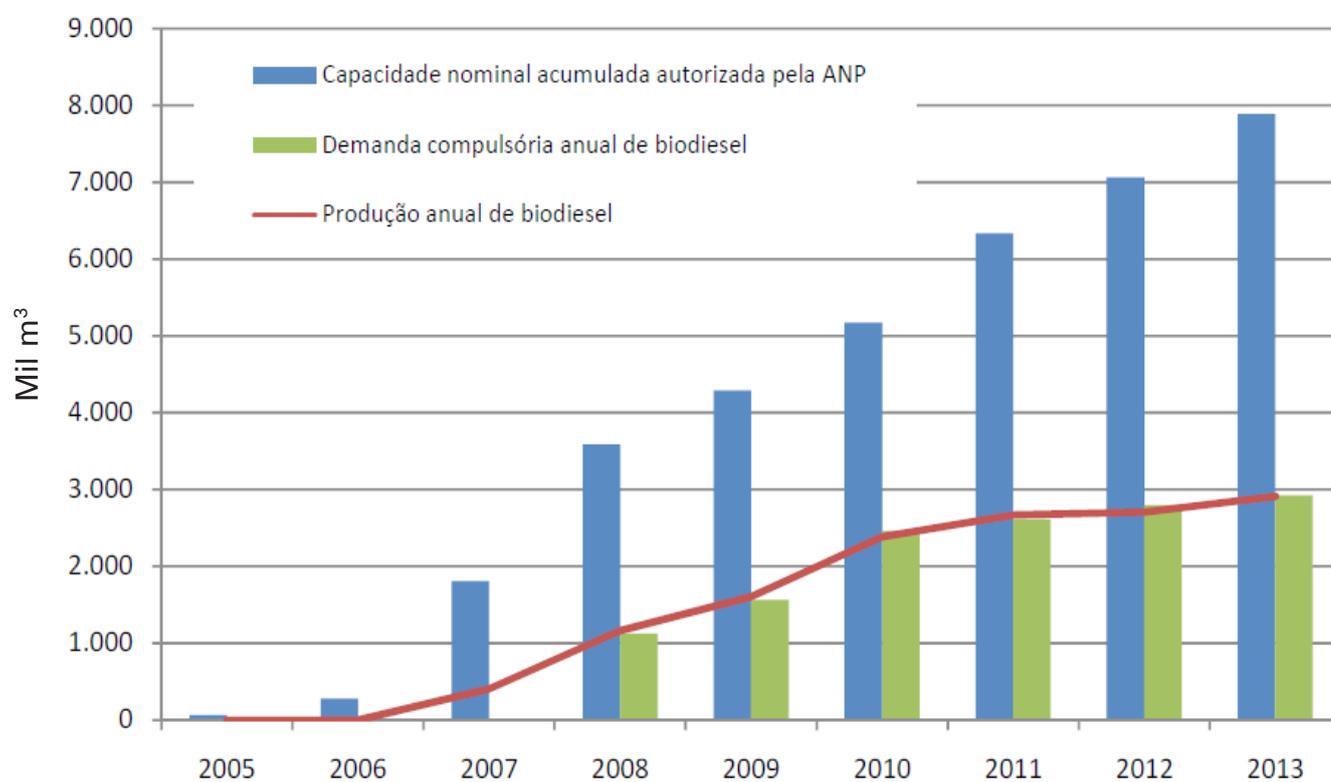


Figura 2. Evolução anual da capacidade nominal, da demanda compulsória e da produção anual de biodiesel no país.

Fonte: Adaptado de Brasil (2014)

## Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no País

Desde o lançamento do PNPB, a soja tem sido a principal matéria-prima para produção de biodiesel, seguida da gordura bovina. As demais matérias-primas variam de acordo com a região. O óleo de fritura foi utilizado em 2013 em todas as regiões do País, com exceção da região Nordeste; o óleo de algodão foi utilizado nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste; a macaúba, na região Sudeste; o nabo forrageiro, na região Sul; a palma-de-óleo na região Nordeste. O perfil mensal de utilização das principais matérias-primas para produção de biodiesel no Brasil, nos três últimos anos, pode ser visualizado nas Figuras 3, 4 e 5. Os dados são do boletim mensal dos combustíveis renováveis (BRASIL, 2014).

Neste mesmo período, observou-se que a soja tem apresentado crescimento de utilização até o meio do ano e, a partir desse período, segue um decréscimo até dezembro (Figuras 3, 4 e 5). Em 2013, a soja iniciou o ano com percentual de utilização abaixo de 70%, chegou a ultrapassar 80% em junho e terminou o ano novamente abaixo de 70%. A utilização do maior percentual de óleo de soja na produção de biodiesel ocorre após o período de colheita da oleaginosa.

