



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

**SILVIO SANTOS JUNIOR; MARCELO FERNANDES PACHECO DIAS;
ERICA SILVA MENDONÇA; NADIR PAULA DA ROSA; TANIA NUNES
DA SILVA;**

UFRGS/CEPAN/PPG AGRONEGÓCIOS

PORTO ALEGRE - RS - BRASIL

MARCELO.FERNANDES@UFRGS.BR

APRESENTAÇÃO ORAL

**AGROPECUÁRIA, MEIO-AMBIENTE, E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

Grupo de Pesquisa: Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável.

Resumo

Muitos compostos químicos são encontrados na atmosfera terrestre atuando como “gases de efeito estufa”. Eles são importantes uma vez que impedem a reflexão total dos raios solares. Entretanto, os níveis de alguns desses gases, principalmente o gás carbônico (CO₂), vem aumentando a uma taxa de 25% desde o processo de industrialização em larga escala, iniciado a 150 anos atrás. Nos últimos 20 anos o CO₂ vem correspondendo a 84% dos gases provenientes das atividades humanas, e, 82% dele é resultante da queima de combustíveis fósseis. Considerando que o aumento da população e o surgimento de novas tecnologias continuam demandando energia de forma incremental, é imperativo a busca de soluções energéticas alternativas, mais sustentáveis. Neste contexto, a produção de biodiesel, que é um combustível oriundo de biomassa, e que tem por objetivo substituir o óleo diesel, é uma alternativa. O presente artigo trata de questionar a sustentabilidade do sistema de produção de biodiesel, a partir da soja. Objetiva fazer uma reflexão ilustrativa para investigar se a produção de biodiesel, a partir da cultura da soja, é sustentável (*stricto sensu*). Tendo em conta que o cultivo da cultura utiliza como fatores de produção recursos naturais exauríveis, o trabalho aborda a problemática de forma sistêmica, considerando as dimensões sociais,

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

ambientais e econômicas. O tipo de pesquisa exploratório e utiliza-se de dados secundários para inferir estatisticamente, à luz do referencial teórico sobre desenvolvimento sustentável e considerando a legislação do biodiesel no Brasil, como se dará essa forma de produção de “energia sustentável”. Os resultados encontrados mostram que não há “sustentabilidade plena” em nenhuma das dimensões, Entretanto, considera-se que esta alternativa energética deve ser perseguida, mas implica na necessidade de aprimoramento e balanceamento das ações em cada um dos “pontos de estrangulamentos” e em cada uma das dimensões.

Palavras-chaves: biocombustível; sustentabilidade; recursos naturais, soja.

Abstract

Many chemical compounds are found in the earth atmosphere acting as “greenhouse gases”. They are important since they prevent the total reflection of sun rays. However, the level of some of those gases, mainly the carbonic acid (CO₂), has been increasing at the rate of 25 percent since the large-scale industrialization process which began 150 years ago. Within the last 20 years, CO₂ has been corresponding to 84 percent of the gases coming from human activities, and 82 percent is the result of the burning of fossil fuels. Taking into account that the population increase and the arise of new technologies continue to demand energy at an ever-increasing rate, it is peremptory the search for alternative and more sustainable energetic solutions. Within this context, the biodiesel production, which is a fuel coming from the biomass and having the objective of replacing the Diesel oil, is one of the alternatives. This article aims at considering the sustainability of the biodiesel production system through the soybean culture. It aims at developing an illustrative reflection to investigate, from the soybean culture, whether the biodiesel production is sustainable (stricto sensu). Considering that the culture cultivation uses as production factors the exhaustible natural resources, this work approaches the problem systematically, taking into account the social, environmental and economic dimensions. The method of research chosen is the exploratory one and it is used secondary data to infer statistically, at the light of theoretical referential, the sustainable development, and, considering the biodiesel laws in Brazil, how that supposed production way of “sustainable energy” will occur. The results show that there wasn’t “full sustainability” in any of the dimensions. However, it’s concluded that this energetic alternative must be pursued, but it implies the need of betterment and balancing of the actions in each one of the bottlenecks and dimensions.

Keywords: Biofuel; Sustainability; Natural Resources, Soybeans

1. INTROUÇÃO

Muitos compostos químicos são encontrados na atmosfera terrestre atuando como “gases de efeito estufa”. Eles são importantes uma vez que impedem a reflexão total dos raios solares, aquecendo e dando condições de vida na terra. Alguns ocorrem naturalmente (como vapor de água, dióxido de carbono, metano, óxido nítrico), enquanto outros advêm exclusivamente das atividades humanas. Entretanto, os níveis de alguns desses gases, principalmente o gás carbônico (CO₂), vem aumentando a uma taxa de 25% desde o processo de industrialização em larga escala, iniciado há mais de 150 anos atrás. E, nos últimos 20 anos, três quartos das atividades humanas provocam emissões de CO₂ advindo da queima de



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



combustíveis fósseis, segundo o Energy Information Administration (EIA, 2007), órgão oficial de estatística sobre energia dos Estados Unidos da América (EUA).

As concentrações de CO₂ são naturalmente reguladas por numerosos processos conhecidos como “ciclo do carbono” (Figura 1). Entretanto, das 6,3 bilhões de toneladas lançadas à atmosfera anualmente devido às atividades humanas, estima-se que apenas 2,9 bilhões são reabsorvidas no ciclo do carbono, resultando num acúmulo adicional de 3,2 bilhões de toneladas por ano na atmosfera.

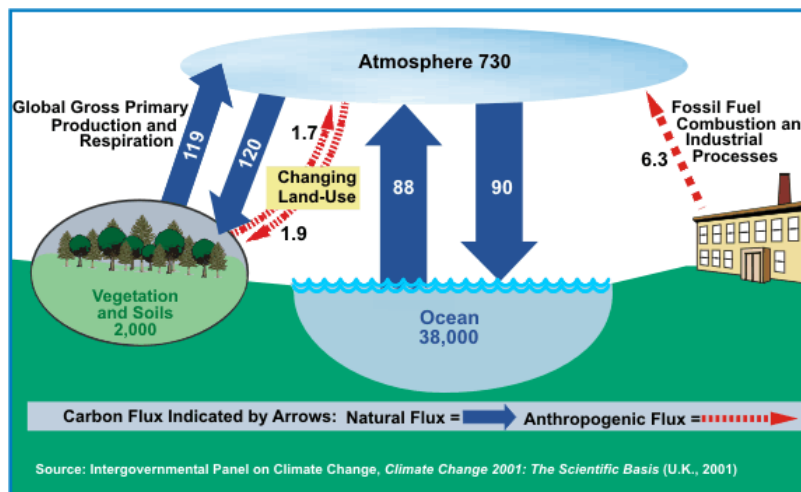


Figura 1 – Ciclo global do Carbono

O resultado desse acúmulo é uma maior retenção dos raios solares infiltrados, causando a elevação da temperatura terrestre e as conseqüentes mudanças climáticas que se percebe na atualidade, de forma cada vez mais intensa.

