

# Microalga como matéria-prima para a produção de biodiesel

Teixeira, Cláudia Maria, Tecnologista, Instituto Nacional de Tecnologia.  
claudiat@int.gov.br. Av. Venezuela 82 sala 716 – Centro. CEP20081-312 Rio de Janeiro – RJ.  
Morales, Maria Elizabeth, Pesquisadora, Instituto Nacional de Tecnologia.

## 1 Introdução

O combustível denominado biodiesel apresenta vantagens quanto à produção e utilização já so- bejamente conhecidas. Estas vantagens poderão ser ampliadas, pelo aproveitamento da grande biodi- versidade que o país apresenta, pois as muitas espécies capazes de produzir biodiesel crescem bem nos diversos territórios do nosso solo agrícola. Essa diversificação pode garantir a continuidade da produção de biodiesel especialmente por fazer a salvaguarda de quebras de safra, perdas sazonais, etc. Como matérias-primas para a produção de biodiesel, vêm sendo empregadas espécies vegetais; porém, como as microalgas já demonstraram potencialidades para a produção de biodiesel, e várias vantagens em relação aos vegetais superiores, deveriam ser consideradas como possíveis fontes de matéria-prima. Este trabalho tem por objetivo fazer uma análise crítica do uso de microalgas para produção de biodiesel, considerando as vantagens e desvantagens do seu uso, bem como sugestões de estudos e tecnologias a serem desenvolvidos.

## 2 Estado da arte

### 2.1 Matérias-primas utilizadas na produção industrial de biodiesel

As principais matérias-primas utilizadas são: a soja, a mamona e o dendê. A soja tem potencial para oferecer todo o óleo necessário mesmo para a mistura dos 5%, porém ela sofre restrições de natureza econômica. A mamona é uma cultura que apresenta viabilidade para dar sustentabilidade aos assenta- mentos rurais no semi-árido, sendo a base de uma das cadeias produtivas do semi-árido. Em relação ao dendê, a Agropalma utiliza o óleo que é resíduo do processo de refino. Neste caso, o processo utilizado é a esterificação dos ácidos graxos residuais no processo de refino do óleo [1,2]. No Brasil até o momento contamos com apenas doze plantas produtoras como mostrado na Tabela 1, das quais cinco já estão autorizadas a produzir comercialmente – Soyminas (Cássia/MG), Brasil Biodiesel (Florianópolis e Teresina/PI), Agropalma (Belém/PA) e Biolix (Rolândia/PR) – e sete estão em processo de autorização – Adequim (Dom Aquino/MT), Cebracom (São Paulo/SP), ECOMAT (Cuiabá/MT), Fertibom (Catanduva/SP), Biodiesel Sul (Içara/SC), Petrobras (Guamaré/RN) e NUTEC (Fortaleza/CE). Observa-se que a Cebracom tem a maior capacidade de produção com 500.000 l/dia. As matérias-primas utilizadas nessas empresas listadas são as seguintes: soja (Biolix, Ecomat e Soyminas), mamona (NUTEC, Brasil Biodiesel e Petrobras), e dendê (Agropalma).

Tabela 1. Empresas produtoras de biodiesel no Brasil

Empresa	Capacidade L/dia	Empresa	Capacidade L/dia
Cebracom	500.000	Adequim	20.000
BrasilBiodiesel Florianópolis	90.000	Fertibom	13.255
Soyminas	40.000	Biodiesel Sul	3.000
BioliX	30.000	BrasilBiodieselTeresina	2.000
Agropalma	27.000	NUTEC	800
Ecomat	26.666	Petrobras	N/D

Fonte: Nogueira, L.A.H. et al. ANEEL, 2005

## 2.2 Matérias-primas em estudo

Outras oleaginosas vêm sendo testadas em plantas experimentais, como o girassol, o algodão, o amendoim, o nabo forrageiro, o milho. Em relação às plantas nativas, embora algumas apresentem bons resultados em laboratórios, como o pequi, o buriti e a macaúba, sua produção é extrativista e não há plantios comerciais que permitam avaliar com precisão as suas potencialidades. No caso da *Jatropha curcas L*, os estudos vêm avançando e esta escolha baseia-se nas ótimas qualidades da mesma, chegando a produzir de 1 a 6 toneladas de óleo/ha [1]. Quanto ao uso do sebo, o biodiesel gerado é de qualidade ligeiramente inferior, porém, o custo de produção é cerca de 30% inferior ao daquela proveniente de óleos vegetais [3].