A disponibilidade de outras culturas que possibilitem a regionalização das matérias-primas para produção de biodiesel é um fator de bastante relevância. Idealmente, essa matéria-prima deve atender a critérios químicos (e.g. composição do óleo em ácidos graxos) e agrônômicos (e.g. alta produtividade, densidade energética e sistema de produção desenvolvido) para se estabelecer uma cadeia produtiva sustentável.

Dependendo da composição de ácidos graxos, a matéria-prima precisa ser misturada com o óleo de soja para que o biodiesel produzido tenha características químicas interessantes, como a estabilidade à oxidação e fluxo a frio. Um óleo com alto teor de cadeias carbônicas saturadas é menos suscetível à oxidação, mas, por outro lado, solidifica-se a temperaturas mais altas. Já os óleos ricos em insaturados e poli-insaturados solidificam somente a temperaturas mais baixas, mas, em contrapartida, sofrem oxidação mais facilmente.

A gordura bovina é um exemplo de matéria-prima com alto teor de saturados, utilizada, usualmente, junto com óleo de soja, em mistura de até 30%. A transformação desse resíduo em matéria-prima para biodiesel foi uma solução para o desafio ambiental do descarte do grande volume de sebo gerado no Brasil, que é o segundo maior produtor

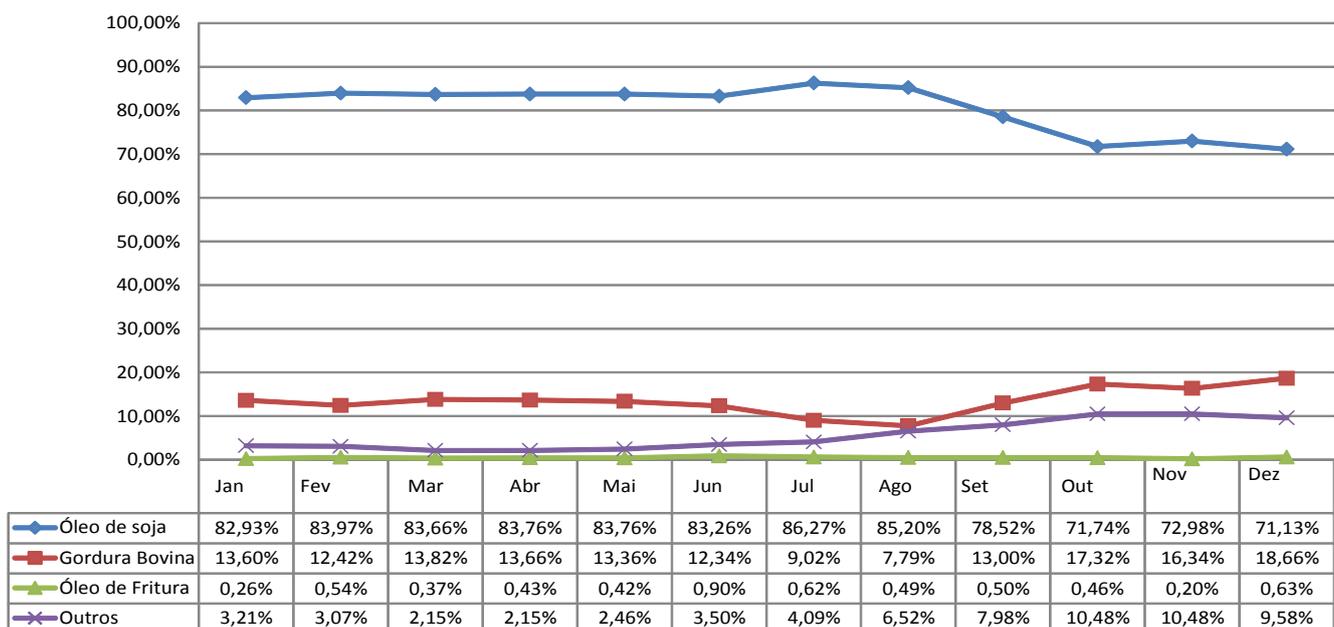


Figura 3. Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no ano de 2011.

mundial de carne bovina. Ao mesmo tempo, permitiu a expansão da produção de biodiesel sem concorrência com culturas alimentares pelo uso de terras. Ações no sentido de coordenar a cadeia produtiva entre frigoríficos/graxarias e usinas poderiam ampliar a utilização dessa matéria-prima. Também parece importante que haja padronização da gordura bovina, visto que materiais de má qualidade podem implicar em geração de custos adicionais aos produtores de biodiesel, pela necessidade de tratamento do sebo e purificação dos resíduos pelas usinas (BRASIL, 2012).