Ainda segundo o EIA (2007), o CO₂ corresponde a 84% dos gases de efeito estufa provenientes das atividades humanas, sendo que 82% dele é resultante da queima de combustíveis fósseis.

Considerando que o aumento da população e o surgimento de novas tecnologias continuam demandando energia de forma incremental, é imperativo a busca de soluções energéticas alternativas, mais sustentáveis. Neste contexto, a produção de biodiesel, que é um combustível oriundo de biomassa, tem por objetivo substituir o óleo diesel, é uma alternativa.

No Brasil, a produção de biodiesel, além de ser renovável, objetiva ser sustentável, tanto técnica, como economicamente, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda, segundo o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPUB) do Brasil.

Para alcançar a sustentabilidade na produção de biodiesel, Andrade et al. (2007) destacam que a produção deverá considerar aspectos específicos importantes, como o acompanhamento de toda a cadeia de produção (cultivo, processamento, uso / conversão e destinação dos resíduos), os limites da capacidade de regeneração dos recursos naturais (solo, água, etc.), de tal modo que a proporção de energia utilizada não seja superior a capacidade de renovação, e que também evite ocasionar outros conflitos, como, por exemplo, a produção de alimentos versus produção de energia.

Neste sentido, estudos conduzidos por Hill et al (2006), mostram que a produção de biocombustíveis necessita de energia para o desenvolvimento dos cultivos e para convertê-los em combustíveis. Esses autores determinaram o balanço energético líquido da produção de biocombustíveis a partir do milho (etanol) e da soja (biodiesel), e concluíram que: “Em 2005, nenhum biocombustível teve custos competitivos quando comparados aos dos combustíveis fósseis, dados os preços correntes e tecnologias” (HILL et al, 2006). Eles reforçam, entretanto, que “pelo fato de a energia oriunda de combustíveis fósseis gerar custos



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



ambientais não capturados em preços de mercado, os benefícios líquidos que os biocombustíveis fornecem à sociedade dependente não somente se eles possuem custos competitivos, mas também em seus custos e benefícios ambientais vis-a-vis com os combustíveis fósseis”. Assim sendo, argumentam que a falta de competitividade econômica é justificada pelos impactos sobre o ciclo de vida do ambiente, que são bem menores do que a utilização dos combustíveis fósseis.

Diversos autores (BENEDETTI SANTOS et al., 2006; ROSAKIS, 2001; SOURIE & ROZAKIS, 2005; BARD, 2000), mostram que a viabilidade econômica da produção do óleo biocombustível está diretamente relacionado com o preço do combustível fóssil.

Levando estes argumentos em consideração, busca-se investigar se a produção de biodiesel, a partir da cultura da soja, fomentará a sustentabilidade, quais os fatores que a afetam, os impactos e como isso ocorre, nas dimensões sociais, ecológicas e econômicas.

O artigo está organizado da seguinte forma: na seção 1 foi apresentada a introdução; na seção 2 é realizada uma breve revisão teórica, que objetiva subsidiar o entendimento sobre sustentabilidade e sobre o surgimento e produção do biodiesel no Brasil; na seção 3 é apresentado o método utilizado; Na seção 4 são apresentados e discutidos os resultados encontrados; a seção 5 analisa os fatores nas três dimensões do estudo; na seção 6 são feitas as considerações finais; e por fim são apresentadas as referências consultadas.

2. REVISÃO TEÓRICA

Nessa seção apresenta-se uma breve revisão teórica sobre sustentabilidade e sobre o surgimento e produção de biodiesel no Brasil.

2.1 Sustentabilidade

Muitas estratégias têm sido propostas em busca do desenvolvimento sustentável. A grande maioria delas, segundo Graaf et al. (1996), apontam para um tipo de problema – prevenção da deterioração ambiental – ignorando a importância dos objetivos sociais e econômicos

Perguntando “o que é sustentável?”, Veiga (2005)ⁱ mostra a resposta à esta indagação em três padrões básicos : os otimistas, os fatalistas (ou céticos), e o *caminho do meio*. Os dois primeiros, segundo o autor, por sua posição extremista criam um impasse e um anátema no âmbito da retórica científica. Os que estão no terceiro padrão, por enquanto, fazem parte da retórica político ideológica. A seguir, descrevem-se esses padrões:

2.1.1 Os otimistas (fábula panglossiana)

Nesse extremo estão os economistas que “usam toda sua energia para continuar a crer naquilo que foram treinados a acreditar” (VEIGA, 2005). Estes, dão preferência ao otimismo teórico de Robert Solow (1971), segundo o qual a natureza jamais se constituirá em um sério obstáculo a expansão: “Qualquer elemento da biosfera que se mostrar limitante ao processo produtivo, cedo ou tarde, acabará substituído, (...). Isto porque o progresso científico e tecnológico sempre conseguirá introduzir as necessárias alterações que substituam a eventual escassez (...). Em vez de restrições às possibilidades de expansão da economia, os recursos naturais podem no máximo criar obstáculos relativos e passageiros, já que serão indefinidamente superados por invenções” (Solow, 1971)



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



Assim este autor, e seus seguidores, acreditam que as inovações tecnológicas acabarão por superar qualquer impasse que venha a colocar em xeque a continuidade do crescimento econômico.

Exemplificando, Grossman & Krueger (1995), examinaram a relação entre o comportamento da renda *per capita* e quatro indicadores ambientais: poluição atmosférica urbana, oxigenação de bacias hidrográficas, e duas de suas contaminações (fecal e por metais pesados). Concluíram que as fases de desgraça e recuperação ambiental estariam separadas por um ponto de mutação que se situaria em torno de 8 mil dólares de renda *per capita*.

Entretanto, Veiga (2005) chama a atenção para diversos bons indicadores que revelam tragédias ambientais de países ricos.

2.1.2 Os fatalistas (*fatalidade entrópica*)

Noutro extremo, tomando como base o alerta de Georgescu-Roegen (1971), relativo ao “inexorável aumento da entropia”, baseado na segunda lei da termodinâmica, segundo a qual “para poder manter seu próprio equilíbrio, a humanidade tira da natureza elementos de baixa entropia que permitem compensar a alta entropia que causam”. Para este autor, “em algum momento do futuro, a humanidade deverá apoiar a continuidade de desenvolvimento na retração, isto é com o decréscimo do produto”. O oposto do sucedido nos últimos dez mil anos.

Para essa corrente cética, cujo principal expoente é Daly (2002), “só haverá alternativa à decadência ecológica na chamada ‘condição estacionária’ – que não corresponde, como muitos pensam, a crescimento zero”. Exemplificando pedagogicamente seu raciocínio, este autor utiliza uma biblioteca repleta de livros: “a melhor solução é estabelecer o princípio de que um novo livro só poderá entrar no acervo quando outro for retirado, em uma troca que só se aceita se o novo livro fosse melhor que o substituído”.