## 3 Critérios para análise da seleção de matérias-primas para a produção de biodiesel

Estes critérios estão baseados em aspectos relevantes como: grande teor de óleo por área e por período de cultivo; a cultura deve apresentar um balanço energético favorável; o preço da matéria-prima deve ser compatível com a necessidade de fornecer biodiesel com preços equivalentes ao diesel; o subproduto de extração do óleo deve ser aproveitado, sempre que possível, na alimentação humana ou animal; a cultura oleaginosa deve ser parte da rotação de culturas regionais; o biodiesel produzido deve atender as especificações dos motores.

### 3.1 Características relevantes das oleaginosas utilizadas na produção de biodiesel

Na Tabela 2, observam-se os custos de produção e a produtividade em grãos e do óleo bruto por área de cultivo, bem como o percentual de óleo no grão das principais oleaginosas.

Tabela 2. Características principais de algumas oleaginosas

Oleaginosa	Custo produç (R\$/ha)	Produtivid Norma Grãos - kg/ha	Teor de óleo no Grão - %	Produtivid agrícola óleo bruto - kg/ha
Amendoim	3.000,00	2.700,00	40 - 43	1.215
Dendê	2.100,00	20.000,00	22	4.400
Girassol	1.100,00	2.000,00	38 - 48	900
Mamona	650,00	500,00	45 - 50	240
Soja	1.300,00	3.000,00	18	600

Fonte: Citado por Gil Câmara em Agronegócios de Plantas Oleaginosas, 2006 [1]

### 3.2 Considerações gerais acerca das microalgas

Os óleos encontrados nas microalgas possuem características físico-químicas e químicas similares aos de óleos vegetais [4] e por isto elas podem ser consideradas como potencial matéria-prima para a produção de biodiesel. Da Tabela 3, pode-se verificar que os óleos das microalgas apresentam composição em ácidos graxos [5] semelhante à de óleos vegetais; não foram disponibilizados dados sobre as propriedades físico-químicas destes. Sabe-se que entre os óleos vegetais, a composição em ácidos graxos varia e, por conseguinte, variam as suas propriedades físico-químicas (exemplo, a estabilidade à oxidação) o mesmo ocorrerá com o óleo extraído de diferentes microalgas e de condições variadas de cultivo.

Tabela 3. Composição química do óleo de algumas microalgas

Microalga	Principais ácidos graxos <sup>1</sup>
Dunaliella salina	C14:0/ C14:1/ C16:0/ C16:3/ C16:4/ C18:2/ C18:3
Isochrysis sp.	C14:0/ C14:1/ C16:0/ C16:1/ C18:1/ C18:3/ C18:4/ C22:6
Nannochloris sp.	C14:0/ C14:1/ C16:0/ C16:1/ C16:3/ C20:5
Nitzschia sp.	C14:0/ C14:1/ C16:0/ C16:1/ C16:3/ C20:6

<sup>1</sup> C14:0 (mirístico), C14:1 (mristoléico), C16:0 (palmitico), C16:1 (palmitoléico), C18:0 (oléico), C18:2 (linoléico), C18:3 (linolénico), C20:5 (eicosapenteneóico)

As microalgas são potencialmente adequadas para a produção de combustíveis; entretanto, os dados de laboratório acerca desta produção são limitados e não existe um redimensionamento, assim como não existem muitos dados sobre o cultivo de microalgas para a produção de combustíveis. Desta forma, a discussão sobre a utilização destes microorganismos na produção de combustíveis tem que ser baseada em extrapolações.

O cultivo de microalgas apresenta várias características interessantes: custos relativamente baixos para a colheita e transporte [4] e menor gasto de água [5], comparados aos de cultivo de plantas; pode ser realizado em condições não adequadas para a produção de culturas convencionais [4]. As microalgas apresentam maior eficiência fotossintética que os vegetais superiores e podem ser cultivadas em meio salino simples [6]; além disto, são eficientes fixadoras de CO<sub>2</sub> [7].

Estudos recentes mostraram que no caso de algas com 50% de sua massa seca em óleo, somente 0,3% da área cultivada dos EUA poderiam ser utilizadas para produzir biodiesel suficiente para repor todo o combustível usado em transporte [8]; além disto, a terra utilizada para o cultivo de microalgas é desértica, com baixo valor econômico para outros usos [8] e com alta irradiação solar e que neste cultivo podem ser utilizados resíduos de outras produções, como o CO<sub>2</sub> de processos industriais [9] e resíduos orgânicos [10].

