

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
USP**

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**AVALIAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL E SEUS EFEITOS NA
PRODUÇÃO E MERCADO DE ALIMENTOS.**

**ESTUDO DE CASO: PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS
ENERGÉTICOS NA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE ARAÇATUBA**

Felipe Coelho Costa

São Paulo

2008

FELIPE COELHO COSTA

**AVALIAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL E SEUS EFEITOS NA
PRODUÇÃO E MERCADO DE ALIMENTOS.**

**ESTUDO DE CASO: PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS
ENERGÉTICOS NA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE ARAÇATUBA**

Trabalho de formatura apresentado na Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Edgar Morales
Udaeta

São Paulo

2008

RESUMO

O presente trabalho buscou abordar e avaliar a cadeia produtiva do biodiesel como um todo, como orienta o Planejamento Integrado de Recursos (PIR), o qual, diferentemente do planejamento tradicional, considera a disponibilidade geral de recursos, ranqueando-os de maneira a contemplar dimensões outras que a econômica, como a social, ambiental e política.

Abstrai-se aqui o sentido original do PIR, voltado à integração dos recursos para o planejamento do setor elétrico, já que é aplicado para o planejamento da introdução do biodiesel na matriz de combustíveis veiculares. Neste sentido, adapta-se a metodologia da valoração completa do recurso, de forma a subsidiar a tomada de decisão quanto ao recurso energético, para a Região Administrativa de Araçatuba (RAA).

A introdução da bioenergia na matriz energética pode causar polêmicas em torno da mudança do uso do solo agricultável, o qual historicamente é destinado à agricultura para o suprimento das necessidades energéticas humanas. Em face deste dilema e da fusão dos mercados energético e alimentício, o trabalho pretende analisar a compatibilidade entre as produções de biodiesel e alimento, no que tange ao suprimento das necessidades regionais.

Os resultados demonstram a capacidade existente da região em produzir o biodiesel, na forma do B20, necessário para atender a demanda de óleo em 30 anos, sem desestabilizar, em termos de disponibilidade agrária, a produção de alimentos.

LISTA DE SIGLAS

ACC	Avaliação de Custos Completos
CONSEA	Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional
DTBP	Di-Tert-Butil-Peróxido
EHN	2-Etil-Hexil-Nitrato
EIA	Energy Information Administration
En-In's	Envolvidos e Interessados
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Food and Agriculture Organization
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAB	Movimento dos Atingidos por Barragens
MME	Ministério de Minas e Energia
NREL	National Renewable Energy Laboratory
ONG	Organização Não-Governamental
PIR	Planejamento Integrado de Recursos
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia
TBCA	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TBHQ	Tert-Butil-Hidroquinona
WWF	World Wild-Life Fund

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Ação antropogênica no aumento da temperatura terrestre	9
Figura 1.2: Projeção da demanda mundial de óleo por setor	10
Figura 2.1: Fluxograma de processamento do biodiesel.....	12
Figura 2.2: Equação geral da transesterificação	13
Figura 2.3: Etapas da transesterificação	14
Figura 4.1 - Matriz energética brasileira.....	23
Figura 4.2: Comparação entre as matrizes energéticas.....	24
Figura 4.3 - Matriz de combustíveis veiculares.....	24
Figura 4.4 - Aptidões climáticas das oleaginosas brasileiras.....	27
Figura 6.1: Modelo de valoração completa de recursos	35
Figura 6.2: Etapas da Avaliação de Custos Completos	35
Figura 6.3: Aspectos de um inventário ambiental	38
Figura 6.4: Atributos da dimensão ambiental.....	38
Figura 6.5: Emissões atmosféricas em comparação com o petrodiesel.....	40
Figura 6.6: Emissões veiculares em relação ao diesel mineral.....	43
Figura 6.7: Atributos da dimensão social	45
Figura 6.8: Plantação de girassol	46
Figura 6.9: Planta industrial de biodiesel.....	46
Figura 6.10: Estrutura de um indicador para o atributo influência no desenvolvimento local...	50
Figura 6.11: Atributos da dimensão política.....	52
Figura 6.12: Atributos da dimensão técnico-econômica	57
Figura 7.1: Número de pessoas em situação de insegurança alimentar.....	61
Figura 7.2: Número de pessoas em situação de insegurança alimentar e a meta da WFS	62
Figura 7.3: Porcentagem da população em situação de insegurança alimentar e a meta MDG	62
Figura 7.4: Distribuição mundial da fome	63
Figura 7.5: Evolução dos preços dos alimentos.....	64
Figura 7.6: Evolução da ocupação do solo devido à produção de biodiesel	68
Figura 8.1: Análise ambiental.....	69
Figura 8.2: Análise social	69
Figura 8.3: Análise política.....	70
Figura 8.4: Análise técnico-econômica	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Produção de óleo e rendimento no Brasil	22
Tabela 4.1 - Mercado brasileiro de combustíveis	25
Tabela 6.1: Emissões por unidade de energia.....	39
Tabela 6.2: Potencial de efeito estufa em relação ao CO ₂	40
Tabela 6.3: Potencial de efeito estufa	41
Tabela 6.4: Impactos no meio aquático	41
Tabela 6.5: Geração de resíduos sólidos.....	41
Tabela 6.6: Ocupação de terra	42
Tabela 6.7: Impacto em edificações	47
Tabela 6.8: Impactos na saúde pública	48
Tabela 6.9: Impactos na agricultura.....	49
Tabela 6.10: Potencial para influência no desenvolvimento local.....	51
Tabela 7.1: Produção alimentar básica na RAA	66
Tabela 8.1: Indicador para posse da fonte energética	71

SUMÁRIO

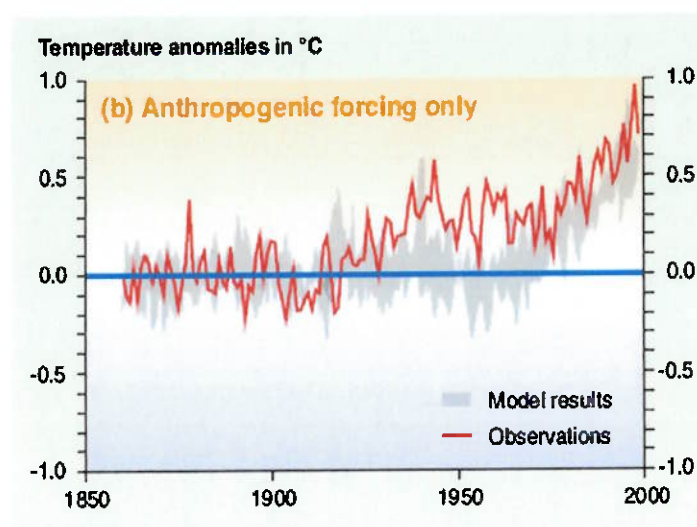
1 – Introdução	9
2 – O Biodiesel	12
2.1 – Transesterificação	13
2.2 – Comparação entre o metanol e o etanol empregado na transesterificação	14
2.2.1 – Metanol	14
2.2.2 – Etanol	15
2.3 – Catalisadores	16
3 – Matérias-primas para produção de biodiesel	16
3.1 Algodão	17
3.2 Amendoim	17
3.3 Babaçu	17
3.4 Buriti	18
3.5 Canola	18
3.6 Dendê	19
3.7 Girassol	19
3.8 Mamona	20
3.9 Pinhão-mansão	21
3.10 Soja	21
4 – Contexto brasileiro	23
4.1 – Mercado de combustíveis	23
4.2 - O Programa Proálcool	25
4.3 - O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel	26
4.4 - Produção de biodiesel no Brasil	28
4.5 - Inclusão social	28
5 – O Planejamento Integrado de Recursos	30
5.1 – Planejamento	30
5.2 – Planejamento Ambiental	31
5.3 – O Planejamento integrado de recursos	32
6 – Caracterização completa de recursos energéticos	34
6.1 – Modelo produtivo	36
6.3 - Dimensão Ambiental	37
6.3.1 – Meio aéreo	38
6.3.1.1 – Geração de poluentes atmosféricos	39
6.3.1.2 – Potencial de efeito estufa	40
6.3.2 – Meio aquático	41
6.3.3 – Meio terrestre	41
6.3.4 – Discussão ambiental	42
6.4 - Dimensão Social	44
6.4.1 – Aspectos estéticos	45
6.4.2 – Impacto em edificações	47
6.4.3 – Impactos na saúde pública	47
6.4.4 – Impactos na agricultura	48

6.4.5 – Desenvolvimento local	49
6.4.6 – Infra-estrutura local.....	51
6.4.7 – Discussão Social	51
6.5 - Dimensão Política.....	52
6.5.1. – Aceitação ao recurso	53
6.5.2 – Posse da fonte energética	54
6.5.3 – Apoio governamental.....	55
6.5.4 – Conjunção e encontro de interesses	55
6.5.6 – Discussão política	55
6.6 - Dimensão Técnico-Econômica.....	56
6.6.1 – Tempo de instalação	57
6.6.2 – Custo do empreendimento	57
6.6.3 – Potencial de geração	58
6.6.4 – Custo unitário de geração	58
6.6.6 – Discussão econômica.....	59
7 – Seguranças alimentar	60
7.1 – Bioenergia X Alimentos	64
7.2 – Disponibilidade de alimentos na RAA após introdução do biodiesel	65
8 – Resultados e Análise da Valoração.....	69
9 – Conclusão.....	72
10 – Referências Bibliográficas.....	73
Anexo 1 - ESTUDOS REFERENTES A VARIAÇÃO DO NÚMERO DE MORTES FACE À VARIAÇÃO DE 1µg/m ³ DE PM ₁₀	76
Anexo 2 - ESTUDOS REFERENTES A VARIAÇÃO DO NÚMERO DE MORTES E DOENÇAS FACE À VARIAÇÃO DE 1µg/m ³ DE SO ₂	77

1 – Introdução

Os problemas ambientais tornam-se gradativamente a grande problemática do século XXI. A atuação do homem sobre o meio ambiente tem sido alvo de diversas discussões. A mudança de postura com relação ao meio ambiente deve ser alcançada, para isso alguns paradigmas precisam ser reestruturados. Neste contexto, a produção de energia insere-se como uma das principais causas da degradação ambiental.

Entre os diversos aspectos ambientais encontra-se o efeito estufa, o qual é potencializado conforme o aumento da concentração de carbono na atmosfera, principalmente em forma de gás carbônico (CO_2). A utilização de combustíveis fósseis é a principal causa deste fenômeno, uma vez que o carbono é retirado das profundezas terrestres para ser aproveitado em motores a combustão, sendo introduzido à atmosfera após a queima. A figura 1.1 mostra a ação antropogênica no aumento da temperatura terrestre:



IPCC (2001)

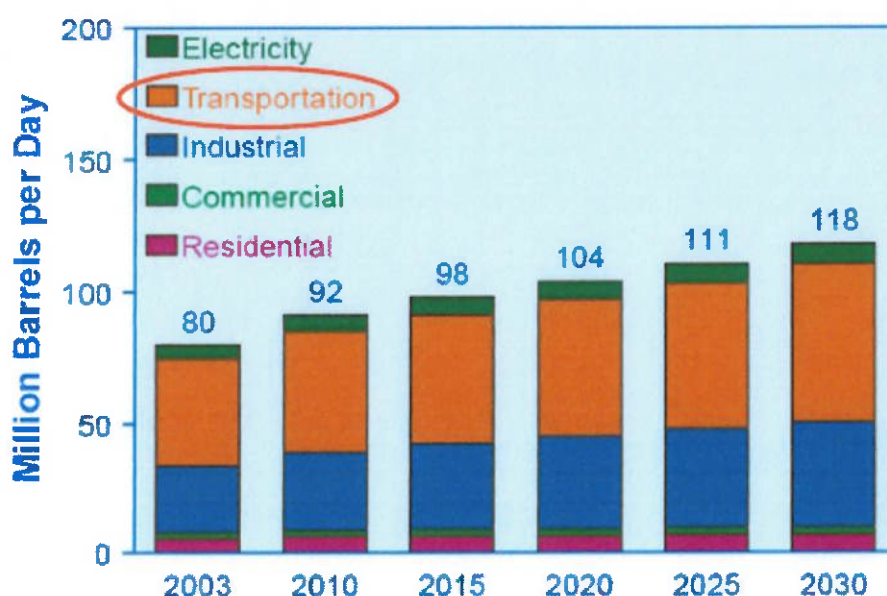
Figura 1.1: Ação antropogênica no aumento da temperatura terrestre

Alguns entraves com relação à utilização de combustíveis fósseis evidenciaram-se no final do século XX. Segundo Sachs (2005), são três os aspectos que impulsionam a substituição do petróleo por biocombustíveis:

- Aumento e volatilidade dos preços do barril de petróleo;
- Incertezas e perigos geopolíticos da dependência de importações;

- Redução das emissões de gases de efeito estufa.

O preço e a localização das reservas do petróleo levantam ainda uma questão geopolítica importante para o desenvolvimento da bioenergia, a segurança energética. A demanda por combustíveis para transporte será acrescida em 50%, impulsionada principalmente por Estados Unidos, China e Europa, atingindo 118 milhões de barris equivalentes de petróleo por dia (EIA, 2006). Portanto, investimentos em biocombustíveis que substituam o petróleo e que sejam produzidos localmente, evitando-se assim a dependência em importações, tornam-se viáveis.



EIA (2006)

Figura 1.2: Projeção da demanda mundial de óleo por setor

O uso de fontes renováveis de energia apresenta-se como uma constante nas políticas energéticas correntes. Devido ao seu caráter sustentável, as tecnologias para o uso de energia renovável são capazes de preservar os recursos naturais, garantir a segurança e a diversidade energéticas, e prover serviços energéticos mais limpos (EUREC, 1996).

A sociedade parte para uma nova era energética. Em certo sentido, observa-se um retorno à civilização da biomassa, provida de avanços técnicos e científicos, em particular no campo da biologia (SACHS, 2006).

Além da ótica acerca das mudanças climáticas, representadas principalmente pelo aumento da temperatura terrestre advindo do aumento da concentração de gases de efeito

estufa na atmosfera, os efeitos locais devem ser analisados e, do ponto de vista do planejamento energético, devem ser priorizados.

Com isso, questões importantes para o desenvolvimento da introdução de fontes alternativas e renováveis de energia na matriz energética brasileira, como o impacto nas águas, na poluição atmosférica, entre outros, devem ser abordadas criteriosamente.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a cadeia produtiva do biodiesel de forma integrada, ou seja, a avaliação deve contemplar todas as dimensões de análise propostas no planejamento integrado de recursos, e sua sinergia com a produção de alimentos.

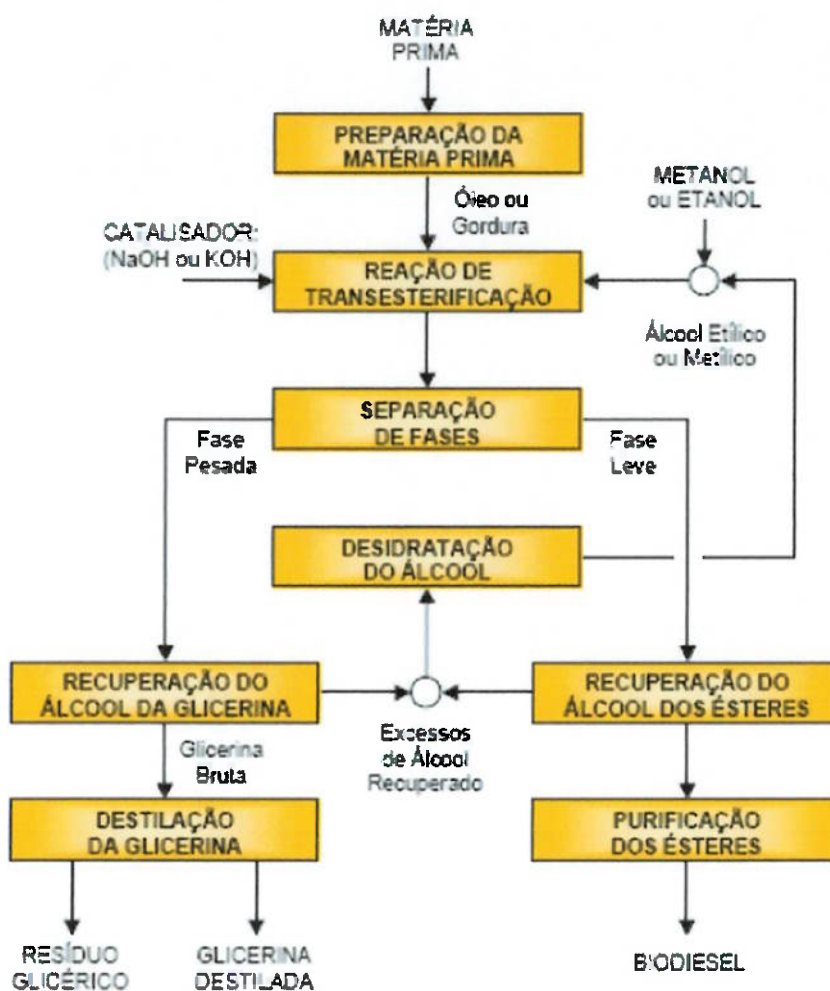
Para o cumprimento do objetivo geral, algumas etapas devem ser enumeradas, o que se pode chamar de objetivos específicos, que seguem:

- Descrever a cadeia produtiva do biodiesel – de forma completa, desde a obtenção da matéria-prima até o consumo final do recurso, qual seja, a utilização em motores movidos a óleo diesel.
- Determinar o modelo produtivo característico para região administrativa de Araçatuba – através de levantamento das características edafo-climáticas e vantagens regionais, como disponibilidade de recursos e usos atuais do solo.
- Determinar o potencial de produção de biodiesel na região administrativa de Araçatuba dentro do PIR – que contempla a destinação de novas terras ao plantio de oleaginosas e a produção concomitante com rotação de culturas nos canaviais existentes na região.
- Avaliar os custos completos do biodiesel – trata-se da caracterização completa do recurso, nas quatro dimensões propostas, a saber: ambiental, social, técnico-econômica e política.
- Analisar a sustentabilidade entre a produção de bioenergia e a produção de alimentos – determinar indicadores que possibilitem descrever a segurança alimentar e suas relações com a produção de bioenergia.