2.1.3 Caminho do meio

Seja qual for o futuro desta polêmica, está claro que a conciliação entre crescimento econômico e conservação da natureza não é algo que se possa resolver no curto prazo, e muito menos de forma isolada, em certas atividades ou lugares específicos.

O Relatório Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987), caracterizou o desenvolvimento sustentável como um “processo político” e um “conceito amplo para o progresso econômico e social”. A tentativa do mesmo era um intenso processo de legitimação e institucionalização normativa do conceito.

Para que se use o adjetivo sustentável, é fundamental que seus usuários rompam com a ingenuidade e se informem sobre as respostas disponíveis à pergunta “o que é sustentabilidade?”.

Veiga (2005), mostra que ao mesmo tempo que nenhum dos dois extremos é possível, cada um deles merece uma reflexão. E o faz de uma maneira elegante. Ele mostra que o ultra-otimismo que está na base do raciocínio de Solow (1971) e seus seguidores não decorre, necessariamente de um desprezo pelas gerações futuras. A capacidade produtiva se dará pela ilimitada substituição dos recursos não renováveis. Isto exigiria importantes mudanças na maneira de medir o desempenho da economia. Os seguidores de Solow enxergam a sustentabilidade como “capital total constante”, batizada de “sustentabilidade fraca”. Nobre & Amazonas (2002) mostram que essa “é uma visão de desenvolvimento que acaba sendo absorvida e reduzida a crescimento econômico”.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



Os economistas neoclássicos que não concordam com Solow (menos otimista sobre as possibilidades de troca-troca) propõe a “sustentabilidade forte”. Tendo David William Pearce como líder intelectual, entendem “que o critério de justiça inter-gerações não deve ser a manutenção do capital total, mas sim de sua parte não reprodutível, que chamam de ‘capital natural’” (PEARCE & TURNER, 1990). E, por entender que grande parte desse “capital natural” é exaurível, propõem que os danos ambientais sejam de alguma forma compensáveis.

Numa ampla discussão, Veiga (2005) mostra os diversos mecanismos institucionais e de mercado que poderiam atender à essas compensações, mostrando que ao fim de muita discussão com ecologistas, concordou-se em que esses “direitos de poluir” são, afinal, menos traumáticos que se revelaram a princípio, uma vez que a solução para o problema ambiental é global e perpassa localidades. Assim, aqueles que não conseguem deixar de poluir pagam o preço compensatório àqueles que o podem fazer. Estes últimos, por sua vez, são estimulados a continuar diminuindo sua poluição, uma vez que se creditam disto.

2.1.4 A guisa de finalização dos padrões

O destino da humanidade está virtualmente ligado a todos os aspectos do futuro do homem e, por isso mesmo, exige mais do que nunca de uma agenda de pesquisas científicas, que conclame a pensar sobre os cenários evolutivos que conduzam da situação presente para um mundo “quase sustentável no século XXI”, segundo Murray Gell-Mann (1996). Este autor mostra que o termo sustentabilidade, no seu sentido literal é inadequado, uma vez que a ausência completa de vida na Terra pode ser sustentada por milhões de anos, mas não é isso que se quer dizer. Ele quer mostrar que o conceito que se procura abarca “um tantinho de deseabilidade junto com a sustentabilidade”. E surpreendentemente, diz ele, há certo consenso sobre o que seja desejável.

Para Gell-Mann (1996) o principal desafio da humanidade é realizar um conjunto de sete “transições interligadas para uma situação mais sustentável no século XXI”, a saber:

- I) Estabilizar a população, globalmente e na maioria das regiões;
- II) práticas econômicas que encorajem a cobrança de custos reais, crescimento em qualidade em vez de quantidade, e a vida a partir dos dividendos da natureza e não do capital;
- III) uso de tecnologia que tenha comparativamente um baixo impacto ambiental;
- IV) riqueza equitativamente distribuída;
- V) instituições globais e transnacionais mais fortes para lidar com os problemas globais urgentes;
- VI) públicos mais bem informados sobre os desafios múltiplos e interligados do futuro;
- VII) predomínio de atitudes que favoreçam a unidade na diversidade, isto é, cooperação e competição não violenta entre tradições culturais diferentes e nações-Estados, assim como a coexistência com os organismos que compartilham a biosfera com os seres humanos.

Finalmente, Veiga (2005) cita Ignacy Sachs como o autor que melhor soube evitar simultaneamente o ambientalismo pueril, que pouco se preocupa com pobreza e desigualdades, e o desenvolvimento anacrônico, que pouco se preocupa com as gerações futuras. Sachs (apud VEIGA, 2005) considera que a abordagem fundamentada na



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



harmonização de objetivos sociais, ambientais e econômicos não se alterou substancialmente nos vinte anos que se seguiram as conferências de Estocolmo e do Rio. E, acredita que permanece válida, na recomendação de objetivos específicos para oito de suas dimensões: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional.

No que se refere às dimensões ecológicas e ambientais, os objetivos de sustentabilidade formam um verdadeiro tripé:

- I) preservação do potencial da natureza para a produção de recursos renováveis;
- II) limitação do uso de recursos disponíveis;
- III) respeito e realce para a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.

A sustentabilidade ambiental é baseada no duplo imperativo ético de solidariedade sincrônica com a geração atual e de solidariedade diacrônica com as gerações futuras. Ela compele a trabalhar com escalas múltiplas de tempo e espaço, o que desarruma a caixa de ferramentas do economista tradicional.

2.2 Desenvolvimento Rural Sustentável

A noção de desenvolvimento rural sustentável tem como premissas fundamentais o reconhecimento da insustentabilidade ou inadequação econômica, social e ambiental do padrão de desenvolvimento das sociedades contemporâneas, segundo Schmitt (apud Almeida 1997). Esta noção nasce da finitude dos recursos naturais e das injustiças sociais provocadas pelo modelo de desenvolvimento vigente na maioria dos países.

No relatório Brundtland, também conhecido como “Nosso Futuro Comum”, a idéia de desenvolvimento aparece como *aquele capaz de garantir as necessidades das gerações futuras*:

O atendimento básico das necessidades básicas requer não só uma nova era de crescimento econômico para as nações cuja a maioria da população é pobre, como a garantia de que esses pobres receberão uma parcela justa dos recursos necessários para manter esse crescimento (...). Para que haja um desenvolvimento global sustentável é necessário que os mais ricos adotem estilos de vida compatíveis com os recursos ecológicos do planeta, quanto ao consumo de energia, por exemplo (...). O desenvolvimento sustentável não é um estado de harmonia, mas um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987).