Em relação ao rendimento em óleo, o de microalgas é pelo menos quinze vezes maior que o de palma, que é o de maior produtividade [11]. Existe uma estimativa de produção de óleo de microalgas de 15.000 a 30.000 L/Km<sup>2</sup> [8]. A sua extração é simples, pode ser realizada com hexano, exatamente como em indústria alimentícia. Existe, ainda, a possibilidade de um máximo aproveitamento

dos resíduos, como exemplo, a fermentação a metano. Os teores em lipídios e triglicerídios (TG) dependem das condições das culturas, sendo que nos anos de 1940, foram relatados percentuais bastante elevados, de 70 a 85% em lipídios [4]. Apresentamos na Tabela 4 algumas microalgas promissoras como matéria-prima para a produção de biodiesel, em vista do seu percentual de lipídios [4;12]. Em relação à *Dunaliella* [12], do lipídio produzido pelas células, obteve-se até 57% como TG – molécula de partida para a produção do biodiesel. No caso de algumas microalgas inseridas na Tabela 4, o percentual de lipídio é baixo, porém, sabemos dos estudos feitos que é possível aumentá-lo.

Tabela 4 – Percentual de lipídios em algumas microalgas em relação à massa seca

Microalga	% de Lipídios	Microalga	% de Lipídios
Scenedesmus obliquus	12-14	Euglena gracilis	14-20
Scenedesmus dimorphus	16-40	Prymnesium parvum	22-38
Chlamydomonas reinhardtii	21	Porphyridium cruentum	09-14
Chlorella vulgaris	14-22	Spirulina platensis	04-09
Spirogyra sp.	11-21	Synechococcus sp.	11
Dunaliella tertiolecta	64-71		

Fonte: Elaboração própria a partir de dados das refs. [4] e [12].

Os custos estimados apontam valores entre 5 e 25 US\$/kg para cultivo em fermentadores industriais [13], com base em experimentos de laboratório.

Quanto à qualidade do biodiesel produzido, apresentamos na Tabela 5 os dados referentes a itens da especificação do biodiesel, segundo a ANP, do biodiesel produzido a partir de algumas oleaginosas [14] e de microalga [15].

Tabela 5 – Características do biodiesel de oleaginosas e de microalga

Características do Biodiesel	Oleaginosa						
	Norma ANP	Soja	Girassol	Canola	Mamona	Amendoim	Microalga
Ponto de Fulgor min. (°C)	100	149	152	159	153	149	115
Índice de acidez max. (mg KOH/g)	0,80	0,30	0,50	0,33	0,80	0,60	0,37
Massa específica 20°C (kg/m <sup>3</sup> )	anotar	876	877	878	913	872	864

Fontes: Elaboração própria a partir de dados de [14] e [15]

## 4 Resultados e discussão

A seleção da matéria prima é a decisão mais importante a ser tomada já que o custo da mesma representa entre 60 e 80% do custo total de produção do biodiesel. De 1978 até 1996 o Department of Energy's Office of Fuels Development desenvolveu o Aquatic Species Program – Biodiesel from Algae [5] no intuito de estudar a produção de biodiesel através de microalgas crescidas em tanque, com alto teor de lipídios e utilizando CO<sub>2</sub> residual de planta de queima de carvão para a produção de energia. Destes estudos, não foi possível evidenciar um aumento na produtividade geral de óleo quando se impunha um stress à cultura de microalgas, o que era propalado no meio científico, mas somente um aumento no teor de óleo nas células. Além disto, foi concluído que o custo do processo de produção é elevado para a produção de um combustível para a substituição do diesel, e que como o custo está principalmente relacionado a questões biológicas, é imprescindível para conseguir a sua diminuição encontrar organismos que apresentem altíssimos níveis de conversão da luz solar em biomassa. Contudo, os testes em tanque, ao longo de um ano, evidenciaram uma

eficiência elevada (superior a 90%) na utilização de CO<sub>2</sub> e alta produtividade em biomassa – de 50g/m<sup>2</sup>.dia; mas esta produtividade não era sustentada ao longo dos meses do ano por conta de diminuições importantes na temperatura local; e para contornar este problema foi sugerido o uso de um sistema de controle de temperatura. As dificuldades, portanto, são: encontrar cepas com alto teor de TG, com crescimento rápido, fácil de colher e sistema de cultivo com custo apropriado. Resultados promissores vêm sendo obtidos em relação ao aumento no teor de lipídios na biomassa de microalgas: *Chlorella* cultivada em diferentes regimes de luz [16]; *Navioua pelliculosa* em esterificação de silício [17]; *Dunaliella tertiolecta* em diferentes concentrações de cloreto de sódio no meio, chegando a ter 57% do seu peso em TG [12]. Além disto, os TG podem ter a sua composição em ácidos graxos variada dependendo de fatores como intensidade de luz, temperatura, e isto influencia na qualidade do biodiesel produzido, como por exemplo, no índice de iodo e na viscosidade. Em relação ao sistema de cultivo, faz-se necessário um aumento da produtividade em biomassa, sem acarretar aumento de custos de instalação e operação.