2 – O Biodiesel

De acordo com a Resolução 42 de dezembro de 2004, a ANP definiu o biodiesel como “combustível composto de alquíésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais”.

O fluxograma básico que descreve as etapas do processamento do biodiesel é mostrado abaixo:



Filho (2003) apud Boni (2008)

Figura 2.1: Fluxograma de processamento do biodiesel

Apesar do aproveitamento em escala comercial dos óleos vegetais em motores a compressão ser atual, iniciada no final dos anos 90, o conhecimento acerca de sua viabilidade técnica data do início do século XX, evidenciado pelo inventor do motor a diesel, Rudolph Diesel, o qual fez os primeiros testes de sua invenção usando óleo de amendoim como combustível.

O biodiesel representa uma evolução na substituição do óleo diesel mineral, iniciada pelo aproveitamento de óleo “*in natura*”. O processamento do óleo vegetal para a obtenção do biodiesel significa aproximar suas características às do diesel mineral, principalmente no que se refere à viscosidade, visto que a elevada viscosidade dos óleos vegetais impede sua utilização sem prévio tratamento.

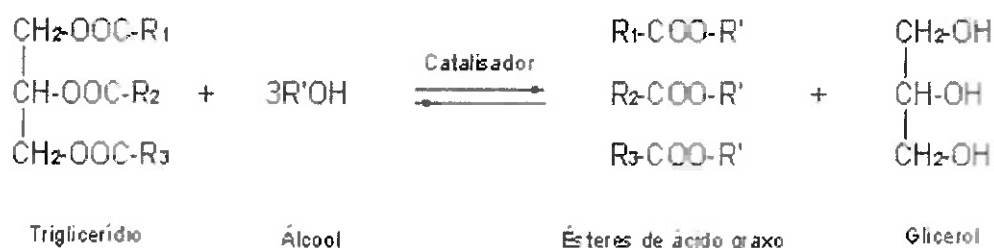
Entre outros entraves quanto à utilização de óleos vegetais, observam-se a composição de ácidos graxos livres, alta viscosidade, acidez, presença de gomas formadas por oxidação e polimerização durante a estocagem e a deposição de carbonos (MA; HANNA, 1999).

Existem pesquisas que apontam para a viabilidade técnica do uso de óleos vegetais *in natura* com algumas alterações nos motores atuais, principalmente no que se refere ao sistema de injeção. Porém, a dificuldade em se adaptar os motores ao novo combustível, considerada um retrocesso pela indústria automobilística, é muito elevada, o que viabiliza a transformação do combustível para que este se adapte ao sistema veicular vigente.

2.1 – Transesterificação

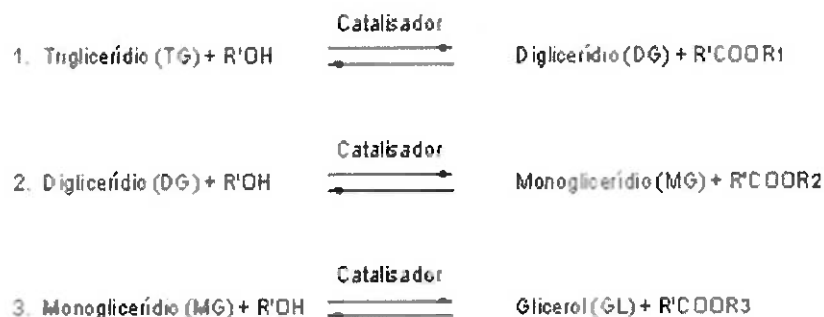
Os principais processos para adaptação das características dos óleos vegetais são: micro-emulsão, pirólise e transesterificação. Entre eles, a transesterificação, também chamada de alcoólise, é amplamente mais difundida e adotada pelos produtores (KNOTHE et al., 2005), ademais, é o único que atende as especificações estabelecidas pela ANP. Portanto, será o processo adotado neste trabalho.

A transesterificação consiste na reação de triglicerídeos com alcoóis, preferencialmente de cadeia curta, obtendo-se ésteres e o glicerol. A figura 2.1 mostra a equação geral da reação de transesterificação, enquanto a figura 2.2 mostra as etapas da reação.



Adaptado de Fukuda, Kondo e Noda (2001)

Figura 2.2: Equação geral da transesterificação



Adaptado de Fukuda, Kondo e Noda (2001)

Figura 2.3: Etapas da transesterificação

Observa-se, na prática, que a reação de transesterificação é realizada com excesso de álcool, a fim de evitar a reação contrária, deslocando o equilíbrio e maximizando, assim, o rendimento da produção de ésteres. Geralmente a relação molar entre o álcool e o triglicerídeo chega a 6:1.

Existem diversas opções para a transesterificação, as quais serão discutidas ao longo do trabalho, como qual o álcool utilizado (metanol, etanol, butanol), ou ainda, qual catalisador apresenta melhores resultados (ácidos, bases ou enzimas).

2.2 – Comparação entre o metanol e o etanol empregado na transesterificação

O álcool utilizado na transesterificação deve ser de cadeia curta, como metanol, etanol, propanol e butanol. Os mais frequentes são metanol e etanol (FUKUDA, KODA e NODA, 2001).

2.2.1 – Metanol

O metanol (CH_3OH), ou álcool metílico, é o primeiro álcool da série alifática de monoálcoois. Antigamente era produzido da madeira, o que lhe conferia aspecto renovável. Porém, com o desenvolvimento da petroquímica, este processo tornou-se inviável economicamente, dando lugar ao processamento através do gás natural, matéria-prima abundante, principalmente nos EUA e Europa.

O uso do metanol é preferido por ser mais barato que o etanol (GRABOSKI; MCCORMICK, 1998). O metanol também possui algumas vantagens químicas e físicas por ter uma cadeia mais curta e polar (MA; HANNA, 1999).

Os principais benefícios do uso do metanol para a produção do biodiesel estão relacionados com suas características físico-químicas. Por apresentar maior reatividade, a rota metílica apresenta menor tempo de reação. Quanto ao rendimento da reação, a rota metílica também leva vantagem devido ao maior poder solubilizante exercido pelo etanol entre o biodiesel e a glicerina. (Parente Jr.; Castelo Branco, 2004)

Observa-se ainda menores gastos de eletricidade e vapor na rota metílica, o que, agregado ao menor custo do metanol, diminui o custo da produção, barateando o preço do biodiesel.

As principais desvantagens quanto ao uso do metanol na produção do biodiesel estão relacionadas aos aspectos sociais e ambientais. O metanol apresenta elevados índices de toxicidade e inflamabilidade, duas propriedades levadas em conta em análises de risco. Portanto, trata-se de um produto perigoso, que eleva a magnitude dos efeitos adversos na saúde humana, principalmente dos trabalhadores envolvidos no processo, em caso de acidentes. Ademais, a chama produzida pelo metanol é invisível, o que aumenta a probabilidade de acidente.

Quanto aos aspectos ambientais, o metanol é um produto fóssil, já que é produzido a partir do metano, o que reduz a renovabilidade do produto final.

2.2.2 – Etanol

O etanol (C_2H_5OH), ou álcool etílico, é obtido por via fermentativa, a partir de qualquer vegetal rico em açúcar. No Brasil, a matéria-prima utilizada é a cana-de-açúcar, a qual apresenta rendimentos elevados relativamente a outras culturas, como beterraba ou milho.

Tecnicamente menos viável que o metanol, já que apresenta maior tempo de reação e maior dificuldade de separação da glicerina, o etanol é renovável, biodegradável e não-tóxico, portanto, ambientalmente mais vantajoso que o metanol.

Além disso, a indústria brasileira do etanol é consolidada e sua produção garante a totalidade do suprimento para a fabricação do biodiesel, diferentemente do caso do metanol, o qual apresenta déficit de produção no Brasil (SABBAG, 2006).

Quanto ao preço, diferentemente dos países onde existe auto-suficiência na produção do metanol, a diferença entre metanol e etanol não chega a ser significativa. Holanda (2004)

afirma que a diferença entre o biodiesel metílico e o biodiesel etílico é de 10%, a mais para este. Esta diferença é atribuída à economia de energia e vapor da rota metílica.

As características climáticas e a posição geográfica do país são fatores que favoreceram o cultivo da cana-de-açúcar para a produção do etanol (SABBAG, 2006). Esta vantagem deve ser levada em consideração quando da escolha da rota produtiva do biodiesel, a fim de garantir a o suprimento dos insumos e o incremento das energias renováveis na matriz energética brasileira.

2.3 – Catalisadores

A transesterificação requer a utilização de catalisadores a fim de diminuir o tempo da reação e o rendimento da mesma. A proporção usualmente observada é de 1% em volume.

A catálise pode ser ácida, básica ou enzimática, esta, ainda em fase de pesquisa, apresenta a vantagem de ser reutilizada por diversas vezes.

A catálise básica, a qual abrange a utilização de hidróxido de sódio (NaOH), hidróxido de potássio (KOH), entre outros, é mais rápida que a catálise ácida e, por isso, é mais utilizada comercialmente (Ma; Hanna, 1999). Udaeta *et al.* (2004) apontam ainda para a baixa necessidade de temperatura e pressão requeridas na catálise básica. Alerta-se para o risco de, na catálise básica, ocorrer a formação de sabão, onde a presença de água pode, parcialmente, mudar para saponificação.

A catálise ácida é recomendada quando se observa maior presença de água, afim de evitar a saponificação, e ácidos graxos livres, mais presentes na reutilização de óleos de fritura como matéria-prima.

3 – Matérias-primas para produção de biodiesel

O Brasil dispõe de vasta extensão territorial e climática, o que lhe proporciona elevada diversidade de espécies oleaginosas, cada qual adaptada a determinado tipo de clima e solo. A seguir, uma breve descrição sobre as principais culturas candidatas a produção de biodiesel no Brasil é feita, de maneira a contemplar suas principais características edáficas e climáticas, e uma breve descrição da produção brasileira.

3.1 Algodão

O algodão, *Gossypium Hirsutum*, é uma espécie de clima quente, adaptável a diferentes tipos de solo. É largamente cultivado no território brasileiro com o objetivo de fornecer fibras para a indústria de tecidos, tanto que os dados referentes à produção são divididos em algodão em pluma e algodão em caroço.

A produção brasileira na safra de 2006 foi de 3.700.000 toneladas de algodão (caroço e pluma). O Cerrado é a região brasileira que apresenta condições mais propícias ao seu desenvolvimento, e contempla cerca de 60% da produção nacional, seguido pelo Nordeste com 32%.

Apresenta um ciclo de vida que varia de 5 a 7 meses, sendo necessário maior disponibilidade hídrica no período de plantio. O rendimento médio em óleo é de 350 kg por hectare.

3.2 Amendoim

O amendoim, *Arachis Hypogea L.*, é dividido em duas categorias, amendoim das secas e amendoim das águas, os quais se diferem quanto ao período da semeadura, seco ou chuvoso, respectivamente.

Adapta-se a diferentes tipos de solo, porém seu rendimento é maior em solos arenosos, à medida que sua raiz alcança maior profundidade. É bem resistente à seca (500 a 700 mm de chuva) e requer temperatura mínima de 17°C.

A produção brasileira na safra de 2006 foi de 286.000 toneladas, principalmente no Estado de São Paulo com 75% da produção. Estima-se que 80% da área de reformas de canaviais esteja ocupada por amendoim.

Seu ciclo de cultura varia de 90 a 130 dias, dependendo do tipo de cultivar escolhido, porte rasteiro ou porte ereto. O rendimento médio em óleo é de 700 kg por hectare.

3.3 Babaçu

O babaçu, *Orbygnia martiana*, é uma palmeira que aparece na Bacia Amazônica, em zona de transição para o Cerrado. Sua exploração é extrativista e ocorre principalmente no Maranhão, onde se localiza dois terços dos babaçuais brasileiros. Ao todo, são 17 milhões de hectares cobertos pelas florestas de babaçu.

Um grande empecilho para o alcance da produção plena é a organização da mesma, sendo sua exploração extrativista e restrita a famílias de baixa renda. Constitui-se de uma estrutura de produção-comercialização que tem como base a pequena produção familiar, na sua maioria, famílias de posseiros, arrendatários agrícolas, pequenos proprietários e parceiros de grandes proprietários de terra (RÊGO; ANDRADE, 2006).

É uma espécie de cultura perene que começa a frutificar aos 8 anos, atingindo plena produção aos 15 anos e vai até aos 35 anos, quando começa a declinar. Estima-se que seu rendimento atinja cerca de 1.600 kg de óleo por hectare.

O aproveitamento energético do seu óleo pode agregar valor na produção extrativista da região Amazônica, inclusive na geração de energia elétrica em comunidades isoladas.

3.4 Buriti

O buriti, *Mauritia flexuosa*, é uma palmeira de porte elegante que atinge até 35 metros de altura. De clima equatorial, sobrevive em terrenos inundados e ácidos, e pode ser encontrado no Cerrado e no sul da bacia Amazônica.

É uma cultura perene, de exploração extrativista, realizada em pequenas comunidades, que usufruem de suas inúmeras utilizações para confecção de vinhos, doces, etc. O óleo é comprado, geralmente, pela indústria de cosméticos. É uma das principais fontes de vitamina A encontrada na biodiversidade brasileira, por isso seu uso alimentício é recomendado.

Alguns testes para utilização do óleo na produção de biodiesel estão em andamento, e, apesar da exploração ser extrativista, apresenta grande potencial de produção, atingindo rendimentos da ordem de 3.000 kg de óleo por hectare.

3.5 Canola

A canola, *Brassica napus*, é uma modificação genética da colza – largamente utilizada para produzir biodiesel na Europa. Esta modificação, feita por canadenses, consiste na diminuição do ácido erúico e de glucosinolatos, ambos tóxicos ao seres humanos, e por isso o nome Canola (*Canadian Oil Low Acid*).

É uma espécie que requer temperaturas noturnas baixas, e adapta-se facilmente em regiões de clima temperado. As principais áreas produtoras estão localizadas no Estado do Rio Grande do Sul, com 26 mil hectares de área semeada em 2006, no Estado do Paraná e,

mais recentemente introduzida em plantações comerciais nos Estados de Goiás e Minas Gerais. Pode ser usada na entressafra da soja, do milho ou do algodão.

Seu ciclo de cultura varia de 110 a 165 dias, com rendimento médio de 500 kg de óleo por hectare. Para alimentação humana, tem sido recomendado pelos nutricionistas, por apresentar baixos índices de ácidos graxos saturados.

3.6 Dendê

O dendê, *Elaeis guineensis*, também chamado de palma, é uma palmeira que atinge até 15 metros de altura, de produção perene. Desenvolve-se em climas quentes e bastante úmidos (umidade em torno de 80%) na faixa de 10° acima e abaixo da linha do Equador. Não suporta altitudes acima de 600 metros nem precipitações anuais abaixo de 2.000 milímetros.

O período de incubação é de 12-15 meses. O início da produção se dá aos 30-36 meses após o plantio. Alcança seu patamar de produção (25 a 30 t/ha/ano) aos 8 anos. Mantém esse patamar até o 16° ano, quando começa a declinar ligeiramente até o final da vida útil comercial, que ocorre por volta dos 25 anos.

Apresenta uma logística peculiar, já que o tempo entre a colheita e o início do processamento não pode ultrapassar 24 horas, para evitar a acidificação do óleo.

Existem dois tipos de óleo no dendê: o óleo de palma (22% do fruto, em massa), extraído da polpa da fruta, e o óleo de palmiste (3% do fruto, em massa) extraído da amêndoa.

No ano de 2005 o Brasil produziu 131.987 toneladas de óleo de palma. A organização entre os produtores é pequena. Possui apenas um grande produtor, a empresa Agropalma, que responde por 72% da produção brasileira.

Recebe incentivos fiscais do governo federal, quando utilizado para a produção de biodiesel. Seu rendimento médio anual é um dos maiores entre as oleaginosas e chega a 6.000 kg de óleo por hectare.

3.7 Girassol

O girassol, *Helianthus annuus*, não requer alta fertilidade para produzir satisfatoriamente, já que suas raízes atingem cerca de dois metros de profundidade. Adapta-se em diferentes climas, com restrições a temperaturas abaixo de 4°C e solos com pH menores que 5,2. É resistente a seca, necessitando de precipitações anuais da ordem de 500 milímetros.

A principal região brasileira produtora de girassol é a Centro-Oeste com 64,7%. A região Sul representa 32,4% da produção, seguida pelo Sudeste com apenas 2,2% da produção. Pode ser utilizado em rotação de culturas nos canaviais, o que ampliaria a participação do Estado de São Paulo no mercado do girassol.

Seu ciclo de cultivo é de 90 a 130 dias. O plantio do girassol em São Paulo abrange o período de setembro a março, destacando-se duas épocas: a da primavera, a partir de meados de setembro, e a de verão, com início em fins de dezembro. A época mais favorável para o plantio situa-se entre fins de dezembro e meados de fevereiro. O recente cultivar elaborado pelo Instituto Agrônômico de Campinas foi especialmente desenvolvido para cultivo no final de novembro, em áreas de reformas de canavial. O rendimento médio anual é de 600 kg de óleo por hectare.

3.8 Mamona

A mamona, *Ricinus communis*, é, dentre as diferentes oleaginosas brasileiras passíveis de aproveitamento para produção de biodiesel, a menos exigente em água. Suporta precipitações de até 350 milímetros anuais. Por isso é incentivada pelo governo federal, por meio de isenções fiscais, já que pode agregar renda ao pequeno produtor em regiões secas, como o sertão nordestino.

