

Cenários de custos para a produção de biodiesel de soja no Brasil

Costs scenarios for the production of soy biodiesel in Brazil

Carolina Aguiar dos Santos Vivian, Antonio Cezar Bornia

Palavras chave: custos de produção, biodiesel, soja, cenários.

Key Words: costs of production, biodiesel, soybean, scenarios.

RESUMO

Este trabalho apresenta e analisa os custos de produção do biodiesel de soja no Brasil. A metodologia aplicada ao trabalho é descritiva, onde as informações de agências governamentais e estudos relacionados são confrontados na análise. Inicialmente é apresentado um breve histórico sobre o biodiesel. Em seguida, evidencia-se como é produzido e a forma em que os custos são apresentados neste trabalho. Com o cálculo destes custos, avalia-se a sua sensibilidade ao câmbio e também ao preço da oleaginosa. Estes diferentes cenários mostraram a viabilidade da produção do biodiesel para diferentes regiões, especialmente a centro-oeste e norte. No cenário base, estas também são as regiões destacadas. Os subsídios oferecidos são fundamentais para que estes custos sejam satisfatórios. Em uma visão ampla, observa-se que o crescente aumento da capacidade de beneficiamento de oleaginosas contribui para a expansão da produção de óleos vegetais e, potencialmente, de biodiesel.

base, estas também são as regiões destacadas. Os subsídios oferecidos são fundamentais para que estes custos sejam satisfatórios. Em uma visão ampla, observa-se que o crescente aumento da capacidade de beneficiamento de oleaginosas contribui para a expansão da produção de óleos vegetais e, potencialmente, de biodiesel.

ABSTRACT

This paper presents and analyzes the costs of producing biodiesel from soybeans in Brazil. The study methodology is descriptive, where information from government agencies and related studies are confronted in the analysis. Initially presented a brief history of the biodiesel. Afterwards evidences how it is produced and the way costs are presented in this paper. With the calculation of these costs to assess its sensitivity to the exchange rate and also the price of oilseeds. These different scenarios showed the

1. INTRODUÇÃO

A energia que movimenta a indústria, o transporte, o comércio e demais setores econômicos no Brasil país recebe a denominação de Consumo Final no Balanço Energético Nacional (BEN). Essa energia, para chegar ao local de consumo, é transportada por gasodutos, linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, processos esses que demandam perdas de energia. Segundo Lucena (2004), a energia extraída da natureza não se encontra nas formas mais adequadas para suas destinações finais, necessitando, na maioria dos casos, passar por processos de transformação (refinarias que transformam o petróleo em óleo diesel, gasolina e outros derivados; usinas hidrelétricas que aproveitam a energia mecânica da água para

produção de energia elétrica; carvoarias que transformam a lenha em carvão vegetal). No BEN, assim como nos balanços energéticos de outros países, a soma do consumo final de energia, das perdas na distribuição e armazenagem e das perdas nos processos de transformação recebe o nome de Oferta Interna de Energia, também denominada como demanda total de energia, segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2013).

O Brasil é um país de grande biodiversidade, muito rico em oleaginosas. Suas culturas porém, são restritas a fins alimentícios na maioria dos casos. Há um grande potencial a ser explorado, tanto em relação ao aproveitamento energético de culturas temporárias e perenes, como em relação

ao aproveitamento energético do óleo residual proveniente da alimentação (Embrapa, 2013).

Neste contexto, o governo federal brasileiro organizou a cadeia produtiva com uma sequência de ações como, definir as linhas de financiamento, estruturar a base tecnológica e firmar o novo marco regulatório para os biocombustíveis, que considera a variedade de oleaginosas no país e visa a sua competitividade frente aos demais combustíveis, juntamente com uma política de inclusão social (Mattei, 2008).

Segundo Oliveira (2002), a discussão sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira teve, como pano de fundo, argumentos que abarcam as dimensões da inclusão social, da organização dos agricultores, de manifestações implícitas de interesses corporativistas setoriais e questões ambientais. Cabe destacar que se trata de um combustível que pode compor, com o óleo diesel, a oferta de energia para os transportes rodoviários pesados e urbanos, responsáveis pelo deslocamento da produção nacional e dos setores de baixa renda da sociedade (MME, 2013).

A oferta de biodiesel deve ser pensada em substituição parcial ao óleo diesel (Milazzo et al, 2013). Aqui devem ser considerados os interesses de outro influente setor da economia, o agronegócio, sobre a formação do custo final do combustível; a regularidade da oferta, as implicações sobre as variáveis ambientais, sociais e econômicas, as possibilidades de regionalização da

oferta de combustível; e, uma possível e desejável independência estratégica (Dorian et al, 2006. Fiorese, 2011).

A implementação de um programa energético com biodiesel abriu oportunidades para grandes benefícios sociais decorrentes de um alto índice de geração de empregos por capital investido, valorização do campo e promoção do trabalhador rural, além de demanda por mão-de-obra qualificada para o processamento e beneficiamento dos óleos vegetais (Lee e Ofori-Boateng, 2013). O aproveitamento do biodiesel traz também o efeito econômico benéfico de reversão no fluxo internacional de capitais na medida em que permite a redução das importações de diesel, além da comercialização internacional de certificados de redução de emissões de gases de efeito estufa (Parente, 2003).

Dentro deste contexto, o objetivo é apresentar os custos relativos à produção do biodiesel proveniente da soja, analisando-se também seus subprodutos e seus preços mínimos de venda. Segundo a Conab (2007), entende-se por preço mínimo de venda o valor mínimo que o produtor deve repassar ao seu produto para que não tenha prejuízo. Após os cálculos realizados, os valores são também realizados para diferentes cenários, tanto cambial quanto no preço da soja. Na sequência deste item, apresenta-se o conceito do biodiesel e sua evolução histórica no Brasil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, provenientes de óleo vegetal ou gordura animal, que pode ser obtido através de diferentes processos tais como craqueamento, esterificação e transesterificação (ANP, 2013). Para esta pesquisa, o processo utilizado foi o de transesterificação, que é o processo de separação entre a glicerina contida nos óleos vegetais, e sua posterior substituição pelo

álcool na cadeia. O resultado é um óleo mais fino e menos viscoso. Esta reação química de óleos vegetais foi conduzida pela primeira vez em 1853, pelos cientistas E. Duffy e J. Patrick, muitos anos antes do motor de ciclo diesel entrar em funcionamento (UDOP, 2013).