Além da organização do mercado de sebo bovino, é bastante relevante que haja ações de pesquisa e desenvolvimento para a inserção de novas matérias-primas na cadeia de produção do biodiesel, considerando as questões de adensamento energético e adaptação regional. Algumas palmeiras, como tucumã e macaúba, mostram potencial,

embora sejam necessários avanços tanto no sistema de cultivo quanto na colheita. O pinhão-manso também é promissor e apresenta ainda a vantagem de não ser utilizado na alimentação humana, tampouco na animal. No entanto, para que seu uso se torne uma realidade, ainda é necessário vencer alguns desafios técnico-científicos relacionados ao sistema de produção e aproveitamento da torta. O crambe é estudado como cultura de inverno que poderia ser utilizada juntamente com o óleo de soja para produção de biodiesel. O óleo de crambe apresenta por volta de 60% de ácidos graxos monoinsaturados e 10% de poli-insaturados, contra mais de 50% de poli-insaturados da soja. Esses ácidos graxos poli-insaturados são mais suscetíveis à oxidação, e por consequência, o biodiesel gerado a partir desses ácidos também será menos estável. Assim, a transesterificação de misturas de óleo de soja e óleo de crambe pode melhorar a qualidade do biodiesel produzido no país.

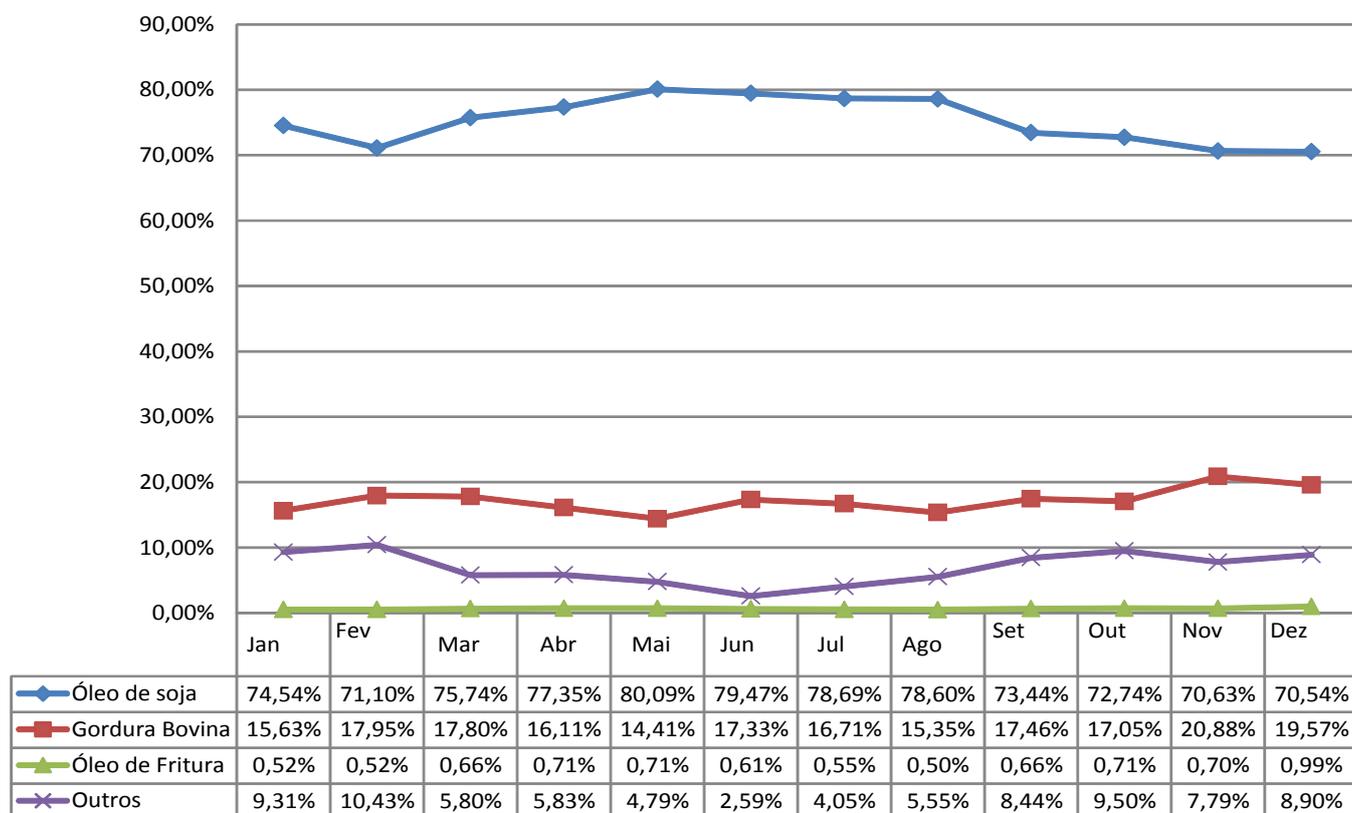


Figura 4. Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no ano de 2012.

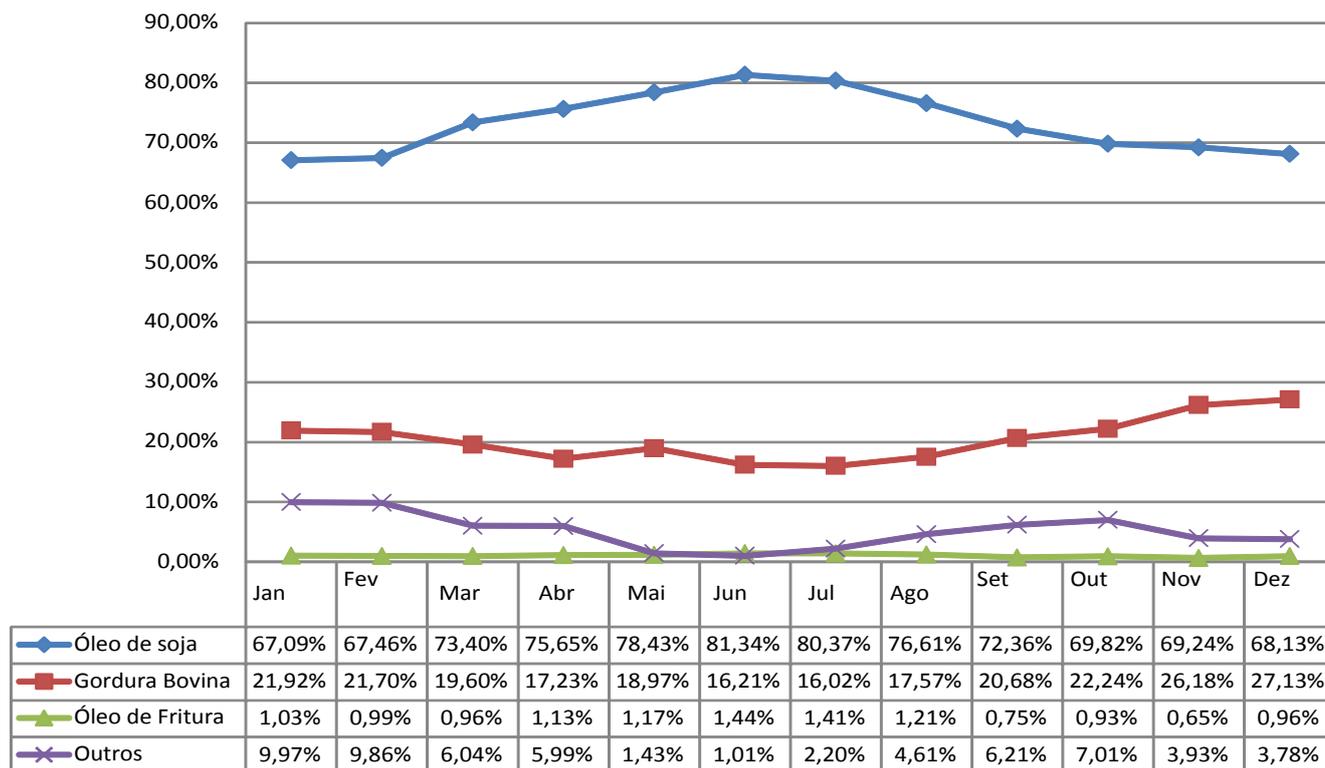


Figura 5. Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel no ano de 2013.