Em 2005, o Brasil produziu 210 mil toneladas de mamona. A região Nordeste é responsável por 90% da produção brasileira, sendo que o estado da Bahia representa 80% do total. O rendimento da mamona pode chegar a 800 kg de óleo por hectare.

O óleo da mamona é amplamente utilizado como lubrificante na aviação, já que possui estabilidade, principalmente em termos de viscosidade, em elevadas temperaturas. Esta é uma das restrições técnicas quanto à utilização deste óleo como matéria-prima para o biodiesel, já que o objetivo deste é a redução de viscosidade do óleo vegetal.

A mamona já possui um mercado específico e dificilmente será aproveitada em larga escala para a produção doméstica de biodiesel, embora receba incentivos fiscais do governo federal. Além disso, a torta gerada no esmagamento é tóxica e não pode ser utilizada como ração animal, e a presença do ácido ricinoléico ($C_{17}H_{32}OHCOOH$) em elevada concentração confere maior solubilidade em álcool, o que dificulta a transformação em biodiesel.

3.9 Pinhão-manso

O pinhão-manso, *Jatropha curcas*, não suporta pH abaixo de 4,5, desenvolve-se rapidamente, mesmo em solos pobres e até pedregosos.

O conhecimento acerca da cultura do pinhão-manso é incipiente. Sua utilização é restrita a “cercas vivas”, já que produz líquido tóxico a qualquer ser vivo. Na literatura seu rendimento é controverso, variando de 800 a 8.000 kg de óleo por hectare.

Existem empresários que incentivam o uso do pinhão-manso para produção de biodiesel, principalmente por ser uma cultura livre do mercado de *commodities* agrícolas. Este incentivo deve ser combinado com pesquisas que permitam organizar e prever aspectos da produção do pinhão-manso, como o controle de pragas.

3.10 Soja

A soja é a oleaginosa mais produzida no território brasileiro, e é, portanto, a única capaz de atender a demanda interna de biodiesel.

Movida principalmente pelo teor de proteína contida no grão, a soja foi adaptada a todo território nacional, sendo encontrada desde a região Norte até o Sul. O maior estado produtor de soja é o Paraná, onde prevalece a pequena e média propriedade. Já no Cerrado, principalmente no Mato Grosso, a produção é feita em grandes latifúndios e é responsável pela expansão da fronteira agrícola na floresta Amazônica.

Sua torta é utilizada em larga escala como ração animal. Os principais países produtores são EUA, China e Brasil.

A soja é um dos principais produtos brasileiros destinados à exportação. Em 2006, foram 9,6 bilhões de dólares, o que representou quase 7% do total de exportações.

Tabela 3.1: Produção de óleo e rendimento no Brasil

Cultura	Produção (1000 t de óleo por ano)	Rendimento (kg óleo/hectare.ano)
Algodão	444	350
Amendoim	140	700
Babaçu	-	1.600
Buriti	-	3.000
Canola	13	500
Dendê	132	6.000
Girassol	35	700
Mamona	105	800
Pinhão-manso	-	800 - 8.000
Soja	10.810	470

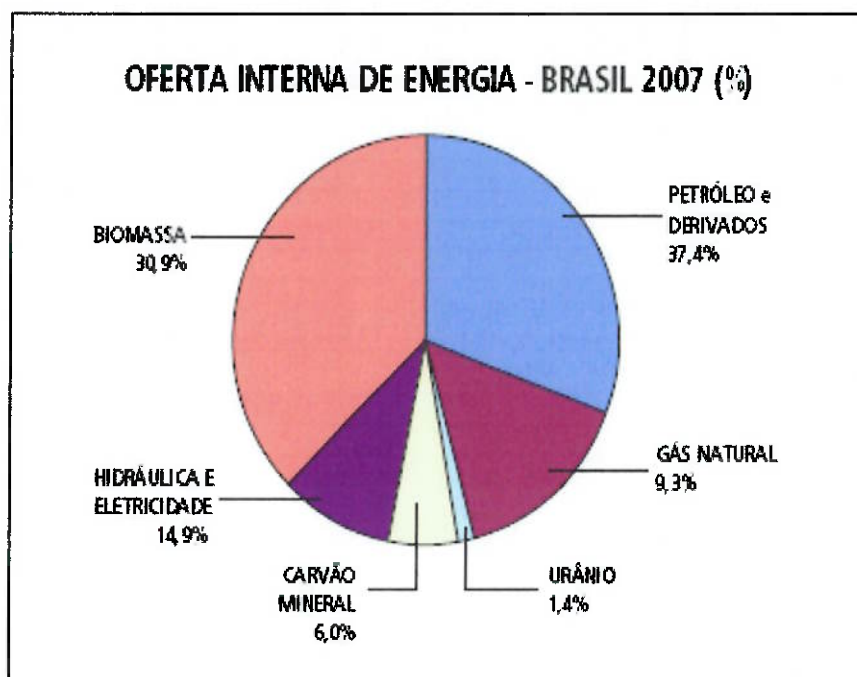
CONAB

4 – Contexto brasileiro

4.1 – Mercado de combustíveis

A opção pelo modal rodoviário, que data da década de 50, por uma política desenvolvimentista que objetivava a industrialização brasileira, transformou seu território e produziu uma enorme malha rodoviária, que viabilizou o transporte de cargas entre os pólos produtores, consumidores e portuários.

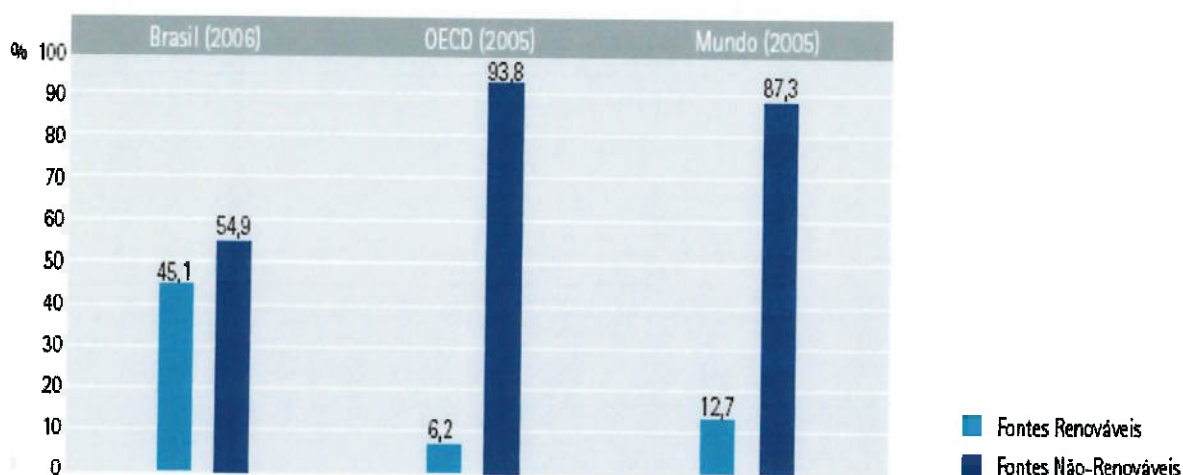
Em consequência, o setor de transportes responde pela elevada participação dos combustíveis fósseis na matriz energética brasileira.



BEN (2007)

Figura 4.1 - Matriz energética brasileira

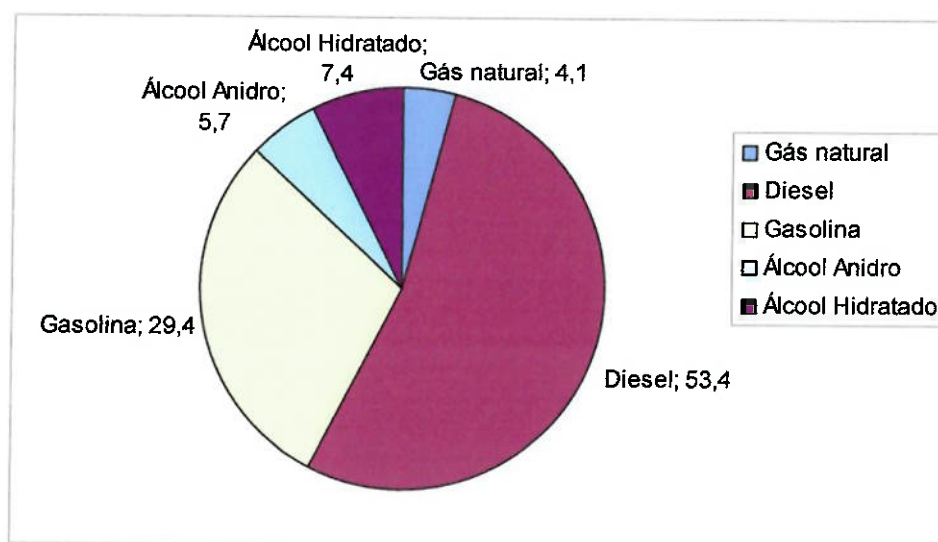
Apesar da elevada dependência brasileira em derivados de petróleo, como pode ser observado na figura acima, o Brasil possui uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo e, ademais, possui grande potencial para aumentar o percentual de energias renováveis.



BEN (2007)

Figura 4.2: Comparação entre as matrizes energéticas

Dentre os combustíveis veiculares, o diesel ocupa posição de destaque, visto que é o principal combustível utilizado no transporte de carga e, por isso, recebe tratamento tarifário diferenciado. Com isso, o país apresenta uma barreira econômica a ser enfrentada pelo biodiesel.



BEN (2007)

Figura 4.3 - Matriz de combustíveis veiculares

A produção brasileira de combustíveis fósseis consegue suprir a demanda de alguns produtos como a gasolina. No caso do diesel, o Brasil ainda depende de importações para garantir o atendimento à demanda. A produção de biodiesel pode diminuir a dependência

externa e economizar divisas. A seguir, o cenário de produção e consumo de combustíveis no Brasil.

Tabela 4.1 - Mercado brasileiro de combustíveis

Combustível	Produção	Exportação	Importação	Importação (% da demanda)	Exportação (% da oferta)
Gasolina (mil m ³)	21.390	2.701	-	-	12,63%
Diesel (mil m ³)	38.729	-	3.545	8,39%	-
Álcool (mil m ³)	17.764	3.460	-	-	19,48%
Gás Natural (10 ⁶ m ³)	17.706	-	9.789	35,60%	-

BEN (2007)

Como evidenciado na tabela 4.1, o Brasil importa 8,39% do consumo anual de diesel, que foi de 42.274.000.000 de litros.

4.2 - O Programa Proálcool

A experiência brasileira em bioenergia data do final dos anos 70, com a criação do Proálcool, programa brasileiro que visava a adição de etanol, produzido a partir da cana-de-açúcar, na gasolina. Alavancado pelas seguidas crises do petróleo, o Programa foi criado com o objetivo de diminuir a dependência brasileira com relação ao óleo mineral. Posteriormente à adição de álcool anidro na gasolina, foram desenvolvidos motores movidos a álcool hidratado, também produzido a partir da cana-de-açúcar.

O programa sempre foi dependente das variações do preço do petróleo, e, por isso, sua consolidação foi dificultada. No final dos anos 80, com a queda nos preços do petróleo e a alta nos preços do açúcar, o Proálcool enfrentou sua maior crise, deflagrada pela escassez de etanol no mercado.

Hoje o programa está consolidado, devido às oscilações do preço do petróleo e, principalmente, à nova tecnologia brasileira dos carros bi-combustíveis, chamados carros “flex”, movidos tanto a álcool quanto a gasolina. Os carros “flex” representam mais de 90% das vendas de automóveis atualmente.

A produção brasileira ultrapassa os 17 bilhões de litros (BEN, 2007), consegue suprir de forma sustentável a demanda interna e gera excedentes que são exportados.

Quanto à substituição do petróleo na matriz energética brasileira, o Proálcool mostra-se insuficiente, pois o consumo de óleo diesel é duas vezes maior que o consumo de gasolina. Portanto surge a necessidade da adição de biodiesel ao diesel mineral, possibilitando assim, substituição na importação do diesel, geração de emprego e renda no campo e inserção de energia renovável na matriz energética brasileira, que é uma das mais “limpas” do mundo com 44,8% de energia renovável, enquanto que a média mundial é de 13,6% (BEN, 2007).

O histórico brasileiro na área de bioenergia deve servir de impulso à inclusão do biodiesel na matriz energética, com a criação de um programa mais sustentado para não apresentar os mesmos erros cometidos na longa trajetória do Proálcool. Serão necessários maiores esforços no início do programa, para que este consiga consolidar-se e enfrentar eventuais crises de produção, como a queda no preço do petróleo. Neste sentido, a adição gradual do biodiesel possibilita o acompanhamento sustentado das pesquisas necessárias para a consolidação do programa.

4.3 - O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

No Brasil, os primeiros experimentos datam de 1920, porém com pouca expressão. Em 1950, foram realizados testes com óleos de ouricuri, mamona e algodão em motores de 6 cilindros (MACEDO; NOGUEIRA, 2004).

O Brasil apresenta grande potencial para produção de bioenergia, uma vez que possui grande área de terras agricultáveis em sua extensão, biodiversidade climática e inexistência de furacões, tornados e desertos.

Com enorme extensão territorial e diversidade de latitude, o país domina a produção de sementes tropicais de oleaginosas, uma das matérias-primas do biodiesel, como algodão, dendê, mamona e soja. A diversidade se deve ao fato das características edafo-climáticas e possibilidade de diferentes ambientes favoráveis a cada uma das espécies. A figura 4.4 mostra as aptidões climáticas de cada região e as principais culturas viáveis.



MME (2004)

Figura 4.4 - Aptidões climáticas das oleaginosas brasileiras

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel foi lançado em dezembro de 2004. Formado por um grupo interministerial, o programa é coordenado pela Casa Civil e conta com gestão operacional do Ministério de Minas e Energia (MME). Este grupo é responsável pela elaboração e coordenação das regras para a adição do biodiesel à matriz energética brasileira.

No que tange a adição do biodiesel ao diesel de petróleo, o grupo estipulou algumas metas que foram institucionalizadas com a lei Nº. 11097, de janeiro de 2005, que autoriza a adição de 2% de biodiesel ao diesel (B2) até dezembro de 2007. Esta mistura torna-se compulsória a partir de janeiro de 2008, quando também se torna autorizada a mistura de até 5% de biodiesel (B5). A mistura de 5% está inicialmente prevista a se tornar obrigatória a partir de janeiro de 2013. Esta meta poderá ser antecipada, caso haja potencial de produção suficiente para o mercado interno.

Assumindo-se o consumo anual de diesel de 42 bilhões de litros (MME), a introdução do B2, diesel com 2% de biodiesel, representa a substituição de 840 milhões de litros por ano, e no caso do B5, diesel com 5% de biodiesel, este número chega a 2 bilhões de litros por ano, o que representa 1,1% e 2,8% da matriz de combustíveis veiculares, respectivamente. Para se

ter uma idéia, o uso comercial do B2 representará uma economia anual da ordem de 160 milhões de dólares na importação de diesel.

4.4 - Produção de biodiesel no Brasil

O potencial de produção brasileiro é promissor, segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em 2007 foram produzidos 402 milhões de litros de biodiesel em 25 plantas industriais. No total, as usinas já em operação e as que iniciarão o processo em curto prazo, são 2,58 bilhões de litros por ano, valor que supera a demanda do mercado interno brasileiro (MME).

Quanto à disponibilidade de áreas para produção de biodiesel, os dados são positivos. O Brasil dispõe de cerca de 100 milhões de hectares de novas áreas agricultáveis (Embrapa, 1999). Para a total substituição do diesel, 42 bilhões de litros por ano, e assumindo uma produtividade média atual de 600 litros de óleo/ha, a área necessária para abastecer o país seria de 70 milhões de hectares. A estimativa é que, com os avanços das pesquisas, a produtividade média passe para 5000 litros de óleo/ha, o que representa uma necessidade de 8,4 milhões de hectares (PNPB, 2004).

O rápido crescimento dos interesses empresariais no setor surpreende até o próprio governo brasileiro. Este otimismo deve ser cauteloso e o Programa não deve ultrapassar a capacidade de desenvolvimento sustentado deste novo segmento. Vale recordar que os erros do Proálcool devem servir de lição aos governantes, e o biodiesel ser inserido sem pressa na economia brasileira e a partir de uma base sólida e sustentável, conquistar o mercado externo e mover motores no mundo inteiro.

4.5 - Inclusão social

O governo brasileiro tenta concentrar o máximo de esforços para que o programa do biodiesel seja voltado à inclusão social. Com incentivos a agricultura familiar, busca-se a geração de emprego e fixação do trabalhador rural no campo. Além da inclusão social, o Programa também espera colaborar para o desenvolvimento das regiões Norte e Nordeste.

As estratégias traçadas para a conquista dos objetivos de inclusão social e desenvolvimento das regiões Norte e Nordeste incluem, principalmente, isenção de tributos federais. Para que os produtores recebam esta desoneração fiscal exige-se a posse do “Selo

Combustível Social”. Este selo é um componente de identificação concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário aos produtores que promovam a inclusão social e o desenvolvimento regional, por meio de especificações quanto a proporções de matérias-primas adquiridas da agricultura familiar.

A seguir, os três grupos que recebem redução, total ou parcial, dos tributos PIS/PASEP e COFINS:

- Biodiesel fabricado a partir de mamona ou palma produzida nas regiões Norte, Nordeste e no Semi-Árido pela agricultura familiar, a desoneração de PIS/PASEP e COFINS é total, ou seja, a alíquota efetiva é nula (100% de redução em relação à alíquota geral de R\$ 217,96 / m³);
- Biodiesel fabricado a partir de qualquer matéria-prima que seja produzida pela agricultura familiar, independentemente da região, a alíquota efetiva é R\$ 70,02 / m³ (67,9% de redução em relação à alíquota geral);
- Biodiesel fabricado a partir de mamona ou palma produzida nas regiões Norte, Nordeste e no Semi-Árido pelo agronegócio, a alíquota efetiva é R\$ 151,50 / m³ (30,5% de redução em relação à alíquota geral).