## 5 Conclusões e recomendações

Os dados aqui apresentados evidenciam a grande potencialidade do uso de microalgas para a produção de biodiesel. Contudo, para estabelecermos esta prática urge que façamos um estudo extenso com cepas que possam ter o seu nível de TG manipulado de forma a maximizá-lo, como aquelas já citadas; em paralelo, seria interessante buscar novas cepas com este potencial. Em relação ao sistema de cultivo, faz-se necessário um aumento da produtividade em biomassa, sem acarretar aumento de custos de instalação e operação. Com este objetivo, o nosso grupo desenvolveu um novo sistema de agitação de cultivo em tanque, que em escala de bancada forneceu uma produtividade em biomassa de *Spirulina*, a microalga inicialmente testada, de 26 g/m<sup>2</sup>/dia, tendo sido, então, dada a entrada num pedido de Depósito de Patente. Ainda neste ano, iniciaremos os estudos numa escala de planta-piloto. Iniciativas desta natureza são imprescindíveis para que tenhamos dados que no momento são escassos, como o de custos para uma análise da viabilidade econômica do processo global – desde o cultivo até a obtenção do biodiesel. Neste sentido, é de extrema importância a criação de uma rede de uso de microalgas para a produção de biodiesel, que incluiria uma gama imensa de estudos.

## Referencias bibliográficas

- <sup>1</sup> Câmara, G. M. S., Heiffig, L. S. - Agronegócio de Plantas Oleaginosas: Matérias-Primas para Biodiesel. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Dep. De Produção Vegetal, Piracicaba, São Paulo, 2006.
- <sup>2</sup> Plano Nacional de Agroenergia, Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF, 2005.
- <sup>3</sup> Biodiesel: uma opção emergente para a agricultura em mato grosso do sul. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/Noticias/artigos/artigo14.html>>
- <sup>4</sup> Chapter 6- Oil production. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/w7241e/w7241e0h.htm>>. Acesso em: 25 de mai 2006.
- <sup>5</sup> Sheehan, J.; Dunahay, T.; Benemann, J.; Roessler, P. A look back at the U. S. Department of Energy’s Aquatic Species Program- Biodiesel from Algae, Colorado, 1998.
- <sup>6</sup> Pirt S. J. The thermodynamic efficiency (quantum demand) and dynamics of photosynthetic growth. *New Phytologist*, 102, 3-37, 1986.
- <sup>7</sup> Brown L. M. Zeiler, K. G. - Aquatic biomass and carbon dioxide trapping. *Energy Conversion and Management*, 34, 1005-13, 1993.
- <sup>8</sup> Disponível em: <<http://www.en.wikipedia.org/wiki/biodiesel>>. Acesso em: 13 de fev. 2006.
- <sup>9</sup> Benemann, J. R. -CO<sub>2</sub> Mitigation with microalgae systems. *Energy Conversion Management*, 38, S475-479, 1997.
- <sup>10</sup> Vichez C., Garbayo, I., Lobato M. V., Vega, J. M. - Microalgae-mediated chemicals production and waste removal. *Enzyme Microbial Technology*, 20, 562-72, 1997.
- <sup>11</sup> Disponível em: <<http://www.en.wikipedia.org/wiki/Alga>>. Acesso em: 13 de fev. 2006.
- <sup>12</sup> Takagi, M., Karseno, Yoshida, T. - Effect of salt concentration on intracellular accumulation of lipids and triacylglyceride in marine microalgae *Dunaliella* cells. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101,n.3, 223-6, 2006.
- <sup>13</sup> Duerr E.O., Molnar A., Sato V. - Cultured microalgae as aquaculture feeds. *J. Mar Biotechnology*, 7, 65-70, 1998.
- <sup>14</sup> Relatório de análise da EQ - UFRJ.
- <sup>15</sup> Wu, Q.; Miao, X. - Biofuels production from microalgae after heterotrophic growth. Tsinghua University. Disponível em <[http://europa.eu.int%00/comm/research/energy/pdf/36\\_qingyu\\_wu\\_en.pdf](http://europa.eu.int%00/comm/research/energy/pdf/36_qingyu_wu_en.pdf)> Acesso em: 25 de mai de 2006.
- <sup>16</sup> Nichols, B. W. - Light induced changes in the lipids of *Chlorella vulgaris*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Lipids and Lipid Metabolism*, 106, n.2, 274-9, 1965.
- <sup>17</sup> Coombs, J., Darley, W. M., Holm-Hansen, O., Volcani, B. E. -Studies on the Biochemistry and Fine Structure of Silica Shell Formation in Diatoms. *Chemical Composition of Navicula pelliculosa during Silicon-Starvation Synchrony*. *Plant Physiology*, 42, 1601-6, 1967.