## Produção industrial de biodiesel

O biodiesel é produzido industrialmente por catálise homogênea, utilizando como catalisador o metilato de sódio. Embora essa via resulte em elevada conversão de triacilgliceróis em ésteres, também gera grande quantidade de efluentes, já que o excesso de catalisador exige a purificação do biodiesel e da glicerina ou glicerol, coproduto da reação. Algumas empresas tecnológicas têm desenvolvido reatores visando à menor geração de efluentes e aproveitamento dos resíduos de catalisadores para produção de fertilizantes. Outra alternativa que tem despertado bastante interesse é a transesterificação do biodiesel utilizando catálise heterogênea. Estando em fase diferente do meio reacional, o catalisador pode ser reutilizado em outros ciclos catalíticos, facilitando a purificação do biodiesel e da glicerina, gerando assim menor quantidade de efluentes.

Quando a matéria-prima apresenta alto teor de ácidos graxos livres, a catálise homogênea básica,

por si só, não converte todo o óleo em biodiesel. Esses ácidos livres reagem com a base gerando sabão em vez de biodiesel. Quando se utiliza matérias-primas com elevada acidez, é necessário adicionar uma etapa ao processo. Um catalisador ácido - normalmente ácido sulfúrico - é utilizado para esterificar os ácidos graxos livres e, posteriormente, é feita a reação com catalisador básico. Uma oportunidade para pesquisa seria, então, encontrar um catalisador químico com sítios ácidos e básicos, que possibilitasse em apenas uma etapa a conversão dos triacilgliceróis e ácidos graxos livres, ou um processo enzimático de baixo custo, uma vez que as lipases convertem triacilgliceróis e ácidos graxos livres em biodiesel.

Com relação ao uso de catalisadores heterogêneos (químicos e enzimáticos), os desafios são: encontrar um catalisador igualmente eficiente ao catalisador homogêneo empregado, em termos de conversão de triacilglicerol em éster; que apresente baixo custo; baixa lixiviação; possibilidade de reutilização por vários ciclos, sem perda de rendimento reacional,

com gasto energético compatível e com a menor geração de efluentes possível.

Os catalisadores químicos mais estudados são óxidos metálicos, zeólitas, resinas de troca iônica e hidróxidos duplos lamelares. A catálise enzimática tem grande potencial para superar os problemas apresentados na catálise química homogênea. No entanto, a utilização de lipases para a produção de biodiesel não tem sido empregada em escala industrial, principalmente devido ao custo ainda alto de produção das enzimas.

## Qualidade do biodiesel e mistura biodiesel/diesel

A base regulatória que controla a qualidade do biodiesel no país baseia-se na emissão de um certificado de qualidade pela usina produtora, relativo a um determinado tanque de origem. São requeridos ensaios físico-químicos do B100 (biodiesel puro), totalizando 24 ensaios, conforme a Resolução ANP 45/2014, certificando a qualidade do produto estocado em tanques no interior das usinas.

Os carregamentos de biodiesel oriundos desses tanques são levados a bases e terminais de distribuidoras por caminhões-tanques. Nas bases e terminais, o biodiesel é adicionado ao diesel puro (diesel A), transformando-se na mistura diesel-biodiesel BX, onde X é a porcentagem de biodiesel no diesel. A qualidade da mistura é monitorada pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), nos postos de combustíveis, e tem que atender às especificações constantes da Resolução 50/2013. A ANP contrata universidades ou centros de pesquisa para coletar e analisar essas amostras dos postos de combustíveis. As usinas produtoras de biodiesel emitem relatórios mensais com ensaios determinados pela agência, bem como relatórios trimestrais, que contemplam os 24 ensaios da resolução ANP. Não existe, no entanto, resolução que determine o monitoramento do combustível nos demais pontos da cadeia. É importante que esses pontos sejam monitorados para que se tenha maior conhecimento dos processos de degradação que porventura ocorram com o biodiesel, para proposição de medidas de controle.

O biodiesel é composto por ésteres metílicos ou etílicos de cadeias longas (em média de 14 a 20 átomos de carbono). Possui características físico-químicas semelhantes ao diesel, que, aproximadamente, é constituído de: 42% de alcanos de cadeias longas, 32% de cicloalcanos, 25% de aromáticos e 1% de outros compostos. Apesar da semelhança química com o diesel, o perfil dos ácidos graxos dos óleos e gorduras utilizados na fabricação do biodiesel favorece o desenvolvimento do principal processo de degradação química que atinge o biodiesel: a oxidação. Também conhecida como rancificação oxidativa, essa ação degenerativa decorrente do contato com o oxigênio do ar, via de regra, atua sobre os biodieseis ricos em ácidos graxos insaturados, como os que se encontram presentes nas matérias-primas que dominam o mercado brasileiro (soja, algodão e outros). Essa característica, associada à maior higroscopicidade do biodiesel em relação ao diesel, e às más práticas de manuseio, tendem a causar problemas nos sistemas de armazenamento e de injeção nos veículos movidos a diesel, tanto de natureza química quanto microbiana (CAVALCANTI, 2009).