Para maior segurança e incentivo aos agricultores e produtores, a ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, responsável pela fiscalização e regularização do biodiesel, foi incumbida de realizar leilões para venda do óleo. Em 2006 foram realizados 4 leilões, e foram arrematados, pela Petrobrás, 840 milhões de litros dos produtores. A participação nos leilões restringe-se às empresas que possuem o Selo Combustível Social.

Estes aspectos não parecem interessantes quanto à preferência pelas culturas de mamona e dendê. Apesar de a mamona ser resistente a seca e o dendê ser uma cultura especificamente atribuída à região Norte, há grandes áreas disponíveis para agricultura, principalmente na região Nordeste, e, priorizar uma cultura é abrir espaço para monocultura, que tanto afeta o solo e seus nutrientes.

Outro inconveniente, no caso do dendê, é a área de melhor aptidão climática para a sua cultura, que se localiza no centro da floresta Amazônica. A cultura do dendê exige clima quente e úmido, presente principalmente na região da floresta Amazônica, um patrimônio

muito valioso que exige grandes atenções e medidas que evitem, ou ao menos reduzam, o seu desmatamento, o que vai de encontro ao programa.

5 – O Planejamento Integrado de Recursos

Este item busca fazer uma introdução acerca do planejamento como um todo, em termos de planejamento ambiental, inter-relacionando variáveis envolvidas no processo e, dado o âmbito do trabalho, discutir a planejamento energético tradicional, tratado sistematicamente em termos de suprimento de energia. Enfim, traz-se à tona a definição do PIR e suas principais diferenças do método tradicional.

5.1 – Planejamento

O ato de planejar é um meio para se obter algo almejado, ou seja, trata-se de um método amplamente difundido de transformação, ou ainda, modificação do presente em vista de objetivos futuros. Não se trata de finalidade em si, e sim de uma ferramenta, um meio que permite ao planejador traçar metas e planos.

O simples fato de uma pessoa, ao acordar, permitir-se sair da cama apenas com o pé direito, com a crença de que lhe trará sorte no resto do dia, é considerado um planejamento. Respeitadas as devidas proporções, o ato de planejar é intrínseco a vida humana, contribuindo na racionalização de nossas necessidades e ambições.

O ato de planejar implica necessariamente uma consideração sobre o futuro, logo traz consigo incertezas e riscos. Portanto, é comum a presença de cenários que abordem diferentes percursos e, não raro, o imprevisto pode ser necessário.

Uma característica de fundamental importância é o tempo a ser considerado para execução de um plano. Em geral, utiliza-se a palavra prazo, que traduz o horizonte temporal do planejamento, sendo curtos, médios e longos, os prazos amplamente utilizados para esta variável.

O curto prazo representa projetos emergenciais, onde percebe-se um a dose de pressa na sua execução, quer seja para resolver um problema que requer medidas imediatas, quer seja em situações onde abandona-se o planejamento de longo prazo, já que este demanda tempos maiores e, por isso, mais difícil de ser adotado.

No médio e longo prazo os períodos de tempo são maiores e, portanto, podem englobar projetos de grandeza maior e o plano de ação pode ser revisto durante a execução do mesmo.

Tradicionalmente o Estado é o maior planejador entre os principais atores sociais, e neste caso chamado de planejamento governamental. Esta consideração não é feita em função da prática em si, mas sim pela ordem de grandeza e abrangência que são observadas no âmbito do planejamento governamental – o qual é de grande imponentia na produção do espaço.

5.2 – Planejamento Ambiental

O planejamento ambiental é uma ferramenta que busca conciliar interesses conflitantes com as funções do meio ambiente (MIERZWA, 2008). É necessariamente de longo prazo e, em geral, mais abrangente ao englobar novas variáveis e processos.

Os conflitos com o meio ambiente crescem proporcionalmente com os índices de urbanização e concentração populacional. As grandes metrópoles, como São Paulo, encontram-se em situação caótica em termos de qualidade ambiental, o que afeta diretamente a qualidade de vida da população.

Observa-se a crescente preocupação em termos de sustentabilidade, que, em última instância, pode ser compreendido como melhoria da qualidade de vida da população. Para se atingir o nível de equilíbrio entre crescimento econômico e garantia da qualidade do meio ambiente, a ferramenta de planejamento que engloba as variáveis ambientais é de extrema relevância e pode auxiliar em processos de tomada de decisão.

O conceito de desenvolvimento sustentável, consagrado em 1987, a qual incorpora a preocupação com a garantia das necessidades das futuras gerações, traz consigo horizonte de longo prazo como prioridade. Para que os impactos causados no meio possam ser extrapolados para a próxima geração, o planejamento das ações presentes deve pensar em uma cronologia ampliada, sem que as necessidades atuais sejam desprezadas.

É neste cenário que surge o planejamento ambiental. Um novo paradigma a ser colocado em prática, capaz de conciliar as diferentes variáveis envolvidas na execução de projetos. É uma metodologia que visa a integração entre os diferentes fatores, quais sejam, econômicos, ambientais e sociais.

5.3 – O Planejamento integrado de recursos

O PIR diferencia-se do planejamento tradicional na classe e na abrangência dos recursos considerados, na participação real dos proprietários e não proprietários dos recursos, dos organismos envolvidos no plano de recursos, e nos critérios da seleção das alternativas. (UDAETA, 1997). Aplicado, neste caso, ao setor elétrico, sua metodologia pode ser estendida para outras áreas do planejamento onde seja pretendida uma abordagem holística.

O desenvolvimento da sociedade moderna, intensiva em exploração e uso de energia, requer novas abordagens e métodos que equacionem variáveis sociais e ambientais, tidas como externalidades no modelo usual de empreendimentos. As consequências do menosprezo de tais variáveis podem ser enormes e, muitas vezes, incorporam custos monetários exorbitantes.

O nascimento da metodologia PIR, que se deu nos Estados Unidos, visava a integração da demanda e oferta como ferramenta para um planejamento energético mais criterioso e eficiente.

A referência quanto à abrangência dos recursos analisados na metodologia PIR consiste na avaliação equânime entre oferta e demanda. Grosso modo, o planejamento do lado da demanda é enxergado como recurso energético que representa em si um potencial de produção através da economia ou uso eficiente.

Udaeta (1997) descreve o PIR da seguinte maneira:

[...] é um planejamento voltado para estabelecer melhor alocação de recursos, que implica: procurar o uso racional dos serviços de energia; considerar a conservação de energia como recurso energético; utilizar o enfoque dos “usos finais” para determinar o potencial de conservação e os custos e benefícios envolvidos na sua implementação; promover o planejamento com maior eficiência energética e adequação ambiental; e realizar a análise de incertezas associadas com os diferentes fatores externos e as opções de recurso.[...].

Além desta integração oferta-demanda, observa-se no PIR o envolvimento de um número maior de agentes no processo decisório. Diferentemente do modelo tradicional, onde o debate possui caráter bilateral, cabendo ao Estado e à indústria direcionar os planos de investimento em expansão energética, o PIR agrega uma multiplicidade de atores no processo,

onde os diferentes En-In's participam de alguma forma no critério de seleção das alternativas. Os atores vão desde o governo, distribuidoras e empresas, até ONGs e a população em geral.

Por fim, o PIR diferencia-se do planejamento tradicional nos critérios e métodos para a seleção das alternativas. Fica evidente, por intuição, que se trata de uma metodologia inovadora e, por isso, não poderia lançar mão de práticas ultrapassadas de tomada de decisão.

Na seleção das alternativas, a tomada de decisão, o PIR utiliza a Avaliação de Custos Completos, que significa extrapolar o conceito puramente econômico de custos. Ou seja, a ACC contempla uma análise mais ampla, permitindo assim a avaliação completa do recurso energético.

Na ACC o recurso é dividido em quatro dimensões – ambiental, técnico-econômica, social e política – onde não há predominância de nenhuma, ou seja, ambas recebem a mesma ponderação. Nesta avaliação, os recursos são comparados entre si e, por fim, são ranqueados de acordo com seu desempenho global.

A busca do equilíbrio dos aspectos econômico, social, ambiental e político remete à necessidade de uma metodologia que os considere de forma paralela e integrada, e não apenas de forma seqüencial (GIMENES, 2004). Observa-se que neste modelo de planejamento as variáveis ambientais, sociais e políticas, usualmente tratadas como externalidades, adquirem importância antes da tomada de decisão, participando efetivamente do processo.

De maneira a garantir a ACC, cada recurso deve ser criteriosamente caracterizado em todas as quatro dimensões. E é esta etapa – a valoração completa de recursos – que é detalhada a seguir e validada para o recurso biodiesel.

6 – Caracterização completa de recursos energéticos

Segundo Fujii (2006), “A avaliação correta dos recursos energéticos é importante não apenas para os planejadores da expansão, mas também para os tomadores de decisão que definem as prioridades dos investimentos em P&D”. Com isso, garante-se a alocação de verbas em fontes energéticas mais vantajosas. Nesse sentido, é imperativo que o conceito de “vantajoso” tenha o significado mais abrangente possível a fim de considerar todas as implicações da implantação de determinada solução energética, evitando assim o investimento em recursos aparentemente promissores, mas que se valem de fontes energéticas inviáveis a médio/longo prazo.

Na caracterização completa, o sentido da palavra completa é o mais amplo possível, ao referir-se às quatro dimensões pré-estabelecidas pela metodologia PIR e considerar todas as etapas de aproveitamento do recurso.

A caracterização é “a definição – e valoração – de atributos dos recursos que o descrevam adequadamente, e o cálculo de seus potenciais teórico e realizável” (FUJII, 2006).

Uma análise holística *par excellence* só é viável se o conjunto de atributos escolhido for capaz de compor uma malha conceitual realmente fina, que contabilize na avaliação os diversos aspectos dos impactos associados a cada recurso energético que não seriam contabilizados no planejamento tradicional. Em outras palavras, considerando como externalidades os impactos derivados do processo de geração de energia cujos custos não são incorporados no preço da eletricidade, sendo repassados a revelia a uma terceira parte, o objetivo da definição dos atributos é viabilizar uma análise livre de externalidades. Com esse intuito, o PIR realiza sua seleção de alternativas pelo método da Análise de Custos Completos (ACC) a fim de contabilizar tanto os custos internos do empreendimento quanto aqueles externos.

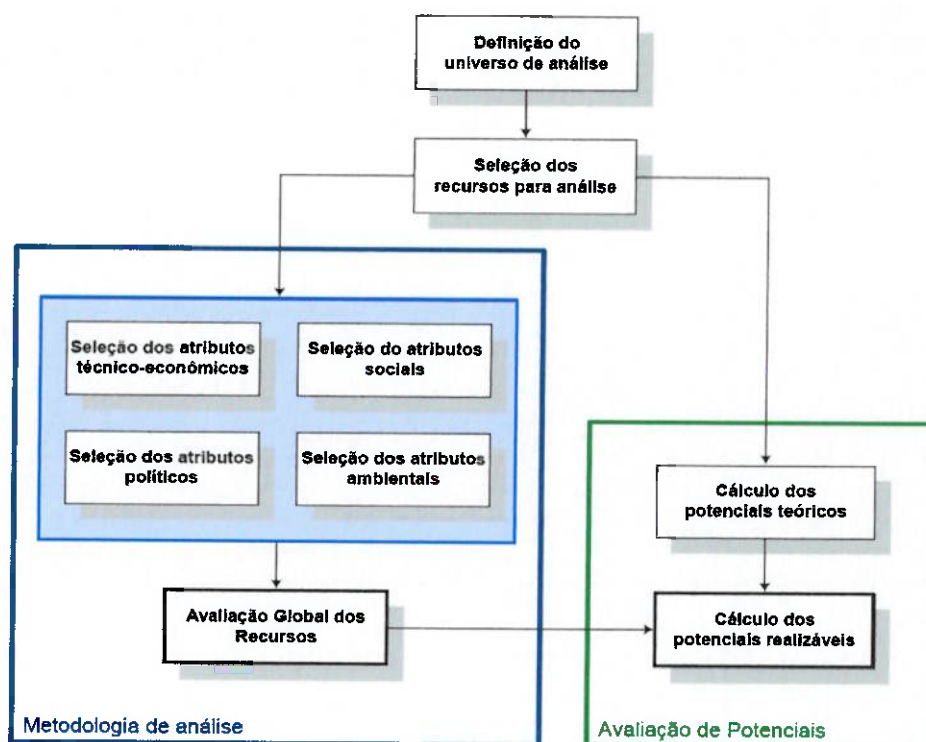
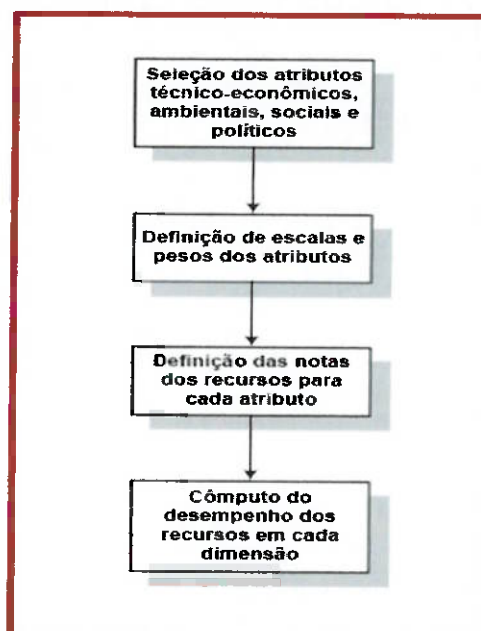


Figura 6.1: Modelo de valoração completa de recursos
Fujii (2006)



PIR (2008)

Figura 6.2: Etapas da Avaliação de Custos Completos

Nesta etapa são determinados valores indicativos em cada atributo, nas quatro dimensões, de forma a garantir e dar suporte à posterior comparação relativa, realizada, neste caso, pela ACC, a qual deve contemplar a normalização dos resultados obtidos na caracterização.

O primeiro passo da valoração completa do recurso é a definição do modelo de aproveitamento do mesmo. Ou seja, definem-se a matéria-prima e a rota química a ser utilizada, além do potencial produtivo na região de análise.

Cabe ressaltar que, como o biodiesel é um recurso que visa substituir o óleo diesel, sempre que possível a valoração contempla uma análise comparativa entre os dois recursos, fornecendo, assim, valores que traduzem os impactos de mudança no meio.

6.1 – Modelo produtivo

A definição do modelo produtivo consiste na escolha adequada da matéria-prima, levando em consideração as aptidões edafo-climáticas e as vantagens competitivas da região oeste do Estado de São Paulo.

Como o modelo produtivo baseia-se na rotação de culturas nos canaviais paulistas, visando a integração das lavouras energéticas e aumento de renda e produtividade do setor sucroalcooleiro, foca-se a análise nos óleos vegetais.

Dentre outros, os óleos vegetais podem ser obtidos de culturas como a soja, dendê, girassol, amendoim, mamona, algodão, pinhão-manso, babaçu e nabo forrageiro. Como o ciclo da rotação de culturas é curto, cerca de seis meses, exclui-se culturas perenes, como o dendê, o babaçu e o pinhão-manso.

Cabe ressaltar as dificuldades encontradas na utilização da mamona como fonte de matéria-prima, as quais residem na elevada viscosidade apresentada pelo óleo - além de possuir um mercado mais nobre e estruturado como lubrificante para a aviação. Desta forma, considera-se equivocada a opção pelo uso deste óleo, incentivada pelo governo federal para agricultura familiar no Nordeste.

Define-se como matéria-prima o girassol, visto sua adaptação às condições edafo-climáticas da região oeste do estado de São Paulo e o curto período de colheita exigido pelas áreas de reformas nos canaviais. O rendimento médio em óleo do girassol é de cerca de 600 kg de óleo / hectare.

6.2 – Potencial de produção

De acordo com o modelo adotado, o cálculo do potencial regional para a produção de biodiesel é feito segundo o sistema de rotação de culturas nos canaviais.

Sabe-se que cerca de 20% das terras destinadas à plantação de cana-de-açúcar é reservada, a cada ciclo, para o descanso. Com isso, tendo em vista o aumento da produtividade no setor sucroalcooleiro, pode-se destinar os mesmos 20% para a produção de uma espécie oleaginosa, a qual devolve alguns nutrientes ao solo, aumentando a produtividade de posteriores plantações de cana-de-açúcar.

De acordo com dados da safra de 2006, os 43 municípios que compõem a região administrativa de Araçatuba produziram 22.882.596 toneladas de cana-de-açúcar, em uma área de 278.788 hectares.

