

## USO DE ÓLEO DE SOJA NA OBTENÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS

Paulo A. Z. Suarez

LMC-IQ-UnB, CP 4478, 70919-970, Brasília-DF, Brazil. [psuarez@unb.br](mailto:psuarez@unb.br)

### Introdução

No século XX ocorreu uma expansão e consolidação da indústria do petróleo devido às propriedades diferenciadas de seus derivados e aos seus custos altamente competitivos, substituindo o carvão mineral e a biomassa como fonte de energia e insumos químicos<sup>1</sup>. O mercado de hidrocarbonetos fósseis, no entanto, sofreu diversas crises de abastecimento e altas impensáveis no preço do petróleo devido, principalmente, aos seguintes: (i) Segunda Guerra Mundial; (ii) a criação da Organização dos Países Produtores de Petróleo (OPEP); (iii) a revolução islâmica no Irã; e (iv) a guerra entre Irã e Iraque. Estas crises, bem como o constante aumento na demanda por fontes de energia, a ampliação da consciência ecológica e o esgotamento das reservas de petróleo, tem incentivado o desenvolvimento de novos insumos básicos, de caráter renovável, para diversas áreas de interesse industrial<sup>2,3</sup>. Neste contexto, os óleos e gorduras animais e vegetais (triglicerídeos), *in natura* ou modificados, tem sido apontados como fonte de biocombustíveis. Pretende-se apresentar o uso de óleos e gorduras e seus derivados como combustíveis no Brasil, abordando aspectos históricos, atuais e as perspectivas deste mercado.

### Biocombustíveis a partir de óleos vegetais

O uso de triglicerídeos e seus derivados como combustível remonta ao fim do século XIX quando Rudolph Diesel, inventor do motor a combustão interna que leva seu nome, utilizou em seus ensaios petróleo cru e óleo de amendoim<sup>4</sup>. Devido ao baixo custo e alta disponibilidade do petróleo na época, este passou a ser o combustível preferencial nestes motores<sup>4</sup>. Com o passar do tempo, o motor e o combustível evoluíram em busca de maior eficiência e menor custo, e, atualmente, não mais é possível utilizar óleos vegetais *in natura*. As crises de petróleo incentivaram o desenvolvimento de processos de transformação de óleos e gorduras em derivados com propriedades físico-químicas, tais como a viscosidade e densidade, mais próximas aos combustíveis fósseis usados em motores, facilitando, assim, a substituição total ou parcial dos últimos. Dentre estes processos, estão a transesterificação e craqueamento de triglicerídeos e a esterificação ou craqueamento de ácidos graxos.

Uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos é obtida pela alcoólise (transesterificação) de triglicerídeos ou ainda pela esterificação de ácidos graxos. Estas reações há muito tempo vêm sendo estudadas, dando origem, entre 1930 e 1940, às primeiras patentes sobre o biodiesel (por exemplo, as referências 5 e 6). Diversos testes de uso em larga escala foram realizados nesta época usando biodiesel obtido pela etanólise de óleo de dendê, como na Bélgica<sup>7</sup> ou na França<sup>8</sup>. Na tabela Tabela 1 estão listados os valores publicados para a viscosidade e densidade de biodiesel obtido por metanólise e etanólise dos óleos de mamona, soja e dendê. Percebe-se que os mono-ésteres de dendê e soja estão próximos aos valores especificados para o diesel no Brasil, permitindo o uso de misturas com altos teores de biodiesel sem a modificação dos motores. Já para o biodiesel de mamona, a grande diferença de suas propriedades com o diesel torna possível apenas misturas com baixos teores em mono-ésteres. Ou seja, as propriedades do biodiesel e, assim, o seu potencial de uso, dependem da oleaginosa usada, sendo a soja uma das mais promissoras.

Por outro lado, no processo de craqueamento ou pirólise de óleos, gorduras, ácidos graxos e seus sabões se obtém uma mistura de hidrocarbonetos similares aos encontrados no petróleo. Por exemplo, o craqueamento do óleo de tungue foi usado na China na década de 1940 para obter substitutos à gasolina e ao diesel<sup>9</sup>. Recentemente foi obtida uma mistura de hidrocarbonetos semelhante ao diesel pela destilação fracionada do produto de craqueamento de óleos vegetais<sup>10</sup>. A Tabela 2 mostra análise de parâmetros físico-químicos especificados para o diesel no Brasil para combustíveis obtidos dos óleos de soja, mamona e dendê. Percebe-se que os combustíveis dos óleos de soja e dendê apresentam valores aceitáveis para as propriedades estudadas, enquanto

que o derivado de mamona não. Este resultado evidencia, de novo, o potencial da soja na obtenção de biocombustíveis.