Este conceito busca a integração sistêmica entre os diferentes níveis da vida social, ou seja, entre a exploração dos recursos naturais, o desenvolvimento tecnológico e a mudança social, e essas idéias influenciaram o conceito de agroecossistema sustentável. Os agroecossistemas se tornam insustentáveis quando, segundo Altieri (apud ALMEIDA, 1997), ocorre a redução: a) da capacidade homeostática, tanto nos mecanismos de controle de pragas como nos processos de reciclagem de nutrientes; b) da capacidade “evolutiva” do sistema, em função da erosão ou da homogeneização genética provocada pelas monoculturas; c) da disponibilidade e qualidade de recursos que atendam as necessidades básicas (acesso à terra, água, etc.); e d) da capacidade de utilização adequada dos recursos disponíveis,



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



principalmente devido ao emprego de tecnologias impróprias. Dessa forma, esse conceito incorpora as preocupações de integrar a produtividade dos sistemas agrícolas a aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Hoje, mesmo os organismos governamentais, como a EMBRAPA, reconhecem a agricultura sustentável e propõem algumas iniciativas. A agricultura sustentável exige o uso de tecnologias adequadas às condições do ambiente regional e local, e da previsão e prevenção dos impactos negativos, sejam eles sociais, econômicos e ambientais para que os agroecossistemas sejam produtivos e rentáveis ao longo do tempo.

2.3 Biodiesel no Brasil

No Brasil os estudos sobre essas novas alternativas de combustível tiveram início na década de 70, na Universidade Federal do Ceará (UFC), a qual desenvolveu as primeiras experiências. Porém, o projeto fracassou devido ao alto custo de produção do óleo vegetal. Nos anos 80 retomaram-se as pesquisas, e a UFC registrou a patente como a primeira no mundo. No entanto isso não foi o suficiente e mais uma vez o projeto fracassou, agora por falta de vontade política. No ano de 2002, o tema voltou a ser pauta da agenda do governo, quando então lançou o PNPU. Com parcerias ministeriais e centros de pesquisa, vem, a cada dia, aperfeiçoando as tecnologias existentes e com excelentes resultados (PARENTE, 2003).

O biodiesel é um produto biodegradável e oriundo de fontes renováveis, e pode ser obtido através de diferentes processos, entre eles: craqueamento (decomposição térmica sobre pressão), esterificação (produção de ésteres) e pela transesterificação (reação química de um óleo vegetal ou gordura animal com um álcool (etanol ou metanol). Também pode ser extraído de gorduras animais ou de óleos vegetais. Existem dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras.

De acordo com a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, publicada no Diário Oficial da União de 14 de janeiro de 2005, que dispõe sobre a introdução de biodiesel na matriz energética brasileira, em seu artigo 4º, inciso XXV, biodiesel é um “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” (BRASIL, 2005).

O biodiesel possui características que permitem substituir parcial ou totalmente óleo diesel e derivados do petróleo em motores ciclodiesel automotivos – de caminhões, tratores, camionetas, automóveis, entre outros – ou estacionários – geradores de eletricidade, calor, entre outros.

Ainda conforme prevê a mencionada Lei, ele pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções, ou seja, a mistura de 2% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B2, sendo que sua comercialização foi opcional até 2007, e obrigatória a partir de 2008. Essa legislação gera uma demanda de mercado de 800 milhões de litros/ano possibilitando uma economia de até US\$ 160 milhões/ ano com redução das importações de petróleo (REDE BAIANA DE BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007). O B5 passará a ser opcional até 2012 e obrigatório a partir de 2013. A utilização de B10, B20 ou mais, dependerão do funcionamento do mercado. Segundo a indústria automobilística, o uso de B2 e B5 poderá ser feita sem necessidade de ajuste nos motores (PNPUB, 2007).



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



O Brasil possui uma das maiores áreas agricultável do mundo, com capacidade e disponibilidade de expandir fortemente o cultivo de grãos e oleaginosas, para que a oferta possa atender simultaneamente à crescente demanda nas áreas de alimentos e biocombustíveis. Ou, no dizer **de Belda e Silva (2007, pág.)**

A grande representatividade e o potencial do agronegócio brasileiro, unindo-se à capacidade das instituições e à criatividade de seus pesquisadores, tem criado novas possibilidades de investimento em pesquisa e desenvolvimento, inclusive abrangendo empresas estrangeiras, atraídas pela posição estratégica que o país crescentemente vem ocupando a partir da valorização dos biocombustíveis.

3 METODOLOGIA

A pesquisa realizada é um estudo de natureza exploratória. Segundo Malhotra (2001) a pesquisa exploratória é “um tipo de pesquisa que tem como principal objetivo o fornecimento de critérios sobre a situação problema enfrentada pelo pesquisador e sua compreensão”.

Ela pode ser usada quando o pesquisador deseja: formular um problema ou defini-lo com maior precisão, identificar cursos alternativos, desenvolver hipóteses, isolar variáveis e relações para exame posterior, obter critérios para desenvolver uma abordagem posterior e estabelecer prioridades (MALHOTRA, 2001).

A obtenção de dados, para confecção do presente trabalho, teve início em uma “visita técnica” realizada à empresa BSBIOS – Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A, localizada em Passo Fundo (RS), na qual foram colhidos, entre outros, dados técnicos e mercadológicos sobre a produção de biodiesel.

Na seqüência, dados secundários, foram obtidos a partir de levantamentos bibliográficos e portais da internet.

Especiais referências foram os bancos de dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO STAT)*, da *Energy Information Administration (EIA)*, e da *Organisation for Economic Co-Operation and Development (OCDE)*. Eles serviram de base para análise sobre a segurança alimentar e disponibilidade de terras para sustentar a demanda prevista de soja para a produção de biocombustível, bem como inferir sobre o consumo estimado de combustível. Também foram utilizadas as bases de dados do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), para estimar a evolução da produtividade da cultura da soja.

Os resultados apresentam e discutem os achados encontrados na revisão teórica complementar, e que impactam sobre a sustentabilidade. Na seção seguinte é feita a análise destes achados nas dimensões sociais, econômicas, e globais.

4. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e descritos os fatores encontrados na coleta de dados secundários, que impactam positiva e negativamente na sustentabilidade. Os tópicos encontrados foram classificados como impactos na sustentabilidade “ambiental, social, econômica”.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



4.1 Fatores que impactam na sustentabilidade ambiental

Para a análise da sustentabilidade ambiental foram relacionados os seguintes fatores: - plantio direto da soja e alguns de seus benefícios como o seqüestro de carbono e a melhoria na qualidade física, química e biológica do solo; - a redução da emissão de gases poluentes nos centros urbanos e gases causadores do efeito estufa; - balanço energético positivo; - redução da biodiversidade; - contaminação do lençol freático pelo uso intensivo de herbicidas e fertilizantes; - insustentabilidade no fornecimento de fertilizantes. Esses fatores estão descritos a seguir.