Portanto, o potencial agrícola para a produção de óleo vegetal, em sistema de rotação de culturas com a cana-de-açúcar é:

$$PA = 0,20 \times 278.788 = 55.757,6 \text{ ha} \quad (1)$$

PA = Potencial agrícola (em hectares)

Adota-se o rendimento de 600 kg de óleo/ha.ano. E, pela estequiometria da reação de transesterificação, cada 950 kg de óleo vegetal gera 1.000 kg de biodiesel. Logo, o potencial de produção de biodiesel é:

$$PPB = 600 \times 55.757,6 \times (1000 / 950) = 35.215,3 \text{ t} \quad (2)$$

PPB = Potencial de produção de biodiesel (em toneladas)

6.3 - Dimensão Ambiental

Segundo Kanayama (2007), esta análise ambiental pode ser realizada em termos de quatro meios que se complementam, a saber: meio antrópico, aéreo, terrestre e aquático. Deixando as considerações sobre o meio antrópico a cargo dos atributos da dimensão social e política, os outros três meios definem a dimensão ambiental para fins da metodologia PIR. As perturbações causadas por um recurso energético no meio ambiente podem se dar, então, nos seguintes âmbitos:

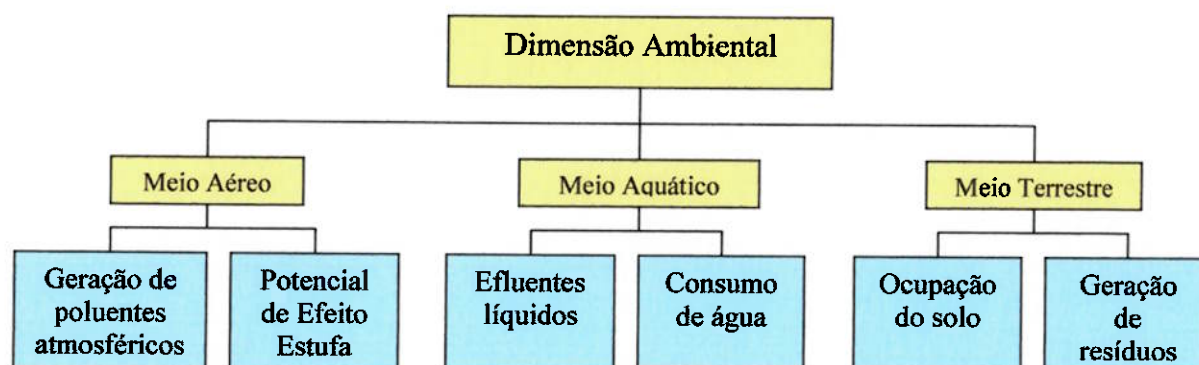
Aquático	Águas superficiais	Disponibilidade Qualidade
	Águas interiores	Disponibilidade Qualidade
Aéreo	Poluentes	Materiais Particulados Contaminantes
	Gases de efeito estufa	
Terrestre	Biodiversidade	Desmatamento Espécies ameaçadas vegetais e animais
	Relevo	
	Solos	Erosão
		Contaminantes

Kanayama (2007)

Figura 6.3: Aspectos de um inventário ambiental

Como os aspectos apresentados na figura 6.3 são utilizados para descrever o cenário atual do ambiente na região de análise, adota-se que estes também são os aspectos modificados pela introdução de algum novo aproveitamento energético no local, ou seja, como a valoração visa quantificar a pressão que determinado recurso exerceria sobre o meio ambiente local, há uma correspondência entre os atributos da valoração e estes aspectos. No âmbito deste projeto, adota-se que: (1) extrapola-se a interdependência entre as águas superficiais e subterrâneas e considera-se uno o meio aquático; (2) a disponibilidade de água é afetada pelo consumo hídrico de cada recurso, assim como a qualidade está relacionada com o lançamento de efluentes líquidos dos corpos d'água; (3) os efeitos sobre a biodiversidade, relevo e solo estão diretamente associados com a demanda por ocupação de áreas por parte dos recursos e pela geração de resíduos sólidos.

Dessa forma, define-se o seguinte grupo de atributos que descrevem as influências do recurso sobre a dimensão ambiental:



Adaptado de Kanayama (2007)

Figura 6.4: Atributos da dimensão ambiental

6.3.1 – Meio aéreo

Assume-se como premissa para a caracterização ambiental do meio aéreo que a emissão de gás carbônico (CO_2) no uso final do biodiesel é igual a absorção do mesmo durante a fotossíntese, ou seja, o balanço de CO_2 é nulo. Portanto, qualquer emissão deste gás atribuída ao biodiesel refere-se ao consumo de insumos fósseis durante o processo.

6.3.1.1 – Geração de poluentes atmosféricos

Neste atributo, são levados em consideração os principais poluentes atmosféricos emitidos na cadeia de produção do biodiesel - monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SO_x), material particulado (MP), entre outros que possam afetar a qualidade do meio ambiente.

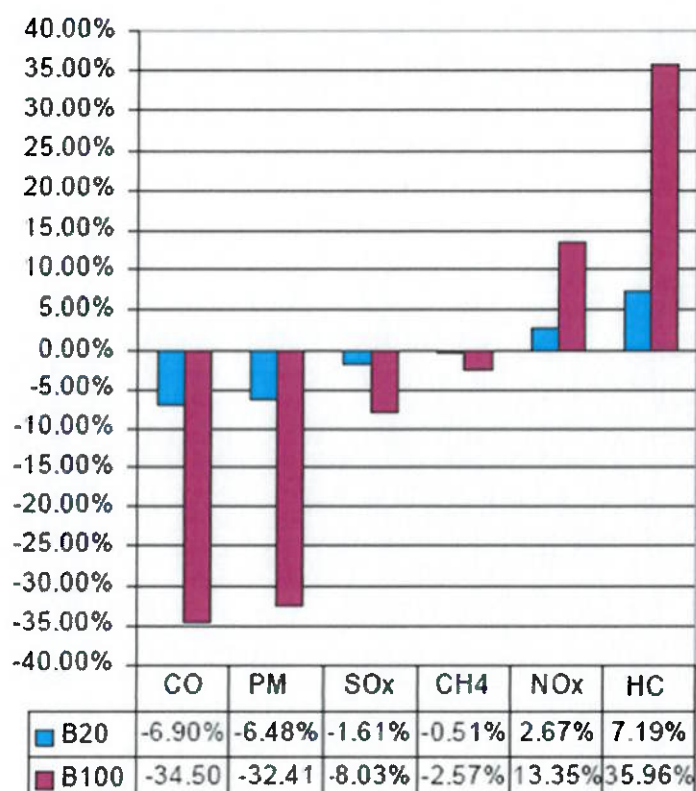
Tabela 6.1: Emissões por unidade de energia

Poluente	Biodiesel g/bhp-h
CO	0,83
MP	0,047
SO_x	0
CH_4	0,20
NO_x	5,68
HC	0,60

Adaptado de Sheehan (1998)

As emissões de óxidos de enxofre não são nulas no caso americano, já que estão relacionadas ao consumo de energia elétrica gerada em termoeletricas a carvão mineral. Para o caso brasileiro, considera-se nula, já que sua matriz energética é incipiente quanto ao uso de carvão mineral.

O aumento no índice de emissão de hidrocarbonetos é devido aos processos agrícola e de extração do óleo. Ou seja, a emissão direta de hidrocarbonetos em motores é menor para biodiesel, melhorando a qualidade do ar em centros urbanos.



Sheehan (1998)

Figura 6.5: Emissões atmosféricas em comparação com o petrodiesel

6.3.1.2 – Potencial de efeito estufa

Para o cálculo do potencial de efeito estufa a ser efetuado no decorrer deste documento, utiliza-se a metodologia GWP (*Global Warming Potential*) com os valores recomendados pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Esta metodologia consiste em avaliar o potencial de cada gás em relação ao CO₂, apresentando os resultados em quilogramas de CO₂ equivalente.

Tabela 6.2: Potencial de efeito estufa em relação ao CO₂

GEE	GWP
CO ₂	1
CO	1
CH ₄	23
NOx	5
N ₂ O	296

IPCC (2001)

Tabela 6.3: Potencial de efeito estufa

GEE	GWP	Biodiesel g/bhp-h	gCO2 eq/bhp-h
CO2	1	136,45	136,45
CO	1	0,83	0,83
CH4	23	0,20	4,55
NOx	5	5,68	28,40
N2O	296	0,00	0,68
Total	-	143,16	170,91

Adaptado de Sheehan (1998)

6.3.2 – Meio aquático

Tabela 6.4: Impactos no meio aquático

Recurso	Consumo de água (litros/bhp-h)	Geração de efluentes (litros/bhp-h)
Biodiesel	86,3636	0,099
Petrodiesel	0,0262924	0,469

Adaptado de Sheehan (1998)

Alerta-se para o valor elevado no consumo de água do biodiesel, um dos seus maiores inconvenientes, representado principalmente pela etapa de cultivo da matéria-prima. Com o desenvolvimento de variedades geneticamente melhoradas ou mesmo o uso de espécies não exigentes em água, esse valor pode ser diminuído consideravelmente.

No atributo geração de efluentes, uma análise em função da DBO (demanda bioquímica de oxigênio) ou DQO (demanda química de oxigênio) acresceria maior consistência ao resultado, por permitir uma comparação tanto quantitativa como qualitativa.

6.3.3 – Meio terrestre

Tabela 6.5: Geração de resíduos sólidos

Recurso	Geração de resíduos sólidos perigosos (kg/bhp-h)	Geração de resíduos sólidos não-perigosos (kg/bhp-h)
Biodiesel	1,82 E-05	0,006127
Petrodiesel	4,13 E-04	0,002824

Adaptado de Sheehan (1998)

Além dos impactos causados pela geração de resíduos sólidos, a ocupação de terras também é avaliada no meio terrestre. O potencial de ocupação de terras é representado pela etapa de cultivo da matéria-prima, já que esta possui maior relevância neste atributo. Apresentam-se três possibilidades de introdução do biodiesel no mercado, B2, B3 e B5 - 2%, 3% e 5% de biodiesel, respectivamente:

Tabela 6.6: Ocupação de terra

Biodiesel	Área ocupada (ha)
B2	4.911,76
B3	7.367,65
B5	12.279,41

Elaboração própria

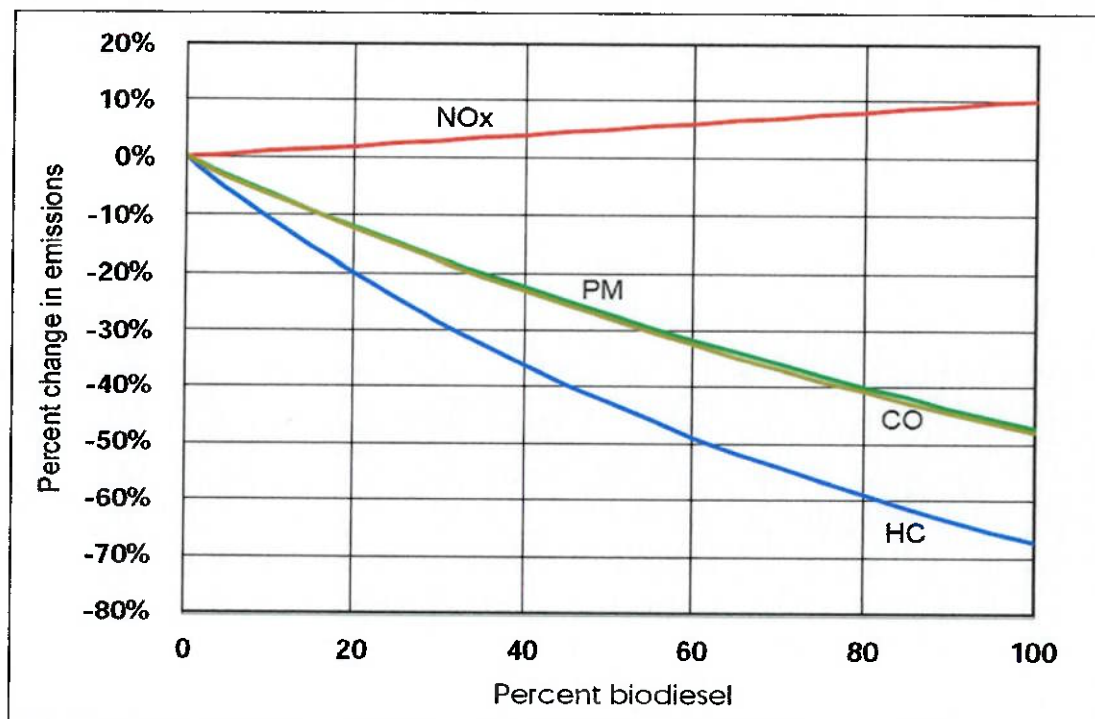
6.3.4 – Discussão ambiental

O objetivo da inclusão da dimensão ambiental no processo é a escolha pela fonte que representa a opção menos impactante no meio ambiente. Assume-se a premissa que impacto ambiental é o desequilíbrio ambiental (seja físico, químico, biológico ou sócio-econômico) causado por alterações introduzidas pelo ser humano no meio.

A dimensão existe, portanto, a fim de estabelecer parâmetros, comparáveis entre si, que descrevam a interação entre o empreendimento e o meio que o circunda. Por representar uma dimensão técnica, seus atributos e valores podem ser manipulados, de forma relativamente simples, na posterior etapa de ranqueamento dos recursos.

Aqui as dimensões temporais e geográficas atuam de forma clara. Em diferentes tempos, diferentes tecnologias tornam-se viáveis e mudam as interações com meio, tornando o aproveitamento dos recursos mais eficientes e, conseqüentemente, diminuindo os resíduos poluentes.

Cabe apontar a aumento na emissão de nitróxidos (NOx) devido ao uso do biodiesel. O gráfico a seguir evidencia as diferenças percentuais entre os poluentes atmosféricos emitidos em motores a combustão interna, ponderado pela mesma energia gerada.



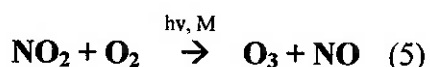
EPA (2002)

Figura 6.6: Emissões veiculares em relação ao diesel mineral

Pode-se notar que o único poluente medido pela EPA que apresenta maiores taxas de emissão, em relação ao diesel, é o NOx. Este aspecto pode ser encarado como uma barreira técnica do biodiesel. Entre outras características, maior presença de oxigênio e maior densidade do biodiesel, fazem com que as emissões de NOx sejam maiores (GRABOSKI; McCOMIRCK; 1998).

Os efeitos adversos dos nitróxidos na saúde humana, de forma direta, não são tão alarmantes. O NO₂ pode, em elevadas concentrações, levar a formação de edemas pulmonares. Já o NO pode ligar-se à hemoglobina no sangue, porém de forma menos danosa que o CO.

Entretanto, a principal questão envolvida nas emissões de NOx com respeito à poluição atmosférica, residem no fato dele ser precursor do ozônio, e este poluente é causa de doenças respiratórias mais graves. A equação abaixo mostra como ocorre o chamado smog fotoquímico, necessariamente na presença de luz (hv) e uma molécula (M) que absorva o calor da reação:



O ozônio (O_3) é um dos principais poluentes em grandes centros urbanos, onde a malha rodoviária é extensa, como São Paulo e Los Angeles. Como a reação ocorre na presença de luz, especificamente radiação com comprimento de onda menor que 420 nm, o pico de formação de ozônio troposférico acontece entre o meio-dia e duas horas da tarde.

Alguns testes foram realizados na tentativa de diminuir as emissões de gases compostos de nitrogênio. A adição do antioxidante TBHQ diminui a emissão total de NO_x , porém aumenta a emissão de material particulado; já a adição aditivos DTBP e EHN são efetivos na redução das emissões de NO_x sem provocar aumento nas emissões de material particulado (MCCOMIRCK; ALVAREZ; GRABOSKI; 2003).

É de se esperar melhoras significativas nos próximos anos quanto aos métodos para o controle das emissões de nitróxidos, incrementando assim a viabilidade ambiental do biodiesel, principalmente no que tange a melhoria da qualidade do ar em centros urbanos.

6.4 - Dimensão Social

Analisa-se na dimensão social o impacto dos sistemas de geração na qualidade de vida da sociedade como um todo. A qualidade de vida é afetada por inúmeros fatores, incluindo prejuízos à saúde pública e à agricultura assim como benefícios como geração de empregos e desenvolvimento econômico (Fujii, 2006). Devem também ser considerados os impactos de ordem sócio-cultural, dependentes da percepção histórica e socialmente construída das populações, e de caráter inerentemente subjetivo. Tais impactos são de difícil caracterização, mas refletem em última instância no posicionamento dos diferentes En-In's em relação a alguma modificação de seu contexto habitual, no caso, a implantação de um empreendimento energético.

A economia neoclássica possui a natureza de somente conseguir incorporar aspectos novos em seu planejamento se estes foram passíveis de monetarização. Dessa forma, como existe uma atual demanda global pela consideração dos fatores sociais e ambientais em tomadas de decisão estratégicas, é muito comum que se realizem estudos objetivando a

precificação dos impactos ambientais. De fato, é fácil se deparar com muitos destes na literatura científica, mas a comparação dos valores por eles calculados demonstra um elevado grau de discrepância, devido às subjetividades existentes nas premissas adotadas na precificação (Fujii, 2006). Portanto, deve-se priorizar uma análise mais qualitativa sempre que possível, e é assim que se procede para esta dimensão.

Foi proposta por Fujii (2006), uma série de elementos a serem considerados na dimensão social, abrangendo um leque bastante amplo de interações sociais. Este trabalho será o de partida para a definição dos atributos desta dimensão, sendo que muitos são correspondentes aos apresentados pelo autor.

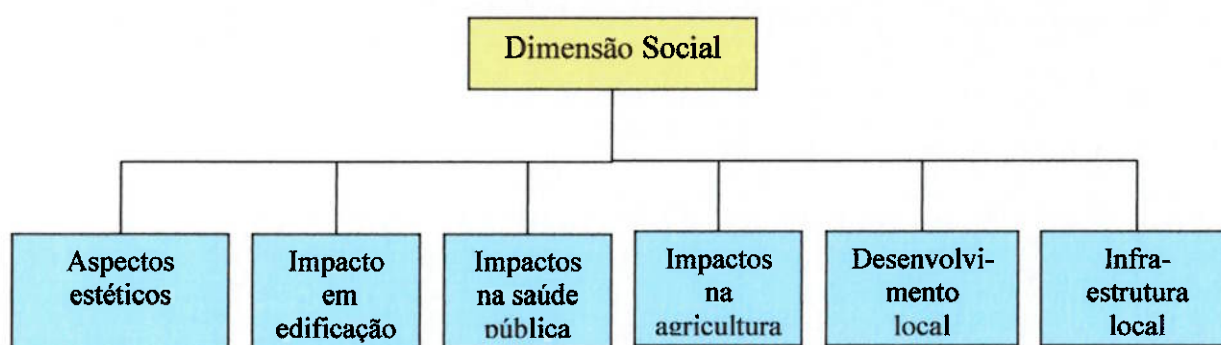


Figura 6.7: Atributos da dimensão social
Adaptado de Fujii (2006)

6.4.1 – Aspectos estéticos

Conhecido por impacto visual, o atributo “aspectos estéticos” visa qualificar o impacto de mudança na paisagem. Muito embora o aspecto estético de um recurso possa parecer de pouca relevância, especialmente quando observado sob a luz da dimensão técnico-econômica, ele é de suma importância na dimensão social, já que influi no conforto daqueles que estão em contato com ele.