Tabela 1. Valores obtidos para a viscosidade e densidade de biodiesel obtido por metanólise (OMe) e etanolise (OEt) dos óleos de mamona, soja e dendê.

	Viscosidade a 37,8 °C (cSt)		Densidade 20 °C (g.cm <sup>-3</sup> )	
	OMe	OEt	OMe	OEt
Mamona <sup>a</sup>	17,02	19,75	0,9144	0,9095
Soja <sup>b</sup>	4,08	4,41	0,884	0,881
Dendê <sup>a</sup>	6,25	6,39	0,8603	0,8597
Óleo Diesel Interior <sup>c</sup>	2,5 a 5,5		0,820 a 0,880	
Óleo Diesel Metropolitano <sup>c</sup>	2,5 a 5,5		820 a 865	

(a) dados da referencia 11; (b) dados da referencia 12 (observação: viscosidade a 40 °C e densidade a 15,6 °C); (c) Portaria ANP N° 310, de 27 de dezembro de 2001.

Tabela 2. Valores para algumas propriedades físico-químicas especificadas para o diesel dos hidrocarbonetos obtidos pelo craqueamento dos óleos de mamona, soja e dendê<sup>10</sup>.

Propriedade Físico-Química	Óleo Vegetal			Especificação para o Diesel	método ASTM	
	Soja	Dendê	Mamona			
Densidade a 20 °C, Kg/m <sup>3</sup>	844,0	818,4	882,3	820 a 880	D1298 D4052	
Viscosidade 40 °C, cSt (mm <sup>2</sup> /s)	3,5	2,7	3,7	2,5 a 5,5	D445	
Índice de cetano	50,1	52,7	30,9	45	D613	
Ponto inicial	90,6	63,5	97,5	Anotar		
Destilação (°C)	50 %	265,9	245,2	254,3	245,0 a 310,0	D86
	85 %	307,5	254,3	273,2	370,0(máx)	
	Ponto final	344,9	274,2	297,0	Anotar	

### Breve história do aproveitamento de óleos e gorduras como combustíveis no Brasil

Na década de 1940 ocorreu uma das primeiras tentativas de aproveitamento energético dos óleos e gorduras em motores à combustão interna no Brasil. Tem-se notícia de estudos<sup>13</sup> e uso de óleos vegetais puros em motores diesel, sendo proibida a exportação destes para forçar uma queda no seu preço e, assim, viabilizar o seu uso em locomotivas<sup>14</sup>.

Posteriormente, em resposta ao desabastecimento de petróleo ocorrido nas décadas de 1970 e 1980 o governo federal criou, além do PROÁLCOOL<sup>15</sup>, o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Carburantes (PRO-ÓLEO)<sup>11</sup>, elaborado pela Comissão Nacional de Energia, através da Resolução no 007, de 22 de outubro de 1980. Previa-se a regulamentação de uma mistura de 30% de óleo vegetal ou derivado no óleo diesel e uma substituição integral em longo prazo. À época, foi proposta como alternativa tecnológica a transesterificação ou alcoólise de diversos óleos vegetais oriundos da atividade agrícola e do setor extrativista, destacando-se os estudos da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC)<sup>11</sup>, em parceria com o Ministério da Indústria e Comercio, e da Universidade Federal do Ceará<sup>16</sup>. Infelizmente, com a queda do preço do petróleo, este programa foi abandonado em 1986. No entanto, após o fim do PRO-ÓLEO como programa de governo, pesquisas em biodiesel continuaram sendo feitas por pesquisadores brasileiros.

No final do século XX, o Governo Federal volta a discutir o uso de biodiesel, sendo efetuados vários estudos por comissões interministeriais e em parceria com universidades e centros de pesquisa. Em 2002, a etanolise de óleos vegetais foi considerada como a rota principal para um programa de substituição do diesel de petróleo batizado na Portaria MCT n° 702, de 30 de outubro de 2002 como PROBIODIESEL. Foi proposto substituir até 2005 todo o diesel consumido no Brasil por B5 (5% biodiesel e 95% mistura de diesel) e em quinze anos por B20<sup>17</sup>. Embora a etanolise possua limitações tecnológicas quando compara com a metanólise<sup>18</sup>, ela foi a rota escolhida devido à grande produção de etanol no Brasil. Neste período, o biodiesel deixou de ser um combustível puramente experimental e passou para as fases iniciais de produção industrial quando foi instalada a primeira indústria de ésteres de ácidos graxos no Estado de Mato Grosso em novembro

de 2000, começando com uma produção de 1.400 toneladas/mês de éster etílico de óleo de soja<sup>19</sup>.