A degradação química do biodiesel e da mistura com diesel pode ocorrer por oxidação, fotoionização, processos térmicos e hidrolíticos. O processo de degradação química inicia-se, principalmente, pela oxidação dos carbonos das duplas ligações, formando peróxidos alílicos. Como estes são instáveis, posteriormente, ocorrem outras reações e rearranjos, formando-se compostos de cadeias menores como aldeídos e ácidos, além de reações de polimerização que podem ocorrer (KNOTHE, 2007).

Dentre os contaminantes químicos encontram-se a água, os mono, di e triacilgliceróis, o etanol e metanol, os esteróides e triterpenos, (SELVIDGE, et al., 2009; PFALTZGRAF et al., 2007; LEE, et al, 2007; BREWER, 2007). A água dissolvida em contato com metais tende a promover a formação de sedimentos metálicos, bem como induz ao aparecimento de água livre, sob a forma de microgotículas, aderidas às paredes do tanque ou mesmo sob a forma decantada, culminando com o acúmulo de água de lastro no fundo de tanques (CAVALCANTI, 2009).

A água é um fator essencial para a atividade microbiana, conseqüentemente, a maioria das medidas recomendadas para mitigar a atividade microbiana em combustíveis inclui o controle da água (PASMANN, 2013). A água pode vir adsorvida no biodiesel da usina, no transporte, nos procedimentos de carga e descarga, ventilação indevida, vedação ineficiente e por condensação de gotículas de água presentes no ar. Além da presença de água, é necessária a disponibilidade de nutrientes minerais (fósforo, potássio, magnésio e outros) para o crescimento microbiano. Estes nutrientes podem penetrar no sistema por partículas de poeira e entrada eventual de pequenos insetos no tanque, por inibidores de corrosão presentes no combustível e por sais inorgânicos contidos na água (BUCKER, 2009). A água livre no biodiesel estimula o crescimento de micro-organismos, como fungos e bactérias (CHAO et al., 2010). Muitas espécies de bactérias e fungos têm sido isoladas a partir de combustíveis, embora nem todas elas sejam capazes de crescer em hidrocarbonetos. Para o crescimento, é necessário que os micro-organismos tenham capacidade de utilizar biodiesel e/ou diesel como fonte de carbono. Entre as bactérias capazes de crescer em combustível encontram-se os gêneros *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Aeromonas*, *Achromobacter*, *Arthrobacter*, *Nocardia*, *Rhodococcus* e *Micrococcus* (CERQUEIRA et al., 2012; BÜCKER et al., 2011). Embora técnicas baseadas em cultivo microbiano sejam consideradas padrão para análise microbiológica de combustíveis, elas não permitem acessar todos os micro-organismos presentes nas amostras. Com a utilização de técnicas baseadas em análise do DNA, tem sido possível acessar de forma integral os grupos microbianos (bactérias, arqueias e fungos) presentes em biodiesel e misturas, incluindo tanto a fração cultivável quanto a fração não cultivável da microbiota (WHITE et al., 2011; BÜCKER et al., 2014). A utilização destas ferramentas de análise tem contribuído para o maior entendimento do papel dos micro-organismos na biodeterioração e na qualidade do biodiesel.

## Aproveitamento de coprodutos

A garantia de sustentabilidade da cadeia produtiva de biodiesel é algo que merece atenção e grande esforço em pesquisa, seja no aproveitamento

dos resíduos da extração do óleo, seja em novos produtos químicos obtidos a partir da glicerina. Esses novos produtos podem agregar valor à cadeia, substituindo produtos de origem fóssil ou fomentando o desenvolvimento de outros de igual ou maior interesse que os derivados petroquímicos.

Dentro da concepção de biorrefinarias, várias revisões científicas têm reportado o sucesso no uso da glicerina para a obtenção de químicos e combustíveis por meio de processos químicos, termoquímicos e bioquímicos, tais como: etanol, butanol, H<sub>2</sub>, biogás, gás de síntese e também de químicos, dentre os quais vários ácidos orgânicos (lático, fórmico, propiônico, acético, succínico), polióis (manitol, eritritol, arabitól), 1,3-propanodiol, 1,2-propanodiol, diidroxiacetona, propilenoglicol (ALMEIDA et al., 2012; LEONETI et al., 2012; FAN et al., 2010; CHOI, 2008), epicloridrina (MOTA et al., 2009) Além disso, as tortas que resultam do processo de obtenção do óleo apresentam potencial para serem utilizadas como ração animal, substratos em processos fermentativos, produção de compósitos e outros.