4.1.1 Plantio direto da soja

Um dos fatores que contribuem para a sustentabilidade é a prática do plantio direto. O plantio direto é um sistema de manejo do solo que consiste na semeadura em solo não revolvido sendo que a palha e os restos vegetais são deixados na superfície do solo. Hoje esse sistema representa 80% da área cultivada no Brasil (SILVA, 2007). Foi identificado que o sistema de plantio direto pode contribuir para a sustentabilidade ambiental nos seguintes aspectos:

a) **Seqüestro de carbono:** Milne et al. (2007) destacam que os solos podem armazenar duas vezes mais carbono que a atmosfera e três vezes mais que a vegetação terrestre. Eles evidenciam que o manejo apropriado do solo incrementa os níveis de carbono orgânico do solo, através de práticas como o plantio direto. Esta prática pode contribuir para estabilizar a concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera em um nível que limita os impactos sobre o clima da terra;

b) **Melhora na qualidade física, química e biológica do solo:** o plantio direto pode contribuir para a sustentabilidade ambiental reduzindo a erosão, através da melhoria das condições físicas, de fertilidade, aumento o teor de matéria orgânica, nutrientes e água armazenada no solo (INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, 2007).

4.1.2. Emissão de Gases

Foram identificados dois fatores associados a emissão de gases.

a) **Menor poluição nos centros urbanos:** Wehrmann, Vianna, Duarte (2006) destacam que a utilização de óleo diesel pelo setor automotivo é responsável por 70% da emissão de poluentes nos centros urbanos, em média. Esses autores destacam também que além da emissão de gases, a combustão do diesel emite 40 espécies de particulados tóxicos que são absorvidos pelo sangue, com efeitos negativos sobre a saúde humana. Eles, também, enfatizam que para resolver problemas operacionais do motor a diesel é necessário um certo percentual de enxofre no combustível que é lançado na atmosfera na forma de SO_x (óxidos de enxofre) que provocam fibrose pulmonar e chuva ácida, o que não acontece com o biodiesel;

b) **Menor emissão de gases do efeito estufa:** Hill et al. (2006) estudaram os custos energéticos, econômicos e ambientais do biodiesel. Uma de suas conclusões foi que o biodiesel emite 59% do equivalente dos gases do efeito estufa emitidos pelo diesel.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



4.1.3 Balanço Energético Positivo

No mesmo estudo realizado para determinar custos energéticos, econômicos e ambientais do biodiesel, Hill et al. (2006) concluíram que o biodiesel produz 93% a mais de energia utilizável do que energia necessária para sua produção.

4.1.4 Redução da biodiversidade

Wehrmann, Vianna, Duarte (2006) destacam que não se pode ignorar os impactos ambientais causados por uma monocultura como, por exemplo, a soja, independente do perfil social que esse cultivo apresente; Para eles a monocultura significa remoção de vegetação nativa em grandes áreas, com subsequente perda de biodiversidade.

4.1.5 Contaminação do lençol freático pelo uso intensivo de herbicidas e fertilizantes

Hill et al.(2006) verificaram que a produção de soja gera impactos ambientais negativos pela utilização de produtos químicos, especialmente o nitrogênio, fósforo e pesticidas, que são levados das fazendas para outros habitats e aquíferos. O nitrogênio e o fósforo são transportados através da lixiviação e erosão (superficial e sub-superficial) para as partes aquáticas, causando eutrofização. Essa constatação é corroborada por Wehrmann , Vianna, Duarte (2006), os quais enfatizam que a monocultura, como por exemplo a soja, necessita de constantes aplicações de produtos químicos, que podem contaminar solo e água.

4.1.6 Insustentabilidade do fornecimento de fertilizantes

A produção nacional de matérias-primas e de produtos intermediários para fertilizantes é acentuadamente insuficiente para atender as necessidades do Brasil, que ocupa a 4ª posição no consumo mundial destes insumos, segundo Lapiro-Loureiro & Nascimento (2003). Estes autores afirmam que o Brasil importa 86,5% de potássio e possui apenas uma mina de exploração em atividade, localizada em Taquari - Vassouras (SE). Há no país outros depósitos de potássio, mas, até o momento, faltam estudos que apresentem a viabilidade técnico-econômica para exploração dessas minas.

Em relação aos fertilizantes fosfatados, no Brasil, estes podem ser obtidos de jazidas localizadas, principalmente em Patos de Minas (MG), onde se localizam as maiores reservas de fosfato do país. Esta jazida é considerada sub-aproveitada por falta de investimentos e tecnologias que facilitem a extração do fosfato. Outros depósitos são encontrados no país, porém, até o momento, não são viáveis de serem explorados (LAPIDO-LOUREIRO & NASCIMENTO, 2003).

O fósforo é um mineral finito e difícil substituição, “cuja reservas conhecidas e de exploração economicamente viável podem se esgotar em prazo de sessenta a cem anos, se for mantido o ritmo atual de crescimento do seu consumo mundial” (OSAVA, 2007). Este autor argumenta que outros minerais, como nitrogênio, potássio, cobalto, magnésio e molibdênio, também são indispensáveis, mas têm fontes menos limitadas e são de baixo consumo, exceto os dois primeiros.

4.2 Fatores que impactam na sustentabilidade social

Dois fatores foram relacionados nesta seção: o *trade off* entre segurança alimentar e disponibilidade de terra, e geração de empregos.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



4.2.1 Segurança Alimentar e disponibilidade de terra

Hill et al. (2006) destacam que os biocombustíveis para se tornarem viáveis, devem fornecer benefícios ambientais, ser economicamente competitivo, ser produzidos em larga escala sem comprometer a produção de alimentos. Nesse sentido, avalia-se a disponibilidade de terras para a produção de biodiesel no Brasil, considerando as tendências de produção de soja para alimentos.

Para realizar as análises, neste estudo, utilizaram-se dados da base FAOSTAT e OECD (2007). Foram utilizadas as variáveis referentes a: - consumo de diesel por ano; - produção de soja no Brasil, por ano; - rendimento de soja no Brasil, por ano. Buscou-se criar três cenários de análise para estimar o aumento do consumo de biodiesel, previsto na legislação para os anos de 2008, 2013 e 2018.

Primeiramente foi realizado uma análise de regressão, do período de 1971 a 2005 (Gráfico 1), que permitiu estimar o consumo de diesel para os anos projetados.