Os principais fatos associados ao biodiesel podem ser acompanhados no quadro abaixo:

Quadro 1 - Evolução histórica do biodiesel

Data	Descrição
1900	Primeiro ensaio por Rudolf Diesel, em Paris, de um motor movido a óleos vegetais.
1937	Concessão da primeira patente a combustíveis obtidos a partir de óleos vegetais (óleo de palma), a G. Chavanne, em Bruxelas/Bélgica. Patente 422.877.
1938	Primeiro registro de uso de combustível de óleo vegetal para fins comerciais: ônibus de passageiros da linha Bruxelas-Lovaina/BEL.
1939 a 1945	Inúmeros registros de uso comercial na "frota de guerra" de combustíveis obtidos a partir de óleos vegetais.
1975	Lançamento do programa PRO-ÁLCOOL.
1980	Depósito da 1ª Patente de Biodiesel no Brasil - Dr. Expedito Parente.
1988	Início da produção de biodiesel na Áustria e na França e primeiro registro do uso da palavra "biodiesel" na literatura.
1997	EUA aprovam biodiesel como combustível alternativo.
1998	Setores de P&D no Brasil retomam os projetos para uso do biodiesel.
2002	Alemanha ultrapassa a marca de 1 milhão ton/ano de produção.
08/2003	Portaria ANP 240 estabelece a regulamentação para a utilização de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não especificados no País.
12/2003	Decreto do Governo Federal Institui a Comissão Executiva Interministerial (CEI) e o Grupo Gestor (GG), encarregados da implantação das ações para produção e uso de biodiesel.
24/11/2004	Publicadas as resoluções 41 e 42 da A.N.P, que instituem a obrigatoriedade de autorização deste órgão para produção de biodiesel, e que estabelece a especificação para a comercialização de biodiesel que poderá ser adicionado ao óleo diesel, na proporção 2% em volume.
06/12/2004	Lançamento do Programa de Produção e Uso do biodiesel pelo Governo Federal.
13/01/2005	Publicação no D.O.U. da lei 11.097 que autoriza a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira.
22/02/2005	Instrução Normativa SRF nº 516, a qual dispõe sobre o Registro Especial a que estão sujeitos os produtores e os importadores de biodiesel, e dá outras providências.
15/03/2005	Instrução Normativa da SRF nº 526, a qual dispõe sobre a opção pelos regimes de incidência da Contribuição para o PIS/PASEP e da Cofins, de que tratam o art. 52 da Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 2003, e o art. 4º da Medida Provisória nº 227, de 6 de dezembro de 2004.
24/03/2005	Inauguração da primeira usina e posto revendedor de Biodiesel no Brasil (Belo Horizonte/MG).
19/04/2005	A medida provisória foi a sanção do presidente.
02/03/2006	Instrução Normativa SRF nº 628 aprova o aplicativo de opção pelo Regime Especial de Apuração e Pagamento da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins incidentes sobre Combustíveis e Bebidas (Recob).
19/03/2008	Resolução ANP nº 07 alterou a especificação para comercialização do biodiesel.
14/05/2008	O Decreto nº 6.458 ampliou as opções de matérias-primas da agricultura familiar para a região Norte e Nordeste e Semi-árido e alterou o PIS/CONFINS para essas regiões.
19/02/2009	Uma instrução normativa dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do selo combustível social.
07/2009	O país adota o B4, o diesel com 4% de biodiesel.
01/2010	O país adota o B5, o diesel com 5% de biodiesel.
01/2013	O país adota o B7, o diesel com 7% de biodiesel.

Fonte: Rathmann, 2008. Adaptado

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) foi lançado em dezembro de 2004. Depois de elaborado um marco regulatório, o BNDES (2013) criou o Programa de Apoio a Investimentos em Biodiesel, quando a mistura de 2% de biodiesel no óleo diesel, o chamado B2, ainda era voluntária.

Em 13 de janeiro de 2005, foi sancionada a Lei 11.097, que introduziu o biodiesel na matriz energética e estabeleceu percentuais mínimos de mistura do biodiesel ao diesel e o monitoramento deste novo combustível no país. Segundo a legislação, o Brasil deveria adicionar, a partir de 2008, o mínimo 2% de biodiesel ao diesel, obrigatoriamente. Em julho de 2009, o país adotou o B4 (diesel com 4% de biodiesel) e, em janeiro de 2010, entrou no mercado o B5 (diesel com 5% de biodiesel).

Com essas medidas, o Governo Federal adiantou a meta do ano de 2013 em três anos. Em 2012, foi sancionada a nova porcentagem para 2013, que subiu de 5% para 7% (Conab, 2013).

Segundo Parente (2003), resumidamente, o processo de obtenção do biodiesel se dá em três processos básicos a partir da matéria-prima (Figura 1), são eles:

1. Prensagem: trata-se do processo de esmagamento dos grãos de soja que resulta na obtenção do óleo degomado em seu estado natural e na torta, que é um subproduto;
2. Neutralização: processo químico de purificação do óleo onde se obtém o óleo bruto;
3. Transesterificação: processo químico do óleo bruto com um catalisador e um álcool (etílico ou metílico) que tem como resultado a obtenção do biodiesel e gera como subprodutos a glicerina e o álcool hidratado (Parente, 2003).

Deve ser ressaltado que o processo químico descrito neste estudo é feito de maneira simplificada, quimicamente, o processo possui muito mais detalhes, onde pode ser analisado com todas as especificações químicas devidas.

Resumidamente, este processo consiste na separação entre a glicerina contida nos óleos vegetais, e sua posterior substituição pelo álcool na cadeia. Os custos relacionados a este processo

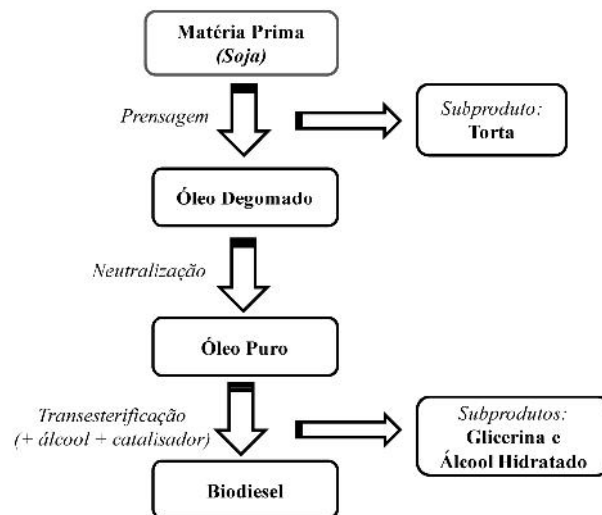


Figura 1 - Processo de produção de biodiesel

referem-se aos insumos utilizados para a produção do biodiesel (Plá, 2002).