## Considerações finais

Embora o processo de produção de biodiesel esteja de certa forma, bem estabelecido, pesquisas ainda devem ser conduzidas no sentido de redução de custos na produção e menor geração de efluentes. Além disso, novas matérias-primas devem ser investigadas e inseridas na cadeia produtiva, o que implica a avaliação das características físico-químicas do biocombustível obtido.

O biodiesel produzido no país segue um regulamento técnico semelhante ao que é estabelecido em outras partes do mundo, como Europa e Estados Unidos. No entanto, em alguns parâmetros, a legislação brasileira é ainda mais rigorosa, estabelecendo critérios que visam à maior qualidade do combustível.

A tendência é que, cada vez mais, o biodiesel produzido no Brasil tenha maior garantia de qualidade, o que pode reduzir especulações sobre problemas ao longo da cadeia, permitindo segurança ao se propor aumento do percentual na mistura com diesel, além de diminuir barreiras com a exportação

do produto. Se, de um lado, há um custo para garantir qualidade do produto, por outro, pode haver ganho com o aumento da demanda e, por consequência, da produção.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Boletim Mensal do Biodiesel**. 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=70331&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1397496399099>>. Acesso em: abr. 2014.
- ALMEIDA, J. R.; FÁVARO, L. C.; QUIRINO, B. F. Biodiesel biorefinery: opportunities and challenges for microbial production of fuels and chemicals from glycerol waste. **Biotechnology for Biofuels**, London, v. 5, artigo n. 48, 2012. Disponível em: <<http://www.biotechnologyforbiofuels.com/content/5/1/48>>. Acesso em: set. de 2014
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Biodiesel de sebo bovino. **CHESF**, 24 jan. 2012. Disponível em: <[http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf\\_portal/paginas/comunicacao/comunicacao\\_ultimas\\_noticias/conteiner\\_noticias?p\\_pag\\_inicio=1941&p\\_pag\\_fim=1950&p\\_id\\_noticia=441520](http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf_portal/paginas/comunicacao/comunicacao_ultimas_noticias/conteiner_noticias?p_pag_inicio=1941&p_pag_fim=1950&p_id_noticia=441520)>. Acesso em: abr. 2014.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis**, n. 74, mar. 2014. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/spg/galerias/arquivos/publicacoes/boletim\\_mensal\\_combustiveis\\_renovaveis/Boletim\\_DCR\\_nx\\_074\\_-\\_marxo\\_de\\_2014.pdf](http://www.mme.gov.br/spg/galerias/arquivos/publicacoes/boletim_mensal_combustiveis_renovaveis/Boletim_DCR_nx_074_-_marxo_de_2014.pdf)>. Acesso em: abr. 2014.
- BREWER, M. Identification of precipitate found in depot storage tanks containing Swedish Klass1 B5 fuels. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON BIODIESEL, 2007, Vienna, Austria. **The science and the technologies: proceedings...** [Washington]: USDA : [Kuala Lumpur]: AOCS, 2007.
- BUCKER, F. **Biodeterioração de misturas de diesel e biodiesel e seu controle com biocidas**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, Porto Alegre, RS.
- BÜCKER, F.; SANTESTEVAN, N. A.; ROESCH, L. F.; JACQUES, R. J. S.; PERALBA, M. C. R.; CAMARGO, F. A. O.; BENTO, F. M. Impact of biodiesel on biodeterioration of stored Brazilian diesel oil. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Oxon, v. 65, n. 1, p. 172-178, 2011.
- BÜCKER, F.; BARBOSA, C. S.; QUADROS, P. D.; BUENO, M. K.; FIORI, P.; HUANG, C. T.; FRAZZON, A. P. G.; FERRAO, M. F. CAMARGO, F. A. O.; BENTO, F.M. Fuel biodegradation and molecular characterization of microbial biofilms in stored diesel/biodiesel blend B10 and the effect of biocide. **International Biodeterioration & Biodegradation**, , v. 95, part B, p. 346-355, 2014.
- CAVALCANTI, E. H. de S. Estabilidade do biodiesel e misturas: abrangência, limitações dos métodos e avaliação e alternativas futuras. **Biodieselbr**, Curitiba, edição 13, p. 71-73, 2009.
- CERQUEIRA, V. S.; HOLLENBACH, E. B.; MABONI, F.; CAMARGO, F. A. O.; PERALBA, M. C. R.; BENTO, F. M. Bioprospection and selection of bacteria isolated from environments contaminated with petrochemical residues for application in bioremediation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, New York, v. 28, edição 3, p. 1203-1222, 2012.
- CHAO, Y. P.; LIU, N.; ZHANG, T. X.; CHEN, S. L. Isolation and characterization of bacteria from engine sludge generated from biodiesel-diesel blends. **Fuel**, Oxon, v. 89, n. 11, p. 3358-3364, 2010.
- CHOI, W. J. Glycerol-based biorefinery for fuels and chemicals. **Recent Patents on Biotechnology**, Sharjah, v. 2, n. 3, p. 173-180, 2008.
- FAN, X. O.; BURTON, R.; ZHOU, Y. Glycerol (byproduct of biodiesel production) as a source for fuels and chemicals: mini review. **The Open Fuels & Energy Science Journal**, Sharjah, v. 3, p. 17-22, 2010.
- OTHE, G. Some aspects of biodiesel oxidative stability. **Fuel Process Technology**, Amsterdam, v. 88, n. 7, p. 669-677, 2007.
- LEE, I.; PFALZGRAF, L. M.; POPPE, G. B.; POWERS, E.; HAINES, T. The role of sterol glucosides on filter plugging. **Biodiesel Magazine**, Grand Forks, April 2007.
- LEONETI, A. B.; ARAGÃO-LEONETI, V.; VALLE, S.; OLIVEIRA, W. B. Glycerol as a by-product of biodiesel production in Brazil: alternatives for the use of unrefined glycerol. **Renewable Energy**, Oxford, v. 45, p. 138-145, 2012.
- MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X. A.; GONÇALVES, V. L. C. Glicerol química: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 639-648, 2009.
- PFALZGRAF, L.; LEE, I.; FOSTER J.; POPPE, G. The effect of minor components on the cloud point and filterability. **Biodiesel Magazine**, Grand Forks, November 2007.