### **O programa atual de biodiesel no Brasil**

O governo atual, criou, pelo Decreto Presidencial de 2 de julho de 2003, um Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos da viabilidade do uso como combustível de óleos, gorduras e derivados, e indicar as ações necessárias para a sua implementação. No relatório final de 4 de dezembro de 2003, esta comissão considera que o biodiesel deve ser introduzido imediatamente na matriz energética brasileira e recomenda que: (i) o uso não deve ser obrigatório, para poder acessar o mercado de carbono advindo do protocolo de Kyoto; (ii) não deve haver uma rota tecnológica ou matéria-prima preferencial para a produção de biodiesel; e (iii) deve ser incluído o desenvolvimento sócio-econômico de regiões e populações carentes. Para implementar estas sugestões, foi então criada, pelo Decreto Presidencial de 23 de dezembro de 2003, uma Comissão Executiva Interministerial (CEIB) composta por 14 ministérios e coordenada pela Casa Civil. Esta comissão possui como unidade executiva um Grupo Gestor formado por representantes de 10 ministérios, além de membros oriundos da Embrapa, ANP, BNDS e Petrobrás, e é coordenado pelo Ministério das Minas e Energia. Após um ano de amadurecimento, foi, então, lançado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em sessão solene no Palácio do Planalto no dia 4 de dezembro de 2004, sendo o seu principal objetivo garantir a produção viável economicamente do biocombustível, tendo como tônica a inclusão social e o desenvolvimento regional.

A principal ação legal do PNPB foi a introdução de biocombustíveis derivados de óleos e gorduras na matriz energética brasileira pela Lei N° 11.097, de 13 de Janeiro de 2005. Nesta lei está previsto o uso opcional de B2 até o início de 2008, quando passará a ser obrigatório. Entre 2008 e 2013, poder-se-ão usar blends com até 5 % de biodiesel, quando o B5 será obrigatório. Sendo o consumo atual de diesel no Brasil de 40 bilhões de litros, o mercado potencial para biodiesel é atualmente de 800 milhões de litros, podendo chegar a 2 bilhões até 2013. No artigo 4°, esta lei define que "Biodiesel: biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil". Por esta definição não existe nenhuma restrição quanto à rota tecnológica, sendo possível utilizar como biodiesel os produtos obtidos pelos processos de transesterificação, esterificação e craqueamento. No entanto, a Agência Nacional do Petróleo (ANP), na Resolução ANP 42 de 24 de novembro de 2004, regulamentou apenas o uso de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos. Por outro lado, a Portaria ANP 240 de 2003 permite o uso em caráter experimental de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos em frotas cativas ou para consumo próprio, desde que monitorado, o que possibilita o uso dos produtos de craqueamento. A Resolução ANP 41 de 24 de novembro de 2004 regulamentou, ainda, que, para funcionar em nível comercial, as indústrias de biodiesel devem receber autorização dessa agência.

As regras tributárias do biodiesel referentes às contribuições federais (PIS/PASEP e COFINS) foram estabelecidas pela Lei n° 11.116, de 18 de maio de 2005, e os Decretos n° 5.297, de 6 de dezembro de 2004, e n° 5.457, de 6 de junho de 2005. Foi determinado que esses tributos sejam cobrados uma única vez e que o contribuinte é o produtor industrial de biodiesel, sendo o valor incidente igual ao coletado na produção de diesel de petróleo. Para garantir o desenvolvimento regional e sócio-econômico, foram estabelecidos, conforme a oleaginosa adquirida pelo industrial, três níveis distintos de redução destes tributos: (i) 100% no caso de mamona ou a palma produzida nas regiões Norte, Nordeste e no Semi-Árido pela agricultura familiar; (ii) 67,9% para qualquer matéria-prima que seja produzida pela agricultura familiar, independentemente da região; e (iii) 30,5% para mamona ou a palma produzida nas regiões Norte, Nordeste e no Semi-Árido pelo agronegócio. Os industriais que adquirirem matéria-prima em arranjos produtivos que incluam a agricultura familiar, com uma garantia de compra a preços pré-estabelecidos, recebem o Selo Combustível Social. Este selo, regulamentado pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário nas Instruções Normativas números 01 e 02, de 05 de julho e 30 de setembro de 2005, garante ao industrial, além das isenções fiscais, melhores condições de financiamento junto ao BNDES e outros bancos.

Para incentivar o mercado de biodiesel antes do início da obrigatoriedade, foi idealizada a realização de leilões de biodiesel, a cargo da ANP, onde a Petrobrás garante, para industriais que possuam o Selo Social, a compra de biodiesel até o volume necessário para o B2. Até o momento já ocorreram dois leilões, nos dias 23 de novembro de 2005 e 30 de março de 2006. Foram comercializados 70 milhões de litros no primeiro e 170 milhões de litros no segundo, que deverão ser entregues, respectivamente, até dezembro de 2006 e junho de 2007. Esta quantidade ainda está longe dos 800 milhões de litros necessários para garantir o B2 em janeiro de 2008, mas certamente está impulsionando o início do mercado de biodiesel no país.