No cálculo do custo de produção de uma determinada cultura, deve constar como informação básica a combinação de insumos, de serviços e de máquinas e implementos utilizados ao longo do processo produtivo. Esta combinação é conhecida como “pacote tecnológico” e indica a quantidade de cada item em particular, por unidade de área, que resulta num determinado nível de produtividade. Essas quantidades mencionadas, referidas a unidade de área (hectare) são denominadas de coeficientes técnicos de produção, podendo ser expressas em tonelada, quilograma ou litro (corretivos, fertilizantes, sementes e agrotóxicos), em horas (máquinas e equipamentos) e em dia de trabalho (humano ou animal) (Bornia, 2010).

Alguns custos variam com o nível de produção, enquanto outros permanecem sem modificação. Esta variação é o que distingue os custos fixos, custos que não variam com o nível de produção, dos custos variáveis, que variam conforme o nível de produção. Os custos fixos são pagos independentemente do nível ou ritmo da produção, a única maneira da empresa eliminar totalmente seus custos fixos é deixando de operar (Pindyck e Rubinfeld, 2005).

Segundo Borna (2010), se o preço do produto ou receita média for igual ao custo médio de produção, trata-se do chamado lucro normal, o que significa estabilidade, mantendo assim o nível de produção a curto e longo prazos. Se o preço do produto for suficiente apenas para cobrir parte dos custos fixos (e todo o custo variável), a atividade encontra-se em processo de descapitalização e em condições de produzir apenas no curto prazo.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A estrutura adotada para este trabalho teve como base a exploração de dados e informações das agências governamentais, confrontados com outras informações disponíveis e com dados secundários, ou seja, trabalhos relacionados ao tema de estudo. Neste âmbito, a metodologia a ser utilizada, segundo Gil (2002), é do tipo explicativa-descritiva, pois as hipóteses apresentadas têm seus posteriores objetivos para a conclusão da análise proposta.

A argumentação do trabalho será organizada pelo método indutivo, a partir das referências bibliográficas utilizadas e do estudo para análise dos custos de produção, utilizando-se a percepção dos dados obtidos para as diferentes matérias-primas aqui analisadas. A vantagem desta análise reside em obter dados comparativos coerentes, não necessariamente exatos, de fatores externos e internos a estes custos (Gil, 1991).

Paralelamente aos aspectos teóricos da metodologia, os cálculos deste trabalho foram baseados em dados de uma pesquisa realizada e, com intuito de preservar os dados fornecidos será chamada neste trabalho de Bio S.A.. Os dados foram todos atualizados e os cálculos foram feitos com base na previsão da produtividade da safra 2012/13.

Neste caso, pode-se utilizar o custo operacional para análise de rentabilidade do empreendimento, utilizando-se o conceito de resíduo.

No que tange a teoria de custos de produção, estes são os elementos principais apresentados neste estudo. Mais especificamente, apontados no próximo item que tratará dos procedimentos utilizados.

Os custos de produção do biodiesel envolvem os custos agrícolas seguidos dos custos industriais. Na primeira etapa, consideraram-se todos os custos do plantio da matéria-prima: mão-de-obra, adubos, fertilizantes, sementes, processo de esmagamento, até mesmo a margem de lucro para o produtor rural, assim como os prejuízos que podem ocorrer nas entressafras, devem ser considerados. Já na etapa industrial, consideraram-se os custos com a matéria-prima para a produção do biodiesel: o óleo vegetal e o álcool (metanol ou etanol), catalisador, mão-de-obra, energia, custos administrativos e custos financeiros para o processamento final do biodiesel. Na etapa seguinte, entram os custos de transação, que envolvem o transporte, a mistura com o óleo diesel, estocagem e revenda.

Inicialmente, é necessário obter dados sobre a matéria-prima utilizada para a fabricação do biodiesel, como sua produtividade, sua disponibilidade no mercado, o teor de óleo no grão, o rendimento deste óleo, a fim de justificar a produção do biodiesel frente às necessidades do mercado.

A primeira fase do processo consiste no conhecimento da produção total da matéria-prima (dada em toneladas) e em seguida, obter-se a sua produtividade (dada em Kg/ha), estes dados são fornecidos pela Conab – Cia Nacional de Abastecimento (2007) e IBGE (2013).

Tabela 1 – Soja - Série histórica de produtividade - Safras 2004/05 a 2012/13 (kg/ha)

REGIÃO/UF	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12 Previsão	2012/13 Estimativa
NORTE	2.721	2.473	2.630	2.845	2.841	2.943	3.063	3.027	3.045
NORDESTE	2.741	2.395	2.658	3.057	2.588	2.852	3.213	2.880	2.547
CENTRO-OESTE	2.669	2.590	2.910	3.022	2.943	2.997	3.137	3.036	3.055
SUDESTE	2.512	2.409	2.727	2.853	2.778	2.801	2.824	2.889	2.949
SUL	1.538	2.200	2.782	2.519	2.223	2.881	3.124	2.037	2.957
NORTE/NORDESTE	2.736	2.415	2.652	3.004	2.648	2.873	3.176	2.917	2.674
CENTRO-SUL	2.200	2.419	2.840	2.795	2.627	2.933	3.108	2.617	3.008
BRASIL	2.245	2.419	2.823	2.816	2.629	2.927	3.115	2.651	2.968

Fonte: Conab, elaboração própria.