Como o modelo produtivo adotado sugere a utilização de terras destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar, a fase de cultivo da matéria-prima não provoca alterações significativas na paisagem.



Figura 6.8: Plantação de girassol

Na fase industrial da cadeia produtiva do biodiesel, o impacto na mudança da paisagem pode ser significativo em função do espaço geográfico no qual a planta industrial se insere. Por exemplo, em um aproveitamento ideal, no qual o processamento do biodiesel ocorre em paralelo, espacial e temporalmente, com a cana-de-açúcar, o impacto de mudança na paisagem perde magnitude, já que a área na qual o processo é inserido já apresenta aspecto industrial.

Uma das dificuldades encontradas na valoração deste recurso reside na variabilidade espacial e temporal, já que alguns atributos estão diretamente ligados com o lugar e o tempo da exploração do recurso. De qualquer forma, a figura abaixo caracteriza o processo industrial do biodiesel no critério “aspectos estéticos”.



Figura 6.9: Planta industrial de biodiesel

6.4.2 – Impacto em edificações

As edificações estão sujeitas ao desgaste natural, causado pelas intempéries. No entanto, esse desgaste pode ser acelerado com a deposição de poluentes, normalmente na forma de chuva ácida.

Os principais gases responsáveis pela chuva ácida são os óxidos de enxofre e de nitrogênio, devido as suas capacidades de se transformarem em ácidos fortes – ácido sulfúrico e ácido nítrico, respectivamente. Portanto, o atributo impacto em edificações será referenciado pelas emissões dos dois gases acima citados.

Tabela 6.7: Impacto em edificações

Gases	Emissão (g/bhp-h)	Total
NOx	5,68	5,68
SOx	0	

Adaptado de Sheeran (1998)

6.4.3 – Impactos na saúde pública

As emissões de poluentes aéreos são consideradas a principal causa de impactos à saúde, porém outros fatores também podem causar efeitos, como a emissão de poluentes terrestres e aquáticos. No entanto, adota-se a premissa que as emissões de poluentes sólidos e líquidos configuram-se num problema de importância secundária, devido à maior capacidade de os sistemas de tratamentos existentes reduzirem significativamente seus potenciais deletérios à saúde pública.

Os efeitos adversos sobre a saúde humana - doenças e morte – ocasionados por emissões atmosféricas de óxido de enxofre, de óxido de nitrogênio e de material particulado, dentre outros, são cientificamente comprovados. A literatura apresenta inúmeros estudos de dose-resposta destes poluentes na atmosfera. Estes estudos são chamados de estudos epidemiológicos, que foram desenvolvidos com o objetivo de identificar a relação causa-efeito entre os poluentes atmosféricos e a saúde humana (TOLMASQUIM, 2000).

Os coeficientes da função dose-resposta são obtidos a partir de uma relação estatística significativa entre os efeitos sobre a saúde humana e a concentração de poluentes (vide anexos 1 e 2).

Os valores que considerados na valoração deste atributo correspondem aos coeficientes que relacionam a concentração de determinados poluentes no ar e sua relação com a mortalidade de humanos. A concentração de determinado poluente no ar é função de inúmeros parâmetros de projeto, dispersão do poluente, condições atmosféricas, entre outros, logo, realiza-se uma simplificação, que se entende não influenciar no objetivo final, a comparação entre os diversos recursos, que consiste em multiplicar o fator de emissão dos poluentes pelo coeficiente das curvas dose-resposta.

Os gases levados em conta neste atributo são SO₂ e PM₁₀, já que são os mais referenciados na literatura. A tabela 6.9 mostra os coeficientes escolhidos para cada gás e suas respectivas emissões:

Tabela 6.8: Impactos na saúde pública

Poluente	Coeficiente	Emissões (g/bhp-h)	Total
SO ₂	5,23	0	0,0564
PM ₁₀	1,2	0,047	

Adaptado de Tolmasquim (2000) e Sheehan (1998)

6.4.4 – Impactos na agricultura

Os efeitos sofridos pela agricultura oriundos da geração de energia são provenientes principalmente das emissões de poluentes aéreos e aquáticos, os quais contaminam os cultivos e causam dois tipos de danos: perda de produtividade e contaminação (FUJJI, 2006).

São muitos os fatores que acarretam mudanças no ambiente agrário, podendo levar aos danos citados. Entre eles, destacam-se a exposição a compostos de nitrogênio e a chuva ácida. Logo, utiliza-se como critério as emissões de óxidos de nitrogênio e enxofre, os quais, ao retornarem ao solo, em forma de ácidos, modificam suas características, como por exemplo o pH.

Outro fator que se destaca na agricultura são os recursos hídricos. Quaisquer alterações que diminuam a disponibilidade e/ou a qualidade das águas devem ser levadas em consideração neste atributo. Portanto, utilizam-se mais dois critérios neste atributo, consumo de água e geração de efluentes líquidos.

Portanto, considera-se para representar este atributo um macro-indicador composto de quatro índices já utilizados neste trabalho, cada um com a mesma importância relativa, visando uma avaliação mais completa do impacto do recurso na agricultura.

Tabela 6.9: Impactos na agricultura

Recurso	Consumo de água (litros/bhp-h)	Geração de efluentes (litros/bhp-h)	Emissões de NOx (g/bhp-h)	Emissões de SOx (g/bhp-h)
Biodiesel	86,36	0,099	5,68	0

Adaptado de Sheeran (1998)

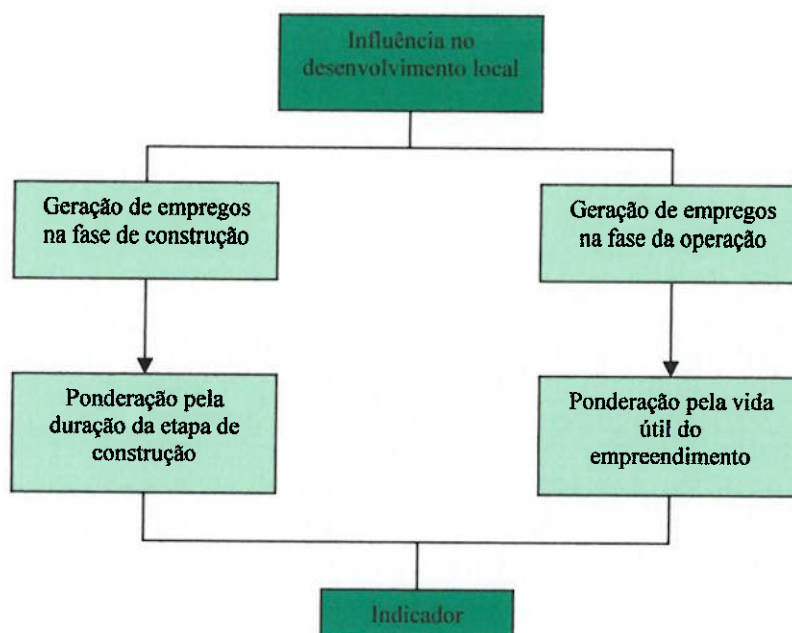
6.4.5 – Desenvolvimento local

A criação de novas centrais de produção de energia é um fator potencial de desenvolvimento, seja econômico ou social: há a criação de empregos na região, estímulo ao setor comercial e imobiliário, maior arrecadação de impostos, entre outras consequências (Fujii, 2006).

Adota-se o potencial de geração de empregos como critério exclusivo para a quantificação do atributo influência no desenvolvimento local, visto que a maioria dos fatores outros que modificam ou influenciam o desenvolvimento local decorrem diretamente da geração direta e indireta de empregos.

No entanto, deve-se, na valoração deste atributo, atentar para aspectos importantes de tal desenvolvimento; a fase de construção do empreendimento demanda uma grande quantidade de mão-de-obra, mas se estende por um período relativamente curto, e pode ser realizado à custa de trabalhadores temporários provenientes de outras regiões, enquanto a operação emprega um número menor de trabalhadores, mas se estende por um período maior e, portanto, tende a contratar trabalhadores locais ou estimular os outros a fixarem residência na região.

Para a valoração deste atributo, é proposto um indicador que considere as diferentes características dos empregos gerados nestas duas fases do empreendimento, podendo ser complementado por indicadores de arrecadação fiscal, mas que fogem das competências deste trabalho. Portanto, a seguinte estrutura de valoração do recurso dentro do atributo “influência no desenvolvimento local” é concebida:



PIR (2008)

Figura 6.10: Estrutura de um indicador para o atributo influência no desenvolvimento local

O potencial de produção de biodiesel para a região administrativa de Araçatuba foi estimado em 35.215,3 toneladas. Transformando o potencial para litros, com densidade de 0,880 kg/litro:

$$PPB = 35.215,3 \div 0,880 = 40.017.386 \text{ litros de biodiesel (6)}$$

Os dados com relação a geração de empregos na cadeia do biodiesel são raros e apresentam grande variabilidade. Portanto, para este atributo, são feitas estimativas tanto para a fase de operação quanto para a fase de construção.

Adota-se a construção de 5 plantas industriais na região, com capacidade instalada de cerca de 9 mil m³ por ano. Cada planta gera 10 empregos na fase de construção, a qual se estende por um período de 1 ano, e 40 empregos na fase de operação, que se prolonga até o fim da vida útil do empreendimento, em geral 30 anos.

A tabela abaixo representa o potencial da RAA para o atributo influência no desenvolvimento local. A ponderação é feita de acordo com a extensão temporal da geração de empregos, enquanto que o potencial é multiplicado pelo número de usinas implantadas na região.

Tabela 6.10: Potencial para influência no desenvolvimento local

	Empregos/Usina	Ponderação	Potencial
Construção	10	10	50
Operação	40	1200	6000
Total	50	1210	6050

Elaboração própria

6.4.6 – Infra-estrutura local

Alguns tipos de geração de energia carregam consigo concepções inerentes de projeto que resultam em infra-estruturas passíveis de aproveitamento público, extravasando o âmbito do recurso como mero empreendimento econômico. O exemplo mais emblemático é o caso das hidrelétricas - os reservatórios de água advindos de sua construção costumam adquirir caráter recreacional e incrementar o turismo local.

O biodiesel adota a infra-estrutura pré-existente, não acarretando em mudanças que extrapolem seu objetivo final. Portanto, considera-se nula a influência do biodiesel na infra-estrutura local.

6.4.7 – Discussão Social

A dimensão social aborda os impactos na sociedade. Em termos gerais, tenta-se caracterizar a interação dos empreendimentos energéticos no meio social, seja urbano ou rural.

A caracterização ou valoração social esbarra na dificuldade de quantificação dos impactos sociais, visto que alguns podem parecer subjetivos e, por isso, de difícil padronização. Vale lembrar que a metodologia de valoração não se restringe a valores numéricos, podendo abranger qualificações que de alguma forma ilustrem os aspectos envolvidos no uso e exploração de determinado recurso energético.

A separação entre a dimensão social e a dimensão ambiental é tênue, de difícil compreensão. A partir do momento em que as dimensões aparecem separadas, configura-se um meio social diferente do ambiental, como se fossem coisas distintas, como se homem e a natureza possuíssem atributos diferenciáveis.

Esta dificuldade evidencia-se na implementação da metodologia de valoração, onde parte dos atributos sociais recebe indicadores ambientais, comprovando, assim, a unicidade do meio, ao representar o homem como ente de um ambiente maior.

6.5 - Dimensão Política

Fujii (2006) apresentou uma lista dos elementos que mais influem na constituição do posicionamento dos grupos frente a recursos energéticos distintos. A partir de tal lista foi definido um conjunto de atributos mínimo para a representação da dimensão política, apresentado na figura 6.11.

Ressalta-se a dificuldade em valorar os atributos políticos, ou seja, em adotar e apresentar valores que definam cada atributo e possibilitem uma comparação entre os recursos.

A palavra valor remete, intuitivamente, à simbologia numérica, no sentido de quantificar algum atributo, processo ou aspecto. No caso da valoração, a metodologia não se restringe apenas ao caráter quantitativo ou representação numérica. Em alguns casos, e em particular na dimensão política, outros meios são utilizados, ao ponto da caracterização descrever qualitativamente determinado atributo. Ou seja, a valoração, etapa que precede o ranqueamento dos recursos energéticos, é descrição e caracterização completa do recurso, seja ela quantitativa ou qualitativa.

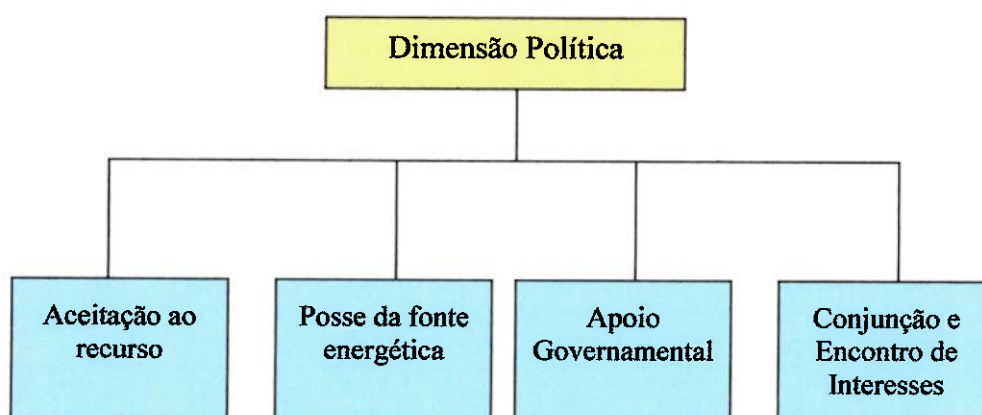


Figura 6.11: Atributos da dimensão política
Adaptado de Fujii (2006)

6.5.1. – Aceitação ao recurso

Um atributo dos mais importantes na caracterização dos recursos energéticos é o grau de aceitação ou repulsa dos interessados e envolvidos da região. Entende-se por interessados e envolvidos todo indivíduo, corporação, órgão público, grupo social, enfim, todos os afetados diretamente ou indiretamente pela execução de um projeto de geração de energia.

A intenção deste atributo é introduzir uma análise prévia acerca da possibilidade da exploração de determinado recurso, já que uma forte oposição de algum grupo social pode inviabilizar a execução do projeto. Como exemplo, a hidrelétrica de Belo Monte, no Estado do Pará, projetada durante o regime militar, não foi construída, até então, devido à forte oposição de grupos indígenas e movimentos sociais.

Para tanto, faz-se necessária a definição de quais grupos são pertinentes para a composição deste atributo. Portanto, são definidos os seguintes atores como principais representantes na questão energética:

- *Governo* – é o principal ator na questão energética, já que, devido ao seu papel regulador, elabora políticas, normas e leis que regulamentam as atividades energéticas;
- *Consumidores* – neste caso são representados os consumidores de grande porte, como indústrias intensivas no uso de energia;
- *Geradores* – representa os produtores do biodiesel;
- *Distribuidores* – como distribuidores estão representadas as empresas distribuidoras de diesel, como a Petrobrás;
- *Movimentos ambientalistas* – principalmente as ONGs que participam da questão energética e adquirem cada vez maior repercussão na mídia, como o Greenpeace, WWF, etc;
- *Movimentos sociais* – englobam movimentos como o MAB e os sindicatos de trabalhadores na área energética;
- *População* – grupo que assume a posição da população em geral.

Como o biodiesel representa uma fonte alternativa ao petróleo, além de ser caracterizado como renovável, o grau de aceitação é positivo, de forma quase unânime. O governo brasileiro tornou sua adição obrigatória, a partir de 2008, portanto, conclui-se que sua aceitação é positiva.

Os consumidores de grande porte enxergam a questão energética meramente como custo de produção. Portanto, qualquer alteração que eleve o custo da energia utilizada é vista de forma negativa. Pode-se dizer que o grau de aceitação dos consumidores é relativo ao preço da energia, sendo positivo caso a alteração diminua os custos produtivos, e negativo no caso contrário.

No caso de geradores e distribuidores, ambos apresentam posição favorável quanto à introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, já que obterão lucros com esta atividade econômica.

As principais ONGs que atuam na questão energética possuem caráter ambientalista, e, por isso, seu grau de aceitação é positivo, pois o biodiesel é um combustível renovável e atua no combate ao aquecimento global.

Movimentos sociais e sindicatos apóiam alternativas geradoras de empregos e que diminuam as disparidades regionais, logo seu grau de aceitação ao biodiesel é positivo.

A opinião geral da sociedade restringe-se a aspectos superficiais, fora do alcance técnico e científico. Seu grau de aceitação está intimamente ligado às notícias veiculadas na imprensa e com acontecimentos históricos. Pode-se qualificar o grau de aceitação da sociedade como positivo, principalmente pela euforia que envolve o biodiesel e pela falta de manifestações contrárias ao seu uso.

6.5.2 – Posse da fonte energética

O controle da fonte energética constitui-se em um dos principais focos da política energética de qualquer país. A disponibilidade de energia de maneira contínua e a preços estáveis é, talvez, o fator de maior relevância na dimensão política. Assim, é conveniente avaliar se a fonte energética de um dado recurso é de acesso livre (como a energia eólica, solar e biomassa), destinada a usos múltiplos (hídrica), de posse da União (como é o caso do petróleo e gás natural brasileiro) ou estrangeiro (FUJJI, 2006).

O biodiesel é um recurso da biomassa, e seu acesso é livre.

6.5.3 – Apoio governamental

O apoio governamental a determinado tipo de recurso energético é um dos mais importantes atributos na caracterização geral, por isso é representado mais de uma vez na dimensão política e recebe um atributo específico.

Existe grande otimismo dentro do governo, principalmente do governo federal, quanto ao programa de produção e uso do biodiesel. Além de linhas específicas de financiamento para recursos oriundos da biomassa, como o PROINFA, o governo enxerga no biodiesel uma possibilidade de diminuir a dependência em importação de combustíveis fósseis. Portanto, o apoio governamental é positivo.