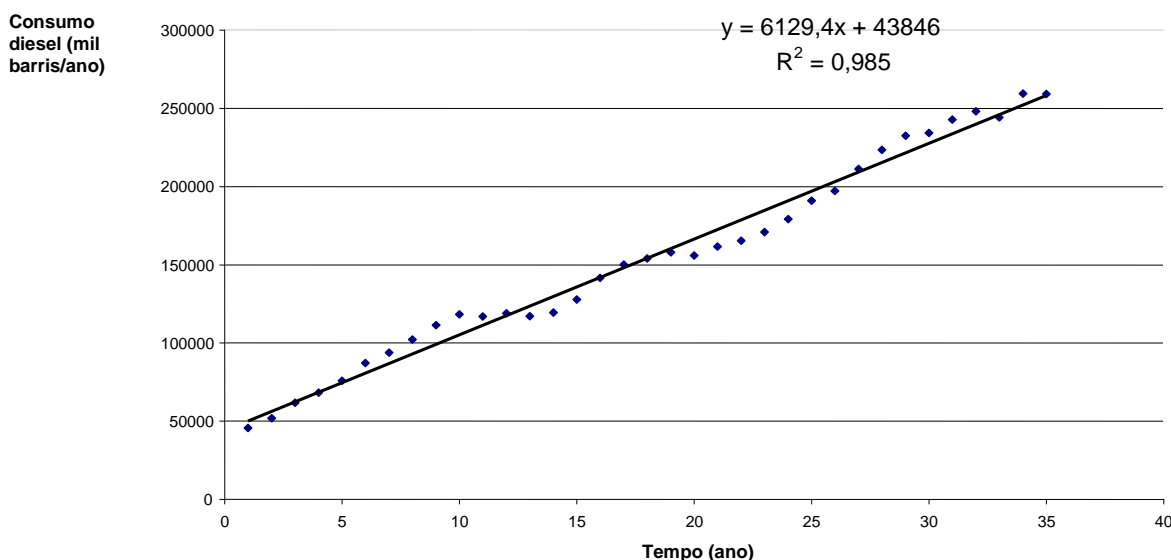


Gráfico 1 – Regressão do consumo de diesel em função do tempo

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados da OCDE (2007)

A partir da equação de regressão, foram obtidos as quantidades de biodiesel que irão substituir percentuais do diesel nos anos estipulados pela legislação (ver Tabela 1).

Posteriormente, estimou-se a quantidade necessária de soja para a produção da quantidade estimada de combustível, a partir da relação na qual 18kg de soja gera 1 litro de biodiesel (BSBIOS,2007), e segundo as expectativas do PNPUB (2007).

Com dados do IPEA (2007), referentes ao período de 1961 a 2004, realizou-se uma análise de regressão que permitiu estimar a tendência da produtividade da soja.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural

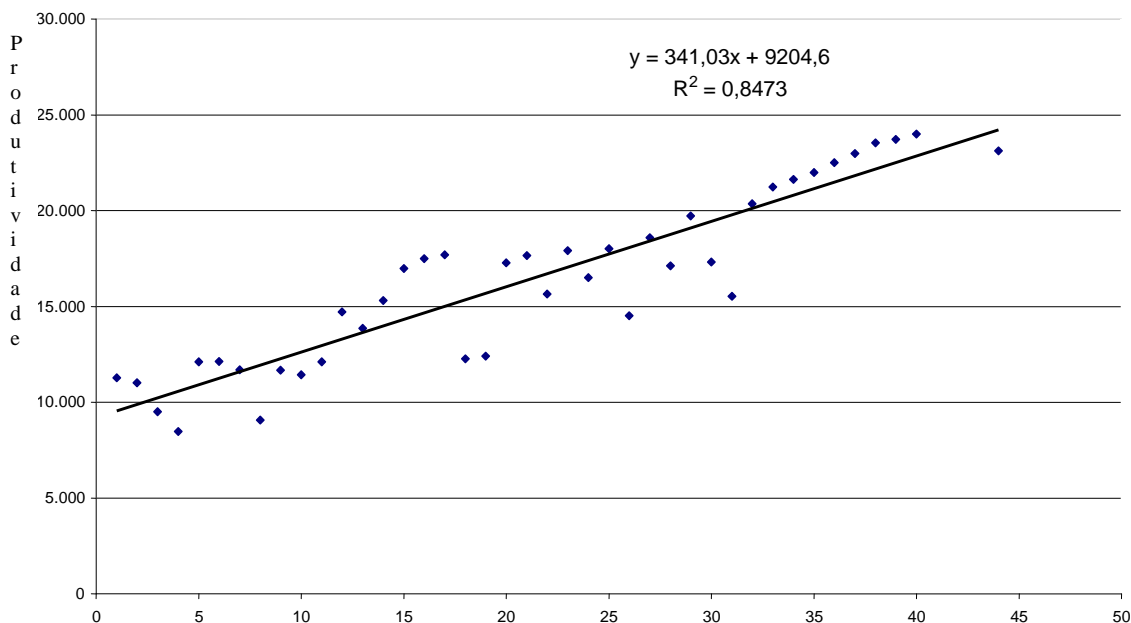


Gráfico 2 – Regressão da produtividade da soja em função do tempo

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados do IPEA (2007)

A partir destes dados, foi possível calcular a área necessária para atender esta exigência da legislação. Os resultados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1: Estimativas para os anos de vigência da Legislação em relação ao Biodiesel

Ano	Diesel (barris/ano)	Biodiesel I (%)	Biodiesel (barris/ano)	Biodiesel (l/ano)	Necessidade de Soja (t)	Produtividade (kg/ha)	Área (ha)
2008	276.763.200	2%	5.535.264	880.106.976	15.841.926	26	619.453
2013	307.410.200	5%	15.370.510	2.443.911.09	43.990.400	27	9
				5.375.109.48			3.338.07
2018	338.057.200	10%	33.805.720	0	96.751.971	29	7

Fonte: Cálculo dos autores, a partir de dados da OCDE, PNPUB, IPEA, FAOSTAT

O Brasil dispõe de 90.000.000 ha de terras férteis e disponíveis para ampliar sua área de produção de grãos, segundo Rocha (2007). Comparando esse dado e considerando-se os resultados obtidos, pode-se concluir que em nenhuma das projeções de consumo de biodiesel para o uso nacional implicará na utilização total destas terras disponíveis no Brasil. Isso demonstra a possibilidade de ampliação da produção, sem afetar a produção de alimentos, além da possibilidade de produção de excedentes para exportação.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



4.2.2 Geração de Empregos

Na visão do PNPUB (2007), a utilização do biodiesel maiores impulsos na geração de empregos no campo e um crescimento da renda dos pequenos agricultores, reduzindo a exclusão social e evitando o êxodo rural.

Analisando a geração de empregos, Wehrmann, Vianna, Duarte (2006), compararam a opção da cultura da soja, com outras oleaginosas, para produção de biocombustíveis. Eles concluíram que a geração de empregos na opção por biodiesel de soja, pode ser menos apropriada, sobretudo quando comparada com a mamona. Segundo estes autores uma usina de beneficiamento de soja, com capacidade de esmagamento de 2,5 t/dia, que pode empregar 40 pessoas e considerando um acréscimo de 2.500.000 t/ano, geraria em torno de 11.000 empregos. Com a produção de biodiesel de mamona, que tem como meta prevista pelo Governo Federal para 2010, assentar 153 mil famílias, pode gerar 1.350.000 empregos em toda a cadeia produtiva do biodiesel.

Dessa forma estes autores, inferiram que o biodiesel de soja tem sustentabilidade estratégica duvidosa, visto que sua produção tende a ficar com grandes grupos econômicos internacionais.

De outro lado há que se considerar a legislação nacional, que obriga que 30% da soja, destinada à produção de biocombustível comercializável, provenha de pequenos agricultores rurais. Pondera-se, ainda, sobre as questões edafoclimáticas da região produtora, onde, em certos casos a produção de soja possa ser a alternativa mais interessante.