A partir dos custos médios de produção agrícola é possível chegar-se ao valor do custo por hectare produzido, que foram descritos como: i. Insumos, ii. Plantio e tratos culturais, iii. Colheita e iv. Arrendamento. No item descrito como 'platio e tratos culturais', consideram-se custos variáveis como mão-de-obra, adubos, fertilizantes, sementes, etc. A base de cálculo para estes valores são os

dados fornecidos pela Conab (2012). Com o valor total do custo por hectare, é possível calcular o custo por saca de 60 Kg, em cima deste valor são incluídos também os valores do ISS, do frete e da armazenagem, chegando-se ao valor do preço CIF (produto posto na unidade compradora) da saca de soja. Conforme a tabela a seguir:

Tabela 2 - Resumo dos custos médios de produção agrícola por região - Soja safra 2012/13

Região	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
Produtividade (kg/ha)	2.957	2.949	3.055	2.547	3.045
Insumos	R\$ 958,11	R\$ 838,25	R\$ 901,82	R\$ 1.356,00	R\$ 1.036,62
Plantio e tratos culturais	R\$ 125,05	R\$ 97,01	R\$ 130,61	R\$ 145,67	R\$ 111,64
Colheita	R\$ 75,19	R\$ 110,23	R\$ 47,76	R\$ 87,59	R\$ 110,29
Arrendamento	R\$ 393,38	R\$ 393,65	R\$ 160,50	R\$ 219,96	R\$ 136,56
R\$/hectare	R\$ 1.551,73	R\$ 1.439,14	R\$ 1.240,69	R\$ 1.809,22	R\$ 1.395,11
R\$/saca de 60 Kg (custo campo)	R\$ 31,49	R\$ 29,28	R\$ 24,37	R\$ 42,62	R\$ 27,49
INSS	R\$ 0,85	R\$ 0,70	R\$ 0,57	R\$ 0,82	R\$ 0,68
Frete + armazenagem (por saca)	R\$ 1,26	R\$ 1,34	R\$ 2,48	R\$ 1,21	R\$ 1,26
Preço CIF esmagadora	R\$ 33,60	R\$ 31,32	R\$ 27,42	R\$ 44,65	R\$ 29,43

Fonte: Conab, elaboração própria.

Nos custos médios por hectare da produção agrícola não são computados, portanto, a remuneração de fatores fixos diversos, como depreciação de instalações diversas, remuneração e o custo de oportunidade do empresário, e outros custos fixos e semifixos, que são custos administrativos. Contudo, os itens considerados são bastante característicos aos processos produtivos e, portanto, menos heterogêneos entre produtores. Ressalta-se que estes mesmos custos não computados para a soja, também não serão computados nas demais matérias-primas. Logo, seguem o mesmo raciocínio de análise dos custos na esfera agroindustrial (Fiorese, 2011).

O custo das máquinas e implementos é alocado para cada cultura segundo o tempo que os mesmos são utilizados nessa lavoura, incluindo-se também a mão-de-obra requerida para a atividade. Consideram-se também os custos de manutenção, depreciação e combustível. Esta é uma forma de homogeneizar o tratamento entre as propriedades, desconsiderando as outras atividades agrícolas que possam existir e demandar os mesmos equipamentos e profissionais. Todos os insumos são considerados com seus preços de mercado, para pagamento à vista. Para aqueles mais volumosos, como óleo diesel e fertilizantes, deve-se considerar seu custo incluindo o frete "posto na propriedade". Ou seja, no que diz respeito às máquinas e implementos pode-se dizer que houve subutilização, que se traduz em um aumento de custos, visto que poderiam ter outras finalidades (Conab, 2012).

A mão-de-obra segue a mesma linha de utilização de máquinas, ou seja, o tempo de trabalho estará dedicado à determinada lavoura. O número de trabalhadores não foi calculado neste trabalho, consideram-se como dados, incluídos nos cálculos de produtividade.

A segunda etapa consiste no processo de prensagem do grão que tem como finalidade a obtenção do óleo degomado (óleo de soja no seu estado bruto, com impurezas e não-neutralizado) e que gera como subproduto a chamada torta ou

farelo. A torta é um resíduo de soja muito utilizado para a fabricação de ração animal, neste estudo este valor é computado como vendido integralmente a preço de custo, mas pode ser comercializado com alguma margem de lucro, refletindo como redução ainda maior nos custos na produção do biodiesel.

Em seguida há o processo de neutralização do óleo (processo de purificação do óleo, ou seja, retirada de impurezas), neste estudo este processo foi caracterizado como 'custos da esmagadora'. A partir daí, resulta o óleo puro, livre de impurezas. Para uma tonelada de óleo neutralizado é necessário observar o teor de rendimento do óleo que é de 19% para a soja, ou seja, para se obter uma tonelada de óleo neutralizado precisa-se de aproximadamente 5,26 toneladas de soja do qual resulta 3,78, aproximadamente, de farelo (72%). O custo deste esmagamento é de US\$ 10 como mostra a tabela abaixo, este custo é rateado em 40% para o óleo e 60% para o farelo.

Com o objetivo de se esclarecer todo o processo de custeio produtivo, os coeficientes industriais são aqueles estimados pela Bio S.A., como por exemplo, o que mensura os índices de óleo extraídos de cada tipo de matéria-prima e também, como serão divididos os custos da extração. Cabe ressaltar que ganhos de escala não serão considerados no processo de extração do óleo, ou seja, consideram-se custos e rendimento iguais ao da extração para cada planta industrial. As tabelas abaixo apresentam os rendimentos dos óleos e o rateio dos custos.

Tabela 3 - Teor de óleo e farelo/torta em rendimento industrial

Matéria prima	Rendimento (%)		
	Óleo	Farelo	Perdas
Soja	19%	72%	9,00%

Fonte: Bio S.A., elaboração autores.

Tabela 4 - Divisão (rateio) dos custos de extração de óleo entre os derivados

Matéria prima	Rateio dos custos de extração			
	Custo de esmagamento *	% para o Óleo	% para o Farelo	Custo da neutralização do óleo/t
Soja	US\$ 10,00	40%	60%	US\$ 10,00

Fonte: Bio S.A., elaboração autores.

* por tonelada de grão

A terceira etapa é o processo de transesterificação , onde se utiliza o álcool (metanol ou etanol) e um catalisador para a obtenção do produto final: o biodiesel. O resultado é um óleo mais fino e menos viscoso. Neste processo obtêm-se dois subprodutos: a glicerina e o álcool hidratado. Os custos finais destes subprodutos podem reduzir o custo final do biodiesel, se comercializados.

Deve ser considerado ainda que as unidades industriais estejam integradas, ou seja, as etapas agrícola e industrial ocorrem na mesma planta industrial . A importância destes custos totais via custo de produção, permitirá a análise comparativa dos possíveis cenários para a soja, seja com a variação cambial ou com a variação no preço da soja.