Este conjunto de medidas que o Grupo Gestor do PNPB vêm tomando esta estabelecendo as regras para a produção e consumo de biodiesel no Brasil. Como resultado, a cadeia produtiva de biodiesel começa a se estruturar, não apenas como as diversas pequenas instalações para consumo próprio que surgiram após 2000, mas em escala comercial. A primeira indústria em escala comercial, localizada em Cássia-MG, recebeu autorização para operação da ANP no dia 24 de março de 2005, data em que também foi iniciada a comercialização de B2 num posto em Belo Horizonte-MG. Após um ano, a ANP já autorizou o funcionamento de 5 indústrias em diversos estados brasileiros e aproximadamente 90 postos estão comercializando o B2. Além disso, 5 outras indústrias estão em processo de regulamentação pela agência e outras 24 estão em fases de projeto ou instalação no país.

### Considerações finais

A obtenção dos produtos a partir do craqueamento, transesterificação e esterificação de diferentes ácidos graxos e seus derivados conduz a formação de uma mistura de hidrocarbonetos e mono-ésteres capazes de substituir parcial ou totalmente o diesel, cujas propriedades dependem do processo e da matéria-prima empregada. O óleo de soja permite obter biocombustíveis de excelente qualidade, aptos para competir pelo mercado de um bilhão de litros de biodiesel a partir de 2008 no Brasil. No entanto, terá que enfrentar os subsídios que o PNPB garante para outras oleaginosas, principalmente à mamona e ao dendê.

### Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa e ao apoio financeiro do MDA, EMBRAPA, FBB, FINEP, CNPq, FAPDF, CTPETRO e CTENERG para desenvolver pesquisa em biodiesel no Laboratório de Materiais e Combustíveis da UnB.

### Bibliografia.

- [1] van der Walle, G. A. M.; Buisman, G. J. H.; Weusthuis, R. A.; Eggink, G.; *International Journal of Biological Macromolecules* **1999**, *25*, 123.
- [2] Hill, K.; *Pure and Applied Chemistry* **2000**, *72*, 1255.
- [3] Schuchardt, U.; Ribeiro, M. L.; Gonçalves, A. R.; *Quim. Nova*, **2001**, *24*, 247.
- [4] Shay, E. G.; *Biomass Bioenergy* **1993**, *4*, 227.
- [5] Chavanne, G.; *BE 422,877*, **1937** (CA 1938, 32, 4313).
- [6] Keim, G. I.; *US 2,383-601*; **1945**.
- [7] Chavanne, G.; *Bulletin agricole du Congo Belge* **1942**, *23*, 3.
- [8] Gateau, P.; Guibet, J. -C.; Hillion, G.; Stern, R.; *Revue de L'institut Français du Pétrole* **1985**, *40*, 509.
- [9] Chang, C. C.; Wan, S. W.; *Ind. Eng. Chem.* **1947**, *39*, 1543.
- [10] Soares, V. C. D.; Lima, D. G. de; Ribeiro, E. B.; Carvalho, D. A.; Cardoso, É. C. V.; Rassi, F. C.; Mundim, K. C.; Rubim, J. C.; Suarez, P. A. Z.; *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **2004**, *71*, 987.
- [11] Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: Relatório final do Convênio STI- MIC / CETEC. Vol. 1 e 2. CETEC: Belo Horizonte-MG (1983).
- [12] Clark, S. J.; Wagner, L.; Schrock, M. D.; Piennaar, P. J.; *J. Am. Oil Chem. Soc.* **1984**, *61*, 1632.
- [13] Borges, G. P.; *Anais Assoc. Quím. Brasil* **1944**, *3*, 206.
- [14] Brazil uses of vegetable oil. *Chemical & Metallurgical Engineering* May **1943**, *50*, 225.
- [15] Goldemberg, J.; Coelho, S. T.; Plínio, M. N.; e Lucond, O.; *Biomass and Bioenergy* **2004**, *26*, 301.
- [16] Parente, E. J. de S. Biodiesel – Uma aventura tecnológica num país engraçado. Unigráfica: Fortaleza-CE (2003).
- [17] Vigliano, R.; *Brasil Energia* **2003**, *274*, 54.
- [18] Abreu, F. R.; Lima, D. G. de; Hamú, E. H.; Wolf, C.; Suarez, P. A. Z.; *J. Mol. Catal. A-Chemical* **2004**, *209*, 29.
- [19] Sant'anna, J.P.; *Química e Derivados* **2003**, *416*, 8.