4.3 Fatores que impactam a sustentabilidade econômica

Quatro fatores foram relacionados nesta seção: redução das importações de diesel de petróleo; utilização dos co-produtos; otimização da capacidade ociosa e; exportação.

4.3.1 Redução das importações de diesel de petróleo

A produção de biodiesel o Brasil pode diminuir as importações de petróleo e óleo diesel obtendo uma economia de divisas, e buscando uma vantagem estratégica ao reduzir a dependência das importações de petróleo, segundo o PNPUB (2007). Isso contribuirá positivamente na balança comercial brasileira.

4.3.2 Utilização dos co-produtos

No processo de produção do biodiesel, oriundo do óleo da soja, obtém-se subprodutos advindos da transesterificação. Este processo químico é a reação do óleo vegetal com um produto intermediário ativo, resultante da reação do álcool (metanol ou etanol) com uma base. A proporção destes componentes é de aproximadamente: 87% de óleo vegetal, 12% de álcool e 1% de uma base catalisadora. Os produtos resultantes são o biodiesel (86%), glicerina (9%) e uma mistura de álcool (5%) reprocessável.

A glicerina tem várias aplicações industriais, mas existe um equilíbrio entre sua produção clássica e a demanda. Não foram encontrados estudos que analisem o impacto de uma superprodução ou aplicação deste sub-produto.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



4.3.3 Otimização da capacidade instalada das unidades de esmagamento atuais

Wehrmann, Vianna, Duarte (2006) mostraram que a produção de biodiesel a partir da soja pode ser uma estratégia de aproveitamento de parte da capacidade nominal de esmagamento instalada no país, a qual se encontra com mais de 40% de ociosidade. Isso sugere que seria interessante instalar as plantas de transesterificação junto às unidades de esmagamento. Segundo os autores, isto significaria que não haveria uma alteração na atual distribuição do controle desse segmento agro-industrial, no qual quatro grupos econômicos controlam 50% do mercado. Estes autores concluem que, no caso de produção do biodiesel, esta tendência deve permanecer, uma vez que é no segmento de produção de óleo que repousa as melhores oportunidades de melhoria futura da competitividade do complexo soja.

4.3.4 Exportação

A exportação pode ser uma oportunidade. Segundo o PNPUB (2007), este combustível atualmente é utilizado nos Estados Unidos e em países da União Européia. A Alemanha responde por mais da metade da produção européia deste tipo de combustíveis e já possui, em seu território, inúmeros postos de combustíveis que vendem o biodiesel puro (B100), com aval dos fabricantes de veículos. O total produzido na Europa já ultrapassou a marca de 1 bilhão de litros por ano, o que indica um crescimento anual de 30%, entre 1998 e 2002. A União Européia definiu como meta que, até 2005, 2% dos combustíveis consumidos, nos países membros, deveriam ser renováveis e que, até 2010 (de acordo com a “diretiva 30” do Parlamento Europeu), este percentual deve ser elevado para 5,75%. Porém, é importante salientar que esse continente tem restrições no que se refere a área de cultivo disponível para oleaginosas e a capacidade industrial, o que abre importantes oportunidades ao Brasil para exportar seu combustível.

5. ANÁLISE DOS FATORES QUE IMPACTAM NA SUSTENTABILIDADE

Nessa seção são analisados como impactam os fatores identificados na sustentabilidade.

5.1 Análise dos fatores ambientais

Considerando a orientação da produção de soja para atender a produção de biodiesel, e considerando que essa produção ocorra através do sistema de plantio direto, pode-se dizer que esses fatores contribuem para a sustentabilidade ambiental, incremento no sequestro de carbono, melhora da qualidade física, química e biológica do solo.

Independentemente do sistema de cultivo, o uso de biodiesel pode contribuir para diminuir poluição, principalmente nos centros urbanos, através da menor emissão de gases do efeito estufa. Contribui, pois, com fatores positivos para o balanço energético.

De outro lado, a cultura da soja, como toda monocultura, pode contribuir para a redução da biodiversidade, principalmente em áreas com vegetação nativa. A contaminação do lençol freático pelo uso de herbicidas e fertilizantes e a insustentabilidade no fornecimento de fertilizantes são fatores que contribuem negativamente.

Entretanto, esses últimos fatores devem ser ponderados comparativamente ao uso de combustível fóssil. A busca da sustentabilidade implica sempre em superar as práticas que prejudiquem o ambiente.



SOBER

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,
Administração e Sociologia Rural



5.2 Análise dos fatores sociais

Considerando as projeções realizadas sobre a disponibilidade da terra, que previu o crescimento contínuo da área de soja através de dados históricos, mais o incremento da produção de soja para biodiesel, constatou-se que as metas projetadas para substituição do biodiesel em 10% do diesel para uso apenas no mercado brasileiro, significará a utilização de 3,70% das terras divulgadas como disponíveis. Esse percentual dá uma boa margem de segurança para garantir futuras ampliações da produção de alimentos e também do programa de biodiesel.

A geração de empregos pode ter maior ou menor impacto. A soja demanda um sistema altamente mecanizado, o que implica em menor utilização de mão-de-obra humana, comparativamente ao biodiesel produzido através de mamona. Considerando que o biodiesel necessitará de grandes volumes, a mecanização é um aspecto importante para viabilização dos custos de produção em grandes áreas. Dessa forma, viabilizar os custos e garantir empregos parecem dois atributos que deverão conviver conjuntamente nesse programa. Um não poderá excluir o outro.

5.3 Análise dos fatores econômicos

A análise dos fatores econômicos mostra que a produção de biodiesel pode contribuir positivamente para a sustentabilidade econômica brasileira através da redução da dependência de diesel, utilização dos sub-produtos para incremento dos negócios, possibilidades de exportação, otimização da capacidade ociosa das empresas esmagadoras. Esta viabilidade está relacionada, além do preço do petróleo, à decisão política dos estados-nações de utilizarem tecnologias mais limpas. No longo prazo, considerando-se que os custos ambientais passarão à serem mensurados, a viabilidade econômica será inegável.

5.4 Análise da sustentabilidade global

A análise das três dimensões (econômica, social e ambiental), demonstra que há fatores que contribuem e fatores que não contribuem para a sustentabilidade. Isso demonstra que não há “sustentabilidade plena”. Verifica-se que a produção de biodiesel se aproximará mais da sustentabilidade através do aprimoramento e balanceamento das ações em cada um dos estrangulamentos, e em cada um das dimensões analisadas. Entretanto, conseguindo a harmonização dos objetivos sociais, econômicos e ambientais pode-se concluir pela “sustentabilidade”, ainda que melhorias sejam necessárias ao processo

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou identificar e analisar os fatores que impactam na sustentabilidade da produção de biodiesel, a partir da matéria-prima soja, através de um estudo exploratório subsidiado por dados secundários. Para isso foi realizada uma breve revisão sobre desenvolvimento rural sustentável e a produção de biodiesel no Brasil.