4 ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS

A partir do preço da tonelada de soja por região (preços CIF esmagadora) serão feitos os cálculos do custo da produção industrial para obtenção uma tonelada óleo neutralizado. Sendo o teor de óleo no grão é de 19% é possível chegar ao valor de quantidade de soja-grão para se obter uma tonelada de óleo, ou seja, um valor aproximado de 5,26 toneladas, deste valor há o rendimento do farelo de 72%, ou seja, um valor aproximado de 3,78 toneladas. O custo de esmagamento por tonelada de grão é de US\$ 10, rateados em 40% para o óleo e 60% para o farelo, ou seja, US\$ 4 para o óleo e US\$ 6 para o farelo. Logo, o custo médio do rendimento do óleo pode ser calculado como:

$$Cr = Q * E * C$$

Onde,

Cr: Custo do rendimento do óleo;

Q: Quantidade de soja-grão

E: custo do esmagamento

C: câmbio

Desta forma obtêm-se o valor R\$ 41,47 (para a região Sul) indicado na tabela 5. Utiliza-se o mesmo raciocínio para o cálculo do custo do rendimento do farelo, obtêm-se o valor R\$ 62,21, também para a região Sul.

O custo total para uma tonelada de óleo é a soma do custo para uma tonelada de óleo (R\$ 2.947,01 = 5,26 * R\$ 559,93) mais o custo do rendimento do óleo (R\$ 41,47) mais o custo da neutralização do óleo (R\$ 19,70 = US\$ 10 * câmbio). O custo da neutralização é de US\$ 10,00 para uma tonelada de óleo, na Tabela 6 foi considerada taxa de câmbio de R\$ 1,97/US\$.

O custo total de uma tonelada de óleo neutralizado foi calculado deduzindo-se o custo total produzido pelo farelo (R\$ 2.121,85, para a região Sul). Logo, o custo final de uma tonelada de óleo neutralizado na região Sul é de R\$ 886,34.

Tabela 5 - Custos da esmagadora por região - Soja safra 2012/13

Custos da Esmagadora	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
Preço da tonelada por região	R\$ 559,93	R\$ 522,01	R\$ 456,95	R\$ 744,17	R\$ 490,50
Qtde soja-grão/t de óleo	5,263157895	5,263157895	5,263157895	5,263157895	5,263157895
Custo do rendimento do óleo (esmagamento)	R\$ 41,47	R\$ 41,47	R\$ 41,47	R\$ 41,47	R\$ 41,47
Rendimento farelo/t	3,789473684	3,789473684	3,789473684	3,789473684	3,789473684
Custo do rendimento do farelo	R\$ 62,21	R\$ 62,21	R\$ 62,21	R\$ 62,21	R\$ 62,21
Custo p/ 1t óleo	R\$ 2.947,01	R\$ 2.747,42	R\$ 2.405,01	R\$ 3.916,67	R\$ 2.581,57
Neutralização do óleo/t*	R\$ 19,70	R\$ 19,70	R\$ 19,70	R\$ 19,70	R\$ 19,70
Total 1t óleo	R\$ 3.008,18	R\$ 2.808,59	R\$ 2.466,18	R\$ 3.977,84	R\$ 2.642,74
Total 1t farelo	R\$ 2.121,85	R\$ 1.978,14	R\$ 1.731,60	R\$ 2.820,00	R\$ 1.858,73
Total 1t óleo neutralizado	R\$ 886,34	R\$ 830,45	R\$ 734,58	R\$ 1.157,84	R\$ 784,01

*Destinado 100% para o óleo vegetal.

Fonte: Bio S.A., elaboração autores.

Após a obtenção do óleo degomado neutralizado tem de se considerar os custos industriais para a obtenção do biodiesel. Os coeficientes para a proporção dos custos variam de acordo com a escala da planta industrial e com as regiões. Neste trabalho foi considerada a operação de uma planta com capacidade para 40.000 toneladas de biodiesel por ano, de acordo com as informações fornecidas pela empresa Bio S.A.

Para produzir uma tonelada de biodiesel, parte-se da esquematização dos custos, a partir da soja, imputado o custo de produção agrícola. Utilizando como exemplo a região Sul são imputados:

a) matéria-prima: 1.041,67 kg de óleo degomado neutralizado ao custo de R\$ 923,27/t; Ou seja, uma tonelada de óleo neutralizado (R\$ 886,34) multiplicado pela quantidade de matéria prima: 1,041 t, aproximadamente.

b) etanol: 375 kg de etanol ao preço de mercado de R\$ 0,90/litro, o que equivale a R\$ 1.034,48/tonelada. Sobre este valor, são calculados 9,25% de PIS/Cofins sobre o preço do álcool e 3% de ISS sobre o frete. Não foi considerado ICMS sobre o álcool nesta fase porque este poderá ser ressarcido na venda do biodiesel. A tonelada de etanol, portanto, custará R\$ 1.161,21 na usina. O custo

deste produto será rateado em 60% para o biodiesel e 40% para os subprodutos (glicerina e álcool hidratado, caso este possa ser vendido).

c) processo industrial: incluídos químicos (catalisador, ácido clorídrico e sulfúrico), energia elétrica, mão-de-obra, depreciação (10 anos), vapor, água fria, reparos e manutenção (2% sobre o capital investido). Destes custos 90% são alocados para o biodiesel e 10% para os subprodutos.

Este processo total na planta de 40 mil toneladas biodiesel/ano gera:

- 1.000 kg de biodiesel ao custo de R\$ 1.821,89/t (PVU), ou seja, R\$ 1,59 por litro de biodiesel – multiplica-se por 0,87 para converter de kg para litro;
- 106 kg de glicerina ao custo de R\$ 666,26/t;
- 265 kg de álcool anidro (outros fins) ao custo de R\$ 814,32/t;

A diferença entre os custos totais do processo e o custo do biodiesel decorre dos subprodutos gerados, entre os quais também há custos rateados, divididos em 45% para a glicerina e 55% para o álcool hidratado. A Tabela 6 apresenta os custos finais para a produção do biodiesel a partir da soja, chegando-se ao seu custo final de produção (R\$/litro).