6.5.4 – Conjunção e encontro de interesses

De acordo com a metodologia PIR, este atributo é avaliado em duas frentes:

1. Gerador e distribuidor
2. Distribuidor e consumidor

Como a introdução do biodiesel é obrigatória, os interesses convergem.

6.5.6 – Discussão política

Salienta-se a dificuldade em encontrar medidas que tornem possível a comparação entre os recursos, foge muitas vezes dos padrões observados na literatura, já que os parâmetros envolvidos podem ser diferentes.

A constatação acima não deve causar desconfiança quanto ao tratamento dos dados, já que a visão de um planejamento energético que abranja diferentes setores da economia, da geração e distribuição de energia e dos usos finais é por si ambiciosa, trazendo consigo questionamentos diretos e dúvidas freqüentes, inevitáveis e necessárias para a consagração da metodologia como um todo. Por esta característica, a multidisciplinaridade torna-se evidente, e passa, a técnica de planejamento integrado de recursos energéticos, pelas principais áreas do conhecimento, desde as ciências políticas, até a exatidão da engenharia elétrica.

Em casos mais específicos, como a integração entre demanda e oferta em uma vertente específica de produção, a ponderação dos resultados torna-se mais tangível, sendo possível escapar de algumas inconsistências que surgem à medida que se amplia o espectro analisado.

A dimensão política por natureza é a mais difícil de ser abordada racionalmente, pelo menos com as ferramentas utilizadas até a presente data. Ela busca trazer para o processo decisório, os principais atores envolvidos na questão e, no caso do setor energético, na forma mais ampla que este termo pode significar no cotidiano de exploração e uso dos recursos naturais, engloba uma porção significativa de atores. A participação dos atores, em si, deve guardar as devidas proporções no quesito representatividade, já que no duelo de forças, naturalmente com visões, filosofias e objetivos diferentes, os atores comumente mais poderosos (o Estado, a indústria energo-intensiva, os grandes empresários) possuem maior influência no processo.

Este equilíbrio de forças é mutável e dinâmico ao longo do tempo, daí a dimensão temporal do PIR. A cada novo instante em que o processo é iniciado, novos paradigmas podem surgir, requisitando novas abordagens; não que novos cenários venham a contrapor a abordagem atual, e sim complementá-la, torná-la mais completa e robusta.

A dimensão geográfica do PIR faz-se presente de forma clara nesta dimensão. Diferentes realidades, ou limites geográficos, apresentam diferentes estruturas de poder, desde outros atores planejadores, até o processo decisório em si – com envolvimento maior ou menor da população, por exemplo.

A dimensão política, variável no tempo, no espaço e no sistema político vigente, é desafiadora quanto à maneira que é inserida no processo decisório, já que seus atributos apontam, quase que inevitavelmente, para uma etapa pré-decisória, como que se exercesse uma função de “crivo” aos projetos energéticos. A eventual ponderação inter-dimensões pode distorcer algumas discrepâncias do real, mas como é um processo analítico, sempre possuirá diferenças da realidade.

6.6 - Dimensão Técnico-Econômica

A dimensão técnico-econômica é de amplo uso e conhecimento, já que o planejamento tradicional a utiliza exclusivamente. Esta dimensão implica na busca pelo recurso energético de melhor retorno do capital investido e do menor custo de geração (FUJJI, 2006), entre outros critérios e características pertinentes no plano dos negócios.

Os atributos abaixo tentam representar de forma clara e objetiva a dimensão econômica.

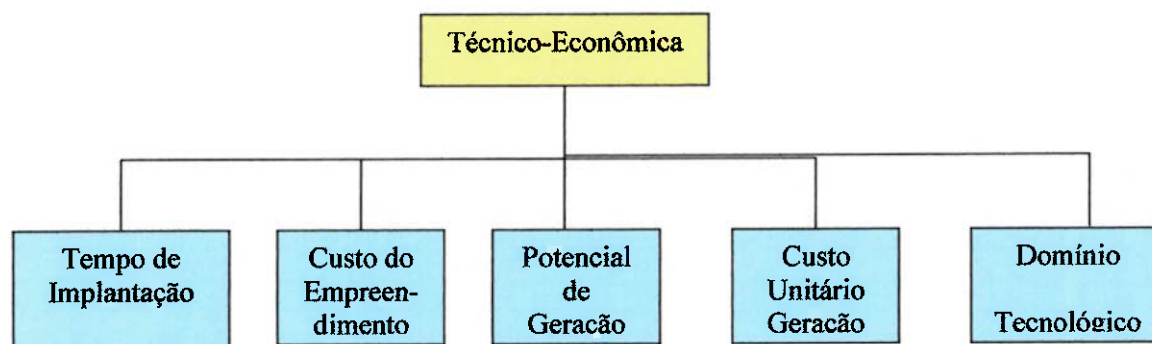


Figura 6.12: Atributos da dimensão técnico-econômica
Adaptado de Kanayama (2007)

6.6.1 – Tempo de instalação

Uma característica muito importante em projetos energéticos é o tempo de instalação do empreendimento. Muitas vezes são necessários grandes intervalos de tempo entre a concepção do projeto até sua execução e operação, o que pode acarretar imprevistos, principalmente econômicos.

Para o biodiesel, considera-se o tempo de instalação da planta de transesterificação, já que é a etapa que demanda mais tempo para que projeto entre em operação. Neste projeto, o tempo é estimado em 1 ano.

6.6.2 – Custo do empreendimento

O atributo custo do empreendimento representa o custo de instalação, ou seja, o investimento inicial para que a planta entre em operação. Ele depende da capacidade de geração instalada e, neste caso, da abrangência do projeto, ou seja, de quais fases serão contempladas no projeto (cultivo, extração e/ou processamento).

Adota-se que apenas a etapa de processamento contempla este atributo, já que as outras fases estão embutidas no custo unitário de geração, ou seja, o custo final repassado ao consumidor.

Os custos do investimento inicial para a construção de uma planta de biodiesel são variáveis de acordo com a capacidade instalada, localização geográfica, tipo de planta, entre outros aspectos.

Como exemplo de custo do empreendimento, deixado em função da produção horária de biodiesel, apresenta-se:

$$CE = \text{R\$ } 400.000,00 \div 100 \text{ kg/h} = \text{R\$ } 4.000,00 / \text{kg} / \text{h} \quad (7)$$

CE = Custo do Empreendimento

6.6.3 – Potencial de geração

Como potencial de geração entende-se o potencial energético a ser aproveitado na região de análise, após consideradas as barreiras econômicas, sociais, ambientais e políticas (FUJJI, 2006).

O potencial de geração para a região administrativa de Araçatuba, como já citado anteriormente, será a rotação de cultura do girassol com a cana-de-açúcar. Portanto, como o rendimento do girassol é de 600 kg de óleo/hectare/ano, a área destinada ao plantio desta oleaginosa é de 20% do total de área destinada a cana (278.788), 950 kg de óleo produzem 1.000 kg de biodiesel e a densidade média é de 0,88 kg/litro, o potencial de geração é de:

$$PG = 600 \times 0,20 \times 278.788 \times (1000/950) \div 0,88 = 40.017,4 \text{ m}^3 \quad (8)$$

PG = Potencial de Geração

6.6.4 – Custo unitário de geração

Neste atributo estão embutidos todos os custos envolvidos na geração de energia, como operação e manutenção, custos fixos, custo das matérias-primas, transporte, entre outros.

Como valor adotado, utiliza-se a média do preço atingido no 9º leilão da ANP, realizado em 11 de abril de 2008:

$$CUG = 2,659 \text{ R\$/litro}$$

CUG = Custo Unitário de Geração

6.6.5 – Domínio tecnológico

O aproveitamento de qualquer fonte energética exige estrutura tecnológica. Esta, por sua vez, pode ser determinante na tomada de decisão no setor energético. Preferem-se tecnologias nacionais e de manuseio tal que a mão-de-obra disponível consiga suprir a demanda, ou seja, onde não haja necessidade de alto grau de especialização.

O principal foco deste atributo é analisar a disponibilidade tecnológica, a qual foi apresentada em Fujji, 2006:

- existência de fabricantes na região em questão;
- existência de representações de fornecedores externos;
- dificuldades para importação dos equipamentos.

Como representante nacional da indústria de base, no que tange aos equipamentos e tecnologias necessários à produção de biodiesel, a DEDINI S/A, situada em Piracicaba, proporciona função estratégica do ponto de vista geográfica, conferindo ao recurso domínio tecnológico regional.

6.6.6 – Discussão econômica

A economia moderna é amplamente estudada e dominada pela técnica. Por isso esta é uma dimensão de fácil compreensão e possui em si atributos relativamente simples de serem comparados entre os diferentes recursos energéticos.

Ela é a pauta mais importante no modelo de planejamento tradicional, que visa a simples execução de projetos mais rentáveis economicamente, desprezando eventuais efeitos adversos nas outras dimensões.

Estes eventos são evidenciados, em geral, após a execução do projeto, e são comumente chamados de externalidades – eventos não previstos no planejamento de cunho monetário, que são incorporados tardiamente, ou pagos (no sentido de lidar com o efeito também) por outras partes.

A dimensão econômica não requer detalhes mais profundos e não incorpora dúvidas quanto aos critérios envolvidos, pois seu conhecimento é antigo e manifesto e suas ferramentas são utilizadas em larga escala.

7 – Seguranças alimentar

Segundo o CONSEA, órgão de assessoria do executivo recriado em 2003, a segurança alimentar e nutricional:

“consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras da saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.”

Ainda no campo das definições, a FAO sustenta o termo segurança alimentar como “situação que existe quando todas as pessoas, durante todo o tempo, têm acesso físico, social e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos, que supram suas necessidades energéticas e preferências alimentícias, para uma vida ativa e saudável”.

Nas economias mercantis, esta definição está intimamente ligada ao poder aquisitivo da população. Portanto, uma parcela significativa da população brasileira apresenta *status* de insegurança alimentar, tanto em quantidade como em qualidade de alimentos consumidos.

A título de evidenciar a correlação entre fome e pobreza, adicionam-se os dados abaixo, onde as enormes desigualdades entre as regiões Norte e Nordeste das outras regiões brasileiras são explicitadas; desigualdades de renda e riqueza que, conseqüentemente, geram desigualdades nutritivas.

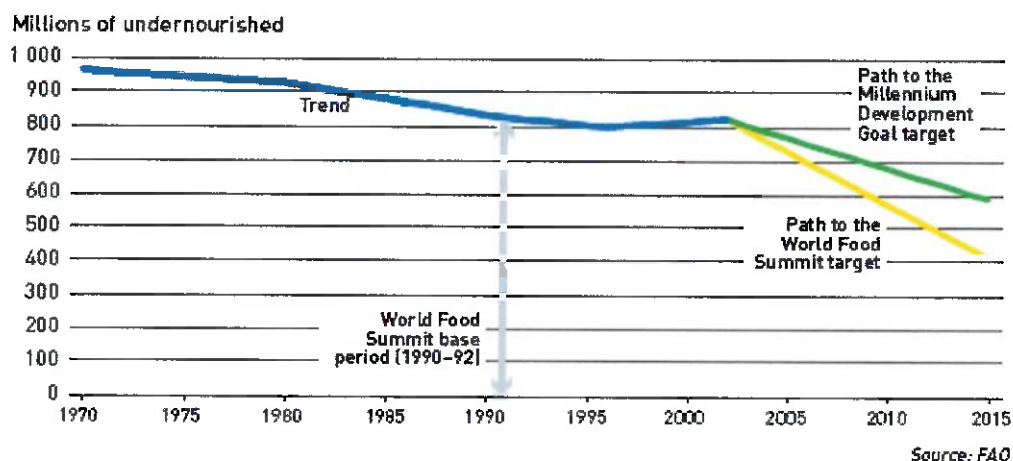
De acordo com a FAO a segurança alimentar é representada por quatro indicadores:

- **Disponibilidade:** quantidade ofertada de alimentos para suprir a demanda dos seres humanos.
- **Acesso:** representa a capacidade das populações de produzirem ou comprarem os alimentos que supram suas necessidades.
- **Estabilidade:** dimensão temporal da segurança alimentar, intimamente ligada à estabilidade dos preços no mercado.
- **Utilização:** se refere a capacidade das pessoas em absorver os nutrientes contidos nos alimentos e está estreitamente relacionada com fatores tais como estado de saúde e acesso a água potável.

A luta pela erradicação da fome mundial tem sido incluída de forma mais consistente nas agendas governamentais. É inaceitável, neste ponto da trajetória humana, com alto grau de desenvolvimento técnico-científico, a existência de milhões de pessoas em situação de insegurança alimentar.

A evolução da fome mundial está relacionada não apenas com a produção de alimentos – e a revolução verde, observada nos anos 70 é prova da ineficácia do aumento da produção e rendimento na agricultura como forma de combate à fome – como também, e principalmente, com a renda da população. Dadas as atuais circunstâncias, onde o mercado permite o fluxo de matéria entre toda e qualquer região no mundo, os fatores chaves que realmente afetam o acesso aos alimentos são a renda real da população e o preço do alimento (SCHMIDHUBER, 2007).

Em novembro de 1996, uma reunião entre 180 nações foi realizada em Roma – *World Food Summit* (WFS). O principal objetivo traçado foi de reduzir os níveis de insegurança alimentar para a metade dos níveis observados no início da década de 90. Este objetivo deveria ser atingido até o ano de 2015. Ou seja, a meta é alcançar o patamar de 412 milhões de pessoas em risco alimentar.

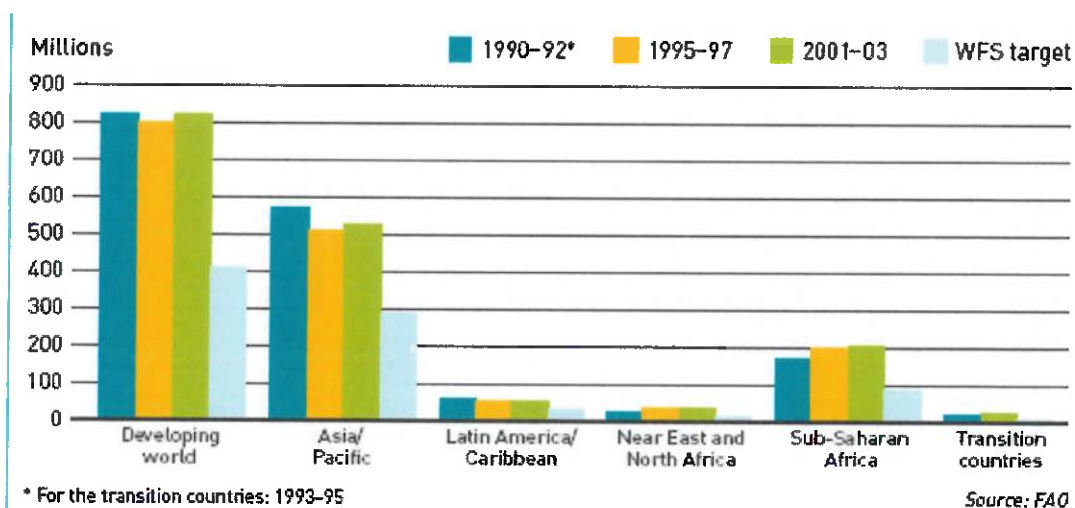


FAO (2006)

Figura 7.1: Número de pessoas em situação de insegurança alimentar

O gráfico acima explicita ainda a meta traçada pelo MDGT (*Millenium Development Goal Target*), a qual se resume em reduzir a porcentagem da população em risco alimentar pela metade dos níveis de 1990. Ao levar em consideração o crescimento populacional, esta meta pode ser alcançada mais facilmente.

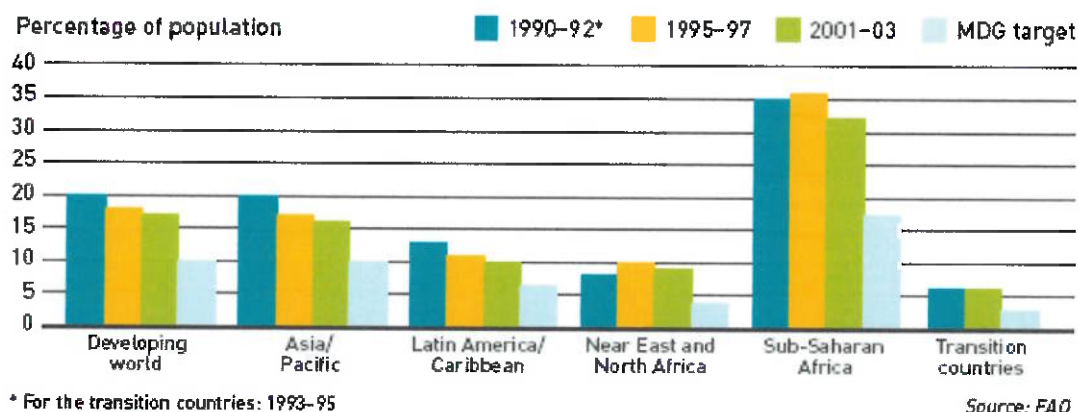
Até a as últimas avaliações da FAO, a meta almejada pelo WFS está longe de ser alcançada e, a continuar os níveis atingidos, a operação será um fracasso.



FAO (2006)

Figura 7.2: Número de pessoas em situação de insegurança alimentar e a meta da WFS

A característica mais preocupante mostrada no gráfico acima é o aumento nos anos 2001-2003, o qual compensou a diminuição atingida nos anos anteriores. Este aumento pode ser atribuído, também, ao elevado crescimento populacional nas respectivas regiões, já que a proporção da população atingida pela fome diminuiu, como mostra a figura 7.3.