Os resultados demonstraram que há fatores contribuindo e fatores que não contribuem para a sustentabilidade em cada uma das dimensões estudadas, o que implica na necessidade de aprimoramento de ações em cada um dos estrangulamentos identificados.



Considerando-se, entretanto, que a sustentabilidade é baseada no duplo imperativo ético de solidariedade sincrônica com a geração atual e de solidariedade diacrônica com as gerações futuras, entende-se que a produção de biodiesel a partir da cultura da soja demanda pesquisas mais aprofundadas e sistêmicas para aprimorar o processo.

Por fim, é importante ressaltar que este estudo não buscou ser exaustivo. Trata-se de uma primeira aproximação na busca dos fatores que interferem na sustentabilidade da produção de biodiesel a partir da soja.

Referências

ALMEIDA, J. Da ideologia do progresso à idéia de desenvolvimento (rural) sustentável. In: ALMEIDA, Jalcione & NAVARRO, Zander (orgs.). **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1997. Pp. 33-55.

ANDRADE, et al. Produção de Biodiesel e Produção de Alimentos na Agricultura Familiar. In: **Anais do 4º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**. 2007, Varginha –MG.. Varginha: UFLA, 2007.p.1070-1081.

BARD, J.F. **A Bilevel Programming approach to determining tax credits for biofuel production**. Londres. Elseiver, 2000. European Journal of Operational Research.p.30-46. Acesso em 05 de ago. de 2005.

BELDA, Francisco Rolfsen e SILVA, Roberta Salgado. **Biocombustível e Inteligência para o Agronegócio**. Disponível em: < <http://www.ripa.com.br/index.php?id=1653>. Acesso em: 10/11/2007.

BENEDETTI SANTOS, O. I.; RATHMANN, R.; PADULA, A. D. Modelo para Avaliação dos Limites da Viabilidade do Biodiesel no Brasil. **ANAIS do XLIV Congresso da SOBER**. Fortaleza, 23 a 27 de Julho de 2006

BRASIL. Lei Federal nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Disponível em <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm> acesso em: 12 de novembro de 2007.

BSBIOS. Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A. “Visita técnica” realizada em setembro de 2007.

Energy Information Administration (EIA). Greenhouse Gases, Climate Change, and Energy: What Are Greenhouse Gases?. National Energy Information Center (NEIC): Washington, DC Disponível em <<http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/ggccebro/chapter1.html>> acesso em 27/11/2007 .



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO Statistic**. Disponível em < http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp > acesso em outubro de 2007

GRAAF H.J. de, MUSTERS C.J.M., KEURS W.J. ter. Sustainable development: looking for new strategies. **Ecological Economics** 16, p.205-216, 1996

DALY, H. E. **Sustainable Development: Definitions, Principles, Policies**. Washington, DC.: World Bank, 2002. Disponível em < <http://www.puaf.umd.edu/facstaff/faculty.html> > acesso em 18/12/2007.

GELL-MAN, M. “**What is Complexity?**”, Vol. 1, no. 1, 1996. Disponível em <<http://www.santafe.edu/sfi/People/mgm/complexity.doc> > acesso em 18/11/2007

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, (1971).

GROSSMAN, G.M.; KRUEGER, A.B., , Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics**. i.110, 1995, pp. 353–377

HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; TIFFANY, D. **Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America Volume: 103 Issue: 30 Pages: 11206-11210 Published: JUL 25 2006

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Plantio Direto Caminho para a Agricultura Sustentável**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/PlantioDireto/PlantioDireto.htm>> Acesso em: 10/11/2007.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Ipeadata**. Disponível em <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?65370046>> acesso em outubro de 2007

LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; NASCIMENTO, M. **Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, 2003.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001. 719 p.

MILNE, E. et al. National and sub-national assessments of soil organic carbon stocks and changes: The GEFSOC modelling system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.122, 3-12, 2007.



NOBRE, M.; AMAZONAS, M. **Desenvolvimento sustentável: a institucionalização de um conceito**. Brasília: Edições IBAMA, 2002.

OCDE - Organisation for Economic Co-Operation and Development. Disponível em <http://titania.sourceoecd.org/vl=2304924/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm> , acesso em outubro de 2007

OSAVA, MARIO. **Agricultura diante da grave escassez de fosfato**. Agrisoft Brasil. Disponível em www.agrosoft.org.br. Acesso em 28 outubro, 2007, 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. The Scientific Basis (U.K., 2001) disponível em <<http://www.eia.doe.gov/environment.html>> acesso em outubro de 2007

PARENTE, E. J. S.; Biodiesel: Uma Aventura Tecnológica num país Engraçado. Ceará: Fortaleza, 2003.

PEARCE, David W., & TURNER, R. Kerry. 1990. **Economics of Natural Resources and the Environment**. Herts, UK.: Harvester Wheatsheaf.

PNPUB-PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL. **O Programa**. Disponível em: < <http://www.biodiesel.gov.br/>. Acesso em: 10/11/2007.

REDE BAIANA DE BIOCOMBUSTÍVEIS. **O Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.rbb.ba.gov.br/>. Acesso em: 10/11/2007.

ROCHA, D. Agronegócios: Brasil na liderança mundial do agronegócio, 2007. Disponível em <http://www.zootecniabrasil.com.br/sistema/modules/wfsection/article.php?articleid=32> acesso em 11 de novembro de 2007.

SILVA, Gislene. **Plantio Direto Geração do futuro**. Revista Globo Rural. Disponível em: < http://globorural.globo.com/barra.asp?d=edic/183/rep_plantiodireto.htm >. Acesso em: 10/11/2007.

ROSAKIS, S. SOURIE, J.C. VANDERPOOTEN, D. **Integrated micro-economic modeling and multi-critéria methodology to support public decision-making: the case of liquid bio-fuels in France**. Londres, 2001. Elsevier, Biomass & Bioenergy, p. 385-398

SOURIE, J.C. ROSAKIS, S. **Micro-economic modeling of biofuel system in France to determine tax exemption policy under uncertainty**. Londres, 2005. Elsevier, Energy Policy, p. 171-182.

SOLOW, R. M. **Growth theory : an exposition**. New York : Oxford University Press, 1971. 109 p.



WEHRMANN, M. E. S. F.; VIANNA, J. N. S.; DUARTE, L. M. G. Biodiesel de soja: política energética, contribuição das oleaginosas e sustentabilidade. In: **Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade**, III., 2006, Brasília. Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/GT4.html. Acesso em 10/11/2007.

WORLD COMMISSION on Environment and Development. *Our common future*. Oxford: Oxford University Press, 1987.

VEIGA, E. **Desenvolvimento Sustentável: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond: 2005. Cap. 3, 109-172

ⁱ As seções 2.1.1 à 2.1.4 são baseadas em Veiga (2005)