Tabela 6 - Custo de uma tonelada de biodiesel por região – Soja – planta de 40.000 t/ano

Custos finais para produção	Quantidade (em Kg)	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
Óleo de soja degomado e neutralizado	1.041,67	R\$ 923,27	R\$ 865,06	R\$ 765,19	R\$ 1.206,09	R\$ 816,68
Subtotal Etanol	375	R\$ 1.034,48	R\$ 1.034,48	R\$ 1.034,48	R\$ 1.034,48	R\$ 1.034,48
+ PIS/Cofins		9,25%	9,25%	9,25%	9,25%	9,25%
+ ISS s/ frete		3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Total Etanol (60%)		R\$ 747,41	R\$ 747,41	R\$ 747,41	R\$ 747,41	R\$ 747,41
Processo industrial (90%)		R\$ 151,21	R\$ 151,21	R\$ 151,21	R\$ 151,21	R\$ 151,21
Total Biodiesel		R\$ 1.821,89	R\$ 1.763,68	R\$ 1.663,81	R\$ 2.104,71	R\$ 1.715,30
Total Biodiesel (R\$/l)		R\$ 1,59	R\$ 1,53	R\$ 1,45	R\$ 1,83	R\$ 1,49

Fonte: Bio S.A., elaboração autores.

Em seguida, obtêm-se os custos finais para os subprodutos gerados no processo de transesterificação por tonelada de biodiesel de soja, conforme a Tabela 7. Neste caso, gera-se uma receita de R\$ 666,26 para a glicerina e uma receita de R\$ 814,32 para o álcool hidratado, a partir de uma tonelada de biodiesel de soja.

Vale observar que os subprodutos gerados são rentáveis, pois os custos são baixos em relação aos preços que alcançam no mercado, porém as quantidades produzidas são pequenas. Por exemplo, no processamento de uma tonelada de biodiesel a partir da soja, são gerados, aproximadamente, 106 kg de glicerina e 265 litros de álcool hidratado. Neste caso, o biodiesel seguiu a rota etílica, ou seja, com inserção do álcool anidro para a sua produção.

Tabela 7 - Custos dos subprodutos da soja – planta de 40.000 t/ano

Custos Subprodutos*	
Óleo de soja degomado e neutralizado	R\$ 923,27
Total Etanol (40%)	R\$ 540,52
Processo industrial (10%)	R\$ 16,80
Totais Subprodutos	R\$ 1.480,59
Glicerina	R\$ 666,26
Álcool hidratado	R\$ 814,32

Fonte: Bio S.A., elaboração autores.

Uma comparação interessante se dá na análise do “custo mínimo de venda”, a partir do qual a produção seria viável, depois de considerados todos os custos e todas as receitas dos subprodutos.

Entende-se por “custo mínimo de venda” o total do custo do para a fabricação do biodiesel diminuído do custo do farelo gerado, da glicerina e do álcool hidratado, sem incluir margem de comercialização, ou seja, trata-se do custo na usina, conhecido como PVU. Caso ocorram prejuízos na comercialização dos subprodutos, será necessário um preço maior de venda do biodiesel de forma a recuperar estes prejuízos; por outro lado, podem ocorrer também lucros nas vendas de alguns subprodutos que, em tese, motivariam uma redução do custo mínimo de venda do biodiesel.

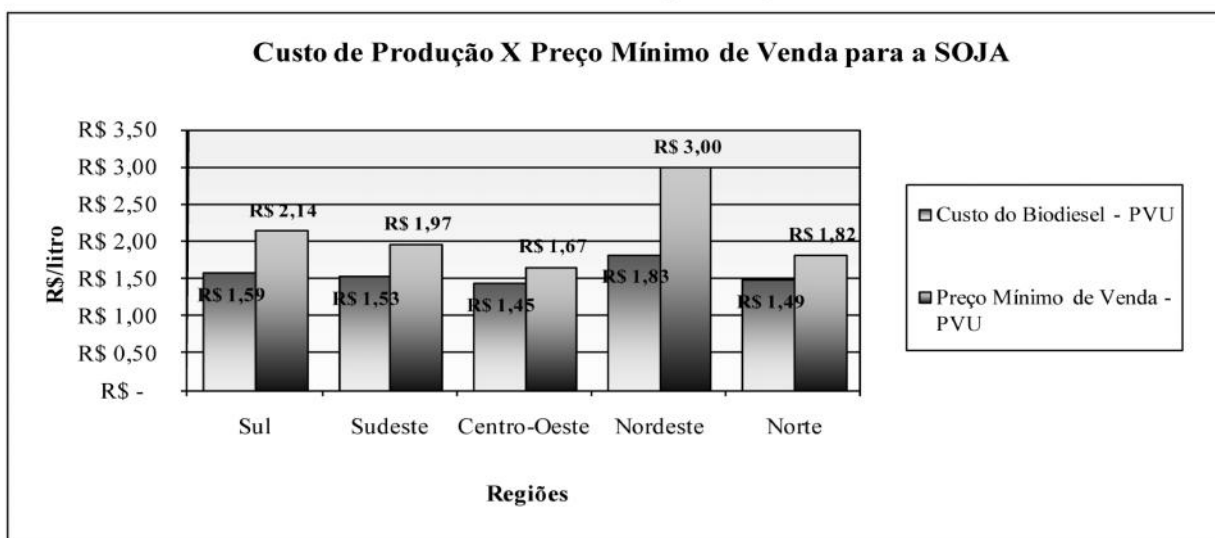
No cálculo integrado da unidade industrial que tem como ponto de partida o custo de produção agrícola, o biodiesel de soja custaria R\$ 1,59 por litro, por exemplo, na região Sul, na planta de 40.000 t/ano, mas deveria ser vendido pelo mínimo de R\$ 2,14/litro, ou seja, o biodiesel deveria ser comercializado a um valor 42,6% superior ao seu custo de produção devido ao cálculo total dos custos, que incluem os custos da glicerina, do álcool hidratado (valores mínimos calculados na Tabela 7) e também os custos do farelo (R\$ 2.121,85/t). Portanto, a fim de esclarecer a diferença entre o custo do biodiesel e o custo mínimo de venda, tem-se o valor de R\$ 1,59 que é chamado de custo do biodiesel, pois considera somente os valores necessários para a fabricação do biodiesel. Para se obter o ‘custo mínimo de venda’ adicionam-se - os custos do farelo, da glicerina e do álcool hidratado, totalizando R\$ 2,14, cujo valor também pode ser interpretado como “custo

mínimo total para um litro de biodiesel". É importante esclarecer que neste estudo não se considera a idéia de preço final do litro do biodiesel porque o intuito é chegar-se ao custo mínimo de venda do biodiesel e a partir deste obter-se uma cotação de preço para o litro do biodiesel.