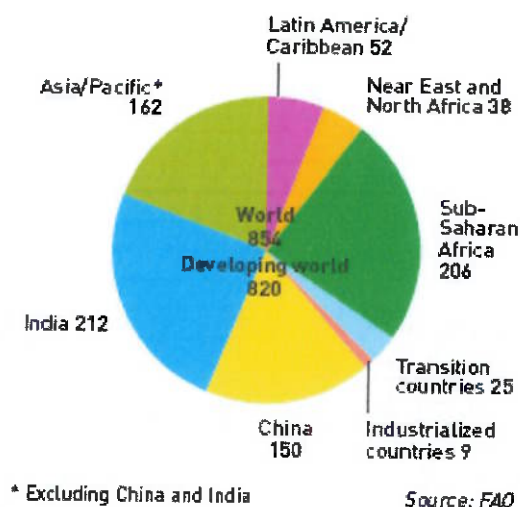


FAO (2006)

Figura 7.3: Porcentagem da população em situação de insegurança alimentar e a meta

MDG

Os dados mostrados nas tabelas 7.2 e 7.3 evidenciam a correlação entre a renda, de forma geral, e a fome. A seguir, a distribuição mundial, em números absolutos, da fome:



FAO (2006)

Figura 7.4: Distribuição mundial da fome

A fome é agravada pela pobreza e mantém a pobreza, a medida em que cria uma barreira, um limite social, onde as pessoas nesta situação têm suas chances reduzidas de superar o problema. É muito além do que um problema, que emociona a quem tem contato com tal cenário, é uma questão humanitária, de saúde pública e justiça social.

O quadro atual não pode ser aceitável. Quase 15% da população mundial encontra-se em situação de insegurança alimentar, enquanto que os EUA, país mais rico do mundo, possuem a maior proporção de obesos na Terra.

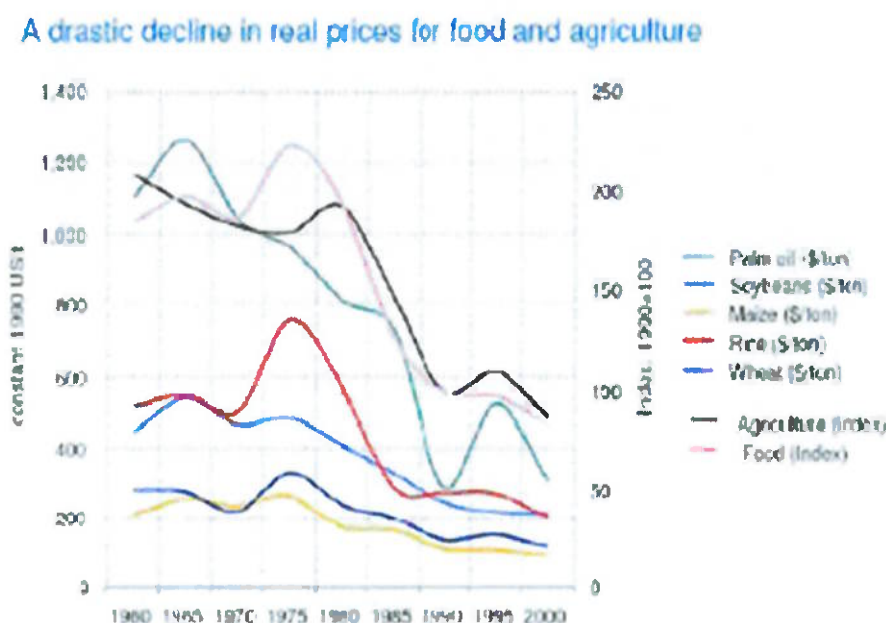
O desenvolvimento tecnológico permitiu derrubar teorias malthusianas, ao ampliar o rendimento de culturas alimentares, proporcionando, assim, juntamente com outros fatores, a supremacia da raça humana no planeta. Neste sentido, não se pode negar que a humanidade avançou.

A despeito deste elevado crescimento, pode-se dizer revolução tecnológica, existe uma parcela aquém, excluída de qualquer forma de bem-estar tecnológico. São cerca de 850 milhões de pessoas destinadas ao sofrimento por nascerem em regiões desprivilegiadas.

A fome não deve ser tratada de forma superficial, com simples doações de alimentos. A disparidade de renda entre as nações, o maior dos empecilhos na solução de inúmeros problemas, é a grande vilã desta situação. Deve-se construir ferramentas para alavancar, após a fome superada, o progresso em regiões pobres, com transferência de tecnologia, para que essas populações alcancem formas de produzirem alimentos e renda a partir do seu trabalho.

7.1 – Bioenergia X Alimentos

Historicamente, e principalmente nos últimos 50 anos, o preço dos alimentos apresentam uma série de declínio. Com os ganhos em produtividade, em decorrência de muitos avanços técnicos e científicos, a humanidade conseguiu produzir alimento suficiente a preços acessíveis. A figura 7.5 apresenta a evolução do preço de algumas culturas:



SCHMIDHUBER (2007)

Figura 7.5: Evolução dos preços dos alimentos

Este declínio pode estabelecer uma tendência global em relação ao preço dos alimentos, os quais passam por períodos de instabilidades e tendem a crescer por intervalos curtos de tempo – o que pode caracterizar o atual momento.

A união dos mercados de energia e alimentos pode descaracterizar a evolução vista até o momento. A partir do momento em que o preço da energia torne competitiva a introdução da agricultura energética na oferta, a concorrência por terras pode elevar o custo da agricultura alimentar. Porém, o efetivo impacto no acesso aos alimentos pode não ser relevante.

A agricultura não é somente fonte de alimentos, é também, e principalmente, fonte de renda (SCHMIDHUBER, 2007). Portanto, o aumento na renda dos proprietários rurais e da população empregada em culturas energéticas, pode elevar o acesso aos alimentos, diminuindo os índices de insegurança alimentar.

Deve-se atentar para o fato de que o agravamento da fome está relacionado com o aumento dos preços dos alimentos enquanto estes forem maiores do que o aumento na renda da população (SCHMIDHUBER, 2007).

Sabe-se que os biocombustíveis não são o vilão. Ao contrário, podem ser um instrumento essencial para tirar os países da insegurança alimentar e energética (SACHS, 2008).

De acordo com a FAO, a produção de biocombustíveis no mundo ocupa cerca de 14 milhões de hectares, ou quase 1% das terras agricultáveis do globo, o que representa que a atual elevação nos preços dos alimentos é influenciada outros fatores, como a especulação dos mercados futuros de *commodities*, alta no preço do petróleo e o aumento da demanda por alimentos, principalmente na Índia e na China.

Outros aspectos fazem dos biocombustíveis meros coadjuvantes da crise alimentar, como o aumento de 165% no preço do arroz em 2007 – matéria-prima que não é usada para a produção de biocombustíveis. Além disso, o preço do açúcar, que tem sua produção diretamente regulada pela produção de etanol, não sofreu grandes alterações nos últimos tempos.

A dificuldade em se levantar estritamente o impacto da produção de biocombustíveis no preço dos alimentos é grande, visto o curto intervalo de tempo da implantação da expansão da agricultura energética – o que em termos metodológicos representa uma limitada série histórica para análises empíricas. Além disso, existem diferentes tipos de produção de biocombustíveis com variadas integrações entre os mercados (alimentos e energia), o que requer estudos específicos antes de se unir e formar um modelo universal para a análise.

Pode-se afirmar que o impacto da produção de biocombustíveis nos níveis de insegurança alimentar é controverso – de difícil delimitação nas atuais circunstâncias. Ademais, a introdução da agricultura no mercado de energia pode trazer benefícios para a população rural diretamente afetada pela insegurança alimentar, a medida em que pode aumentar a geração de emprego e renda em lugares onde a produção de alimentos é incipiente.

7.2 – Disponibilidade de alimentos na RAA após introdução do biodiesel

A análise acerca da segurança alimentar da região administrativa de Araçatuba restringe-se à disponibilidade de alimentos. Quanto aos alimentos produzidos na região que

podem garantir a segurança alimentar da população, apresentam-se as culturas básicas, quais sejam, arroz, feijão, mandioca, milho e soja:

Tabela 7.1: Produção alimentar básica na RAA

Cultura	Área plantada (ha)*	Produção (t)*	Energia (10³ kcal)**
Arroz	317	642	667.680
Feijão	10.444	14.560	11.356.800
Mandioca	721	14.537	16.572.180
Milho	69.955	320.411	1.121.438.500
Soja	40.140	113.560	417.900.800
Total	121.577	463.710	1.567.935.960

* IBGE (2007)

** TBCA (2008)

O último levantamento censitário anotou uma população de 708.217 pessoas. Logo, a disponibilidade per capita diária de alimentos na região é de:

$$DA = 463.710.000 \div (708.217 \times 365) = 1,8 \text{ kg/pessoa/dia} \quad (9)$$

DA = Disponibilidade de Alimento

Pode-se ainda estimar a quantidade de energia disponível nos alimentos produzidos na região, e analisar sua disponibilidade per capita:

$$DEA = 1.567.935.960 \times 10^3 \div (708.217 \times 365) = 6.065,5 \text{ kcal/pessoa/dia} \quad (10)$$

DEA = Disponibilidade Energética Alimentar

Com esta disponibilidade energética, a região encontra-se em situação de segurança alimentar, já que a recomendação diária é de 2.000 kcal por pessoa. Entretanto, o avanço de culturas energéticas sobre áreas alimentícias pode desestabilizar a produção de alimentos e configurar a região em situação de insegurança alimentar, com eventual aumento no preço dos alimentos.

Portanto, analisa-se nesta etapa o impacto da introdução do biodiesel no mercado regional, com a premissa de atender a demanda veicular, que atualmente é de 167 milhões de

litros de diesel (PIR, 2008). Este impacto é avaliado em termos de ocupação de área agricultável para diferentes cenários de mistura de biodiesel.

Cenário 1:

O primeiro cenário esboçado é para o B2 (2% de biodiesel adicionado ao diesel.). A adição de 2% entrou em vigor em janeiro de 2008. Ressalta-se a disponibilidade inicial, em rotação de culturas com a cana-de-açúcar, de 55.757,6 hectares. Para o B2, a produção de biodiesel que atenda a demanda local deve ser de 3.340.000 litros.

Cenário 2:

Neste cenário analisa-se a introdução do B3, a entrar em vigor em meados de 2008. Para o B3, a produção de biodiesel que atenda a demanda local deve ser de 5.010.000 litros.

Cenário 3:

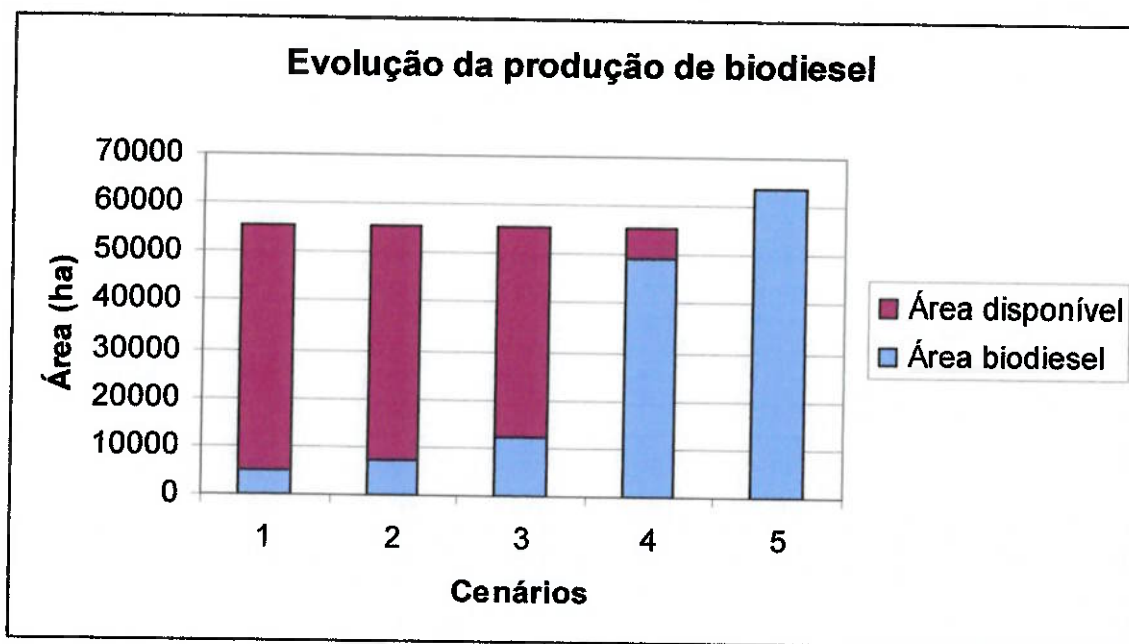
O terceiro cenário aborda o B5, o qual entrará em vigor, a priori, em 2013. Para o atendimento do B5, a produção local de biodiesel deve ser de 8.350.000 litros.

Cenário 4:

O quarto cenário aborda o B20, indefinido quanto a possível data na qual entrará em vigor, porém, já é adotado em pesquisas que mostram sua viabilidade técnica sem maiores alterações em motores de ciclo diesel. Para este cenário, considerando a demanda atual por diesel, a produção de biodiesel deve chegar a 33.400.000 litros.

Cenário 5:

Quando da utilização do B20, é provável que a demanda por diesel na região tenha aumentado. Analisa-se, portanto, o incremento de 30% na demanda por diesel, o que acarretaria em um consumo de 217.100.000 litros de diesel e uma produção de 43.420.000 litros de biodiesel.



Elaboração própria

Figura 7.6: Evolução da ocupação do solo devido à produção de biodiesel

Observa-se a sustentabilidade da introdução do biodiesel no mercado regional de Araçatuba, desde que o modelo seja adotado criteriosamente com a recomendação da utilização da rotação de culturas com os canaviais, permitindo o aproveitamento de terras já destinadas à produção de energia.

Como a disponibilidade energética alimentar é cerca de três vezes maior que o mínimo de referência, o crescimento populacional suportável é de três vezes a população atual. Portanto, a variável “crescimento populacional” não foi incluída.

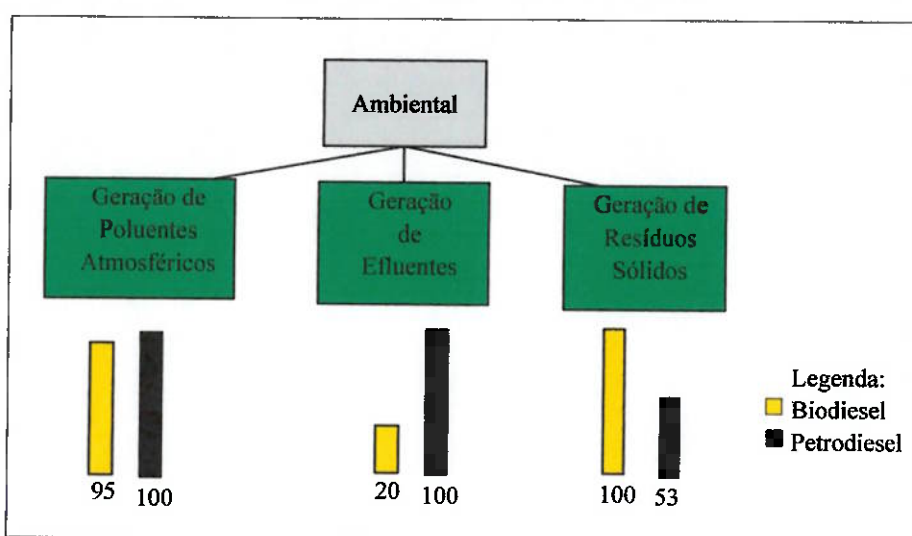
Os cenários contemplam de forma simples e objetiva a capacidade que a agricultura local tem de introduzir uma nova cultura energética sem comprometer a produção local de alimentos.

Uma eventual diminuição da produção de alimentos na RAA, que faça com que a região encontre-se em situação de insegurança alimentar, deve ser seguida de aumentos substanciais na renda da população local, permitindo-lhes o acesso a alimentos importados e mais caros.

8 – Resultados e Análise da Valoração

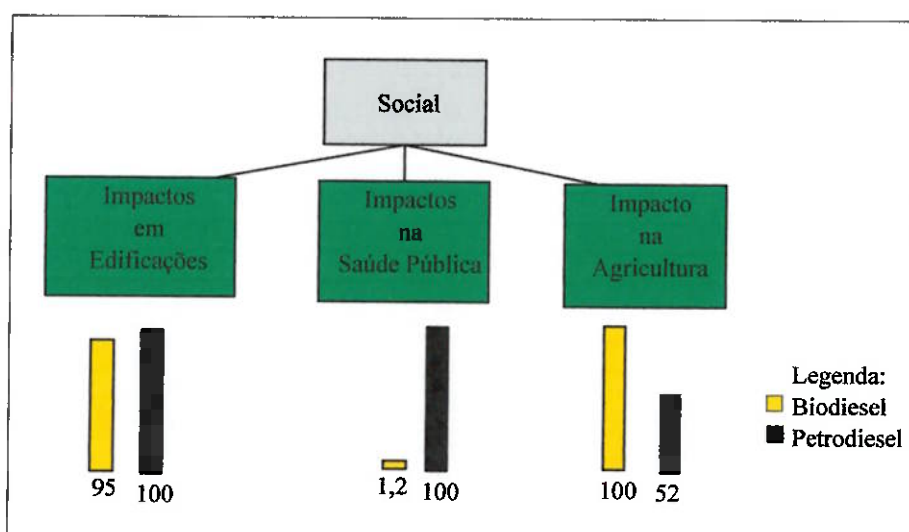
A metodologia da valoração completa de recursos deve subsidiar a etapa da ACC, que é uma ferramenta de tomada de decisão. Neste item, busca-se simular uma avaliação entre o biodiesel e o petrodiesel, a fim de demonstrar, de forma prática, a função da valoração feita no decorrer deste trabalho.

As figuras abaixo representam a comparação entre os recursos nas quatro dimensões. Alguns atributos representativos de cada dimensão são escolhidos, já que o objetivo não é a avaliação final, e sim a demonstração da utilização da ferramenta.