PASSMAN, F. J. Microbial contamination control in fuels and fuel systems since 1980 – a review. Int. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Oxon, v. 81, edição especial, p. 88–104, 2013.

PLANK, C.; LORBEER, E. On-line liquid chromatography-gas chromatography for the analysis of free and esterified sterols in vegetable oil methylesters used as diesel fuel substitutes. *Journal of Chromatography A*, v. 683, n. 1, p. 95-104, 1994.

SELVIDGE, C.; BLUMENSHINE, S.; CAMPBELL, K.; DOWELL, C.; STOLIS, J. Effect of biodiesel impurities on filterability and phase separation from biodiesel and biodiesel blends. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STABILITY, HANDLING AND USE OF LIQUID FUELSX, 10., 2007, Tucson, Arizona. Proceedings ... [S.l.]: IASH, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Resolução ANP nº 50 de 23.12.2013**. Disponível em: Disponível em: <[http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2013/dezembro/ranp%2050%20-%202013.xml?fn=document-frameset.htm&f=templates%3.0](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2013/dezembro/ranp%2050%20-%202013.xml?fn=document-frameset.htm&f=templates%3.0)> . Acesso em: set. 2014.

WHITE, J.; GILBERT, J.; HILL, G.; HILL, E.; HUSE, S. M.; WEIGHTMAN, A. J.; MAHENTHIRALINGAM, E. Culture-independent analysis of bacterial fuel contamination provides insight into the level of concordance with the standard industry practice of aerobic cultivation. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v.77, n. 13, p. 4527-4538, 2011

### Comunicado Técnico, 08

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroenergia**

**Endereço:** Parque Estação Biológica - PqEB s/n, Brasília, DF

**Fone:** (61) 3448-4246

**Fax:** (61) 3448-1589

**www.embrapa.br/agroenergia**

**1ª edição 2014**

**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNHO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO E PAÍS SEM Pobreza

### Comitê de publicações

**Presidente:** Marcia Mitiko Onoyama.

**Secretária-Executiva:** Lorena Costa Garcia.

**Membros:** Betânia Ferraz Quirino, Diogo Keiji Nakai, Eduardo Fernandes Formighieri, Felipe B. P. Carvalho, João Ricardo M. Almeida, Larissa Andreani Carvalho, Maria Iara Pereira Machado, Sílvia Belém Gonçalves.

### Expediente

**Supervisão editorial:** Marcia Mitiko Onoyama.

**Revisão de texto:** Vivian Chies

**Editoração eletrônica:** Maria Goreti Braga dos Santos.

**Normalização bibliográfica:** Maria Iara Pereira Machado.