No caso da soja, que é produzida em todas as regiões do país, é possível avaliar os custos finais com seus custos mínimos de venda, como segue no

Gráfico 1. Um parâmetro importante para esta análise é o preço do óleo diesel mineral, para comparação com o preço mínimo de venda e o custo da produção do biodiesel. Esta comparação não é perfeita por incluir a rentabilidade da refinaria, mas é uma aproximação. Adicionalmente, os preços dos derivados do petróleo no Brasil são administrados, portanto estão sujeitos à influência de decisões de política econômica.

Gráfico 1 - Custo do biodiesel vs. Custo mínimo de venda para a soja



Fonte: Dados da pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando-se em consideração a contabilidade completa de todos os subprodutos, nota-se que o biodiesel de soja deve ser comercializado a valores superiores ao seu custo de produção, ou seja, mesmo contabilizando o saldo positivo gerado pela glicerina, pelo álcool hidratado e pelo farelo. Uma observação importante é que, neste trabalho, o farelo é considerado vendido nos cálculos dos custos de produção e seu preço de venda é igual ao seu custo. Porém, é necessário observar que a receita obtida com a venda do farelo depende da

margem de comercialização (condições da demanda por esse farelo), neste caso considerou-se a margem de 100% de comercialização, ou seja, todo o farelo foi vendido. A produção do biodiesel de soja é mais competitiva na região Centro-Oeste, em consequência das condições de oferta do insumo na região, como pode ser observado no Gráfico 1.

Na Tabela 8 se observa um resumo dos custos de produção do biodiesel de soja para todas as regiões brasileiras, este é o cenário base dos cálculos deste estudo, apresentados anteriormente de forma detalhada..

Tabela 8 - Custos de Produção do Biodiesel por região – cenário base

Oleaginosa	Totais de produção	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
	Preço CIF Esmagadora por saca (60Kg)	R\$ 33,60	R\$ 31,32	R\$ 27,42	R\$ 44,65	R\$ 29,43
	Total 1 t de farelo	R\$ 2.121,85	R\$ 1.978,14	R\$ 1.731,60	R\$ 2.820,00	R\$ 1.858,73
	Total 1 t de óleo neutralizado	R\$ 886,34	R\$ 830,45	R\$ 734,58	R\$ 1.157,84	R\$ 784,01
Soja	Total 1 t de biodiesel	R\$ 1.821,89	R\$ 1.763,68	R\$ 1.663,81	R\$ 2.104,71	R\$ 1.715,30
	Total 1 t glicerina	R\$ 666,26				
	Total 1 t álcool hidratado	R\$ 814,32				
	Total biodiesel (R\$/litro)	R\$ 1,59	R\$ 1,53	R\$ 1,45	R\$ 1,83	R\$ 1,49
	Custo Mín. Venda (R\$/litro)	R\$ 2,14	R\$ 1,97	R\$ 1,67	R\$ 3,00	R\$ 1,82

Fonte: elaboração dos autores.

Nas Tabelas 9 e 10 são apresentados os resultados para os custos considerando redução e aumento de 50% no preço da oleaginosa e câmbio a R\$ 2,00/US\$ e 2,50/US\$, respectivamente. A conclusão que se chega comparando os resultados é de que as únicas regiões em que uma drástica redução dos custos tornaria viável a produção de biodiesel são a Centro-Oeste com custo mínimo de R\$ 0,98 e a Norte com custo mínimo de R\$ 1,16. Por outro

lado, em caso de elevação dos custos torna ainda mais inviável a produção. Isto mostra que há um aspecto estrutural de custos elevados na produção de biodiesel. Isto significa que o mercado dificilmente gerará por si mesmo a produção de biodiesel, ou seja, a sua viabilidade depende de subsídios, cuja implementação depende da análise de fatores externos envolvidos.

Tabela 9 - Custos de Produção do Biodiesel por região e oleaginosa – cenário com queda de 50% no preço da oleaginosa e câmbio em R\$ 2,00/US\$

Oleaginosa	Totais de produção	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
	Preço CIF Esmagadora por saca (60Kg)	R\$ 16,80	R\$ 15,66	R\$ 13,71	R\$ 22,33	R\$ 14,71
	Total 1 t de farelo	R\$ 1.060,92	R\$ 989,07	R\$ 865,80	R\$ 1.410,00	R\$ 929,36
	Total 1 t de óleo neutralizado	R\$ 473,75	R\$ 445,81	R\$ 397,87	R\$ 609,51	R\$ 422,59
Soja	Total 1 t de biodiesel	R\$ 1.392,12	R\$ 1.363,01	R\$ 1.313,08	R\$ 1.533,53	R\$ 1.338,83
	Total 1 t glicerina	R\$ 472,87				
	Total 1 t álcool hidratado	R\$ 577,95				
	Total biodiesel (R\$/litro)	R\$ 1,21	R\$ 1,19	R\$ 1,14	R\$ 1,33	R\$ 1,16
	Custo Mín. Venda (R\$/litro)	R\$ 1,22	R\$ 1,13	R\$ 0,98	R\$ 1,65	R\$ 1,06

Fonte: elaboração dos autores.

Tabela 10 - Custos de Produção do Biodiesel por região e oleaginosa – cenário com aumento de 50% no preço da oleaginosa e câmbio em R\$ 2,50/US\$

Oleaginosa	Totais de produção	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
	Preço CIF Esmagadora por saca (60Kg)	R\$ 50,39	R\$ 46,98	R\$ 41,13	R\$ 66,98	R\$ 44,14
	Total l t de farelo	R\$ 3.182,77	R\$ 2.967,21	R\$ 2.597,41	R\$ 4.230,00	R\$ 2.788,09
	Total l t de óleo neutralizado	R\$ 1.299,85	R\$ 1.216,02	R\$ 1.072,21	R\$ 1.707,11	R\$ 1.146,36
Soja	Total l t de biodiesel	R\$ 2.252,64	R\$ 2.165,32	R\$ 2.015,51	R\$ 2.676,86	R\$ 2.092,75
	Total l t glicerina	R\$ 860,10				
	Total l t álcool hidratado	R\$ 1.051,23				
	Total biodiesel (R\$/litro)	R\$ 1,96	R\$ 1,88	R\$ 1,75	R\$ 2,33	R\$ 1,82
	Custo Mín. Venda (R\$/litro)	R\$ 3,07	R\$ 2,80	R\$ 2,35	R\$ 4,35	R\$ 2,58

Fonte: elaboração dos autores.

Uma limitação da pesquisa é que os cálculos de custos mínimos do estudo foram superestimados em algum grau, devido a não consideração de uso concomitante de recursos produtivos na esfera agrícola para outras finalidades. Apesar desta limitação, nota-se que existe potencial para a produção do biodiesel. A ampliação da utilização do biodiesel, entretanto, depende do

comportamento do preço dos insumos, do preço dos subprodutos e do produto substituto do biodiesel, o óleo diesel mineral. Por isto, esta análise de sensibilidade dos efeitos de alterações do preço da soja e do câmbio através de diferentes cenários contribui para viabilizar a produção do biodiesel.

6 CONCLUSÕES

Existe a tendência de expansão do consumo de biodiesel no mundo. Tratados internacionais de redução de emissão de poluentes e uma maior conscientização dos países têm contribuído para que a produção de biodiesel cresça rapidamente. O Brasil pode produzir o biodiesel a partir de várias oleaginosas, em especial a soja, como apresentado neste estudo e, tem potencial para se tornar um fornecedor mundial deste produto (Milazzo et al, 2013). O governo deu um importante passo ao sancionar a lei de introdução do biodiesel na matriz energética.

O aumento da capacidade de beneficiamento de oleaginosas deverá aumentar, contribuindo para a expansão da produção de óleos vegetais e, conseqüentemente, de biodiesel. O óleo de soja é

atualmente a matéria-prima abundante que permitiria a produção do biodiesel.

Analisando o biodiesel sob a perspectiva dos custos apresentados, a soja, mesmo com custos de produção inferiores ao seu custo mínimo de venda, é a melhor alternativa para produção deste biocombustível no país. A soja é a única matéria-prima que atenderia a demanda nacional, devido à grande produção e produtividade no Brasil e também, os incentivos fornecidos para sua produção.

Os custos de produção e a sensibilidade desses custos mostram que com os subsídios, a produção de biodiesel é mais viável nas regiões Centro-Oeste e Norte, mesmo que haja forte queda nos custos de produção, especialmente o preço do grão de soja e também o câmbio. Isto implica que subsídios são

necessários para que ocorra a produção em outras regiões.

Uma das maiores perspectivas de aumento de produção do biodiesel é promover sua produção em larga escala e, juntamente com o programa governamental de incentivo, promover sua competitividade junto ao óleo diesel e aumentar o número de plantas produtivas de biodiesel no país,

buscando atender toda a demanda de maneira eficiente. Uma das limitações deste trabalho foi em superestimar em algum grau os custos mínimos, pois alguns pontos de toda a esfera agrícola não foram considerados. Este estudo tem a contribuir com estas novas perspectivas e acena com a necessidade de novos estudos sobre o tema.

REFERÊNCIAS

- ANP (2013). Agência Nacional do Petróleo. Petróleo e Derivados. Disponível em <http://www.anp.gov.br>. Acesso em março, 2013.
- Bornia, A. C. (2010). Análise Gerencial de Custos: aplicação em empresas modernas, 3ª edição, São Paulo: Atlas.
- Conab (2013). Companhia Nacional de Abastecimento. Safras – Grãos. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em março, 2013.
- Conab (2007). Metodologia de cálculo de custos de produção. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custosproducaometodologia.pdf/>. Acesso em dezembro, 2012.
- Dorian, J.P., Franssen, H.T., Simbeck, D.R. (2006). Global challenges in energy. *Energy Policy*. 34 (15), 1984-1991.
- Embrapa (2013). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pesquisa, Desenvolvimento e inovação para o Agronegócio Brasileiro: Cenários 2002 a 2012. Disponível em <http://www.embrapa.gov.br/publicacoes/institucionais>. Acesso em fevereiro, 2013.
- Fiorese, D. A. et al (2011). Experimental methodology for assessing the cost of biodiesel production and use biodiesel: a case study of four methyl esters and commercial diesel fuel. *Ciência Rural*. 41, 11.
- Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas.
- IBGE. (2013). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Séries estatísticas. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em março, 2013.
- Lee, K.T., Ofori-Boateng, C. (2013) Biofuels: Production technologies, global profile, and market potentials. *Green Energy and Technology*. 138, 31-74.
- Lucena, T. K. (2004). O biodiesel na matriz energética brasileira. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia, monografia de bacharelado.
- Mattei, L. F. (2008). Programa nacional para produção e uso do biodiesel no Brasil (PNPB): trajetória, situação atual e desafios. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Economia. Texto para Discussão 01, 2008. Disponível em <http://www.cse.ufsc.br/gecon>. Acesso em dezembro, 2012.
- Milazzo, M.F., Spina, F., Primerano, P., Bart, J.C.J. (2013). Soy biodiesel pathways: Global prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 26, 579-624.
- MME. (2013). Ministério de Minas e Energia. Resenha energética brasileira. Disponível em <http://www.mme.gov.br>. Acesso em janeiro, 2013.
- Oliveira, L. B.; Costa, A. O. (2002), Biodiesel: Uma Experiência de Desenvolvimento Sustentável. Congresso Brasileiro de Energia, IV, 1772-1779, Rio de Janeiro.
- Parente, E. J. de S. (2003). Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Tecbio, Fortaleza.
- Pindyck, R. S.; Rubinfeld, D. L. (2002). *Microeconomia*, 5ª edição, São Paulo: Prentice Hall.
- Plá, J. (2002) Perspectivas do biodiesel no Brasil. *Indicadores Econômicos FEE*. 30 (2), 179-180.
- Rathmann, R. et al. (2013). Biodiesel: uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira? Disponível em <http://www.biodiesel.gov.br/docs/ArtigoBiodieselgincob-ufrgs.pdf>. Acesso em março, 2013.
- Udop. União dos Produtores de Bioenergia (2013). Biodiesel verdades e mitos. Disponível em <http://www.udop.com.br>. Acesso em março, 2013.

Autores

Carolina Aguiar dos Santos Vivian. Graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008). Atualmente, realiza Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina.

E-mail: carol_aguiar84@yahoo.com.br

Antonio Cezar Bornia. Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná (1985). Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1988). Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (1995). Atualmente, é professor associado da Universidade Federal de Santa Catarina.

E-mail: cezar@inf.ufsc.br

Recibido: 20-04-2014

Aceptado: 01-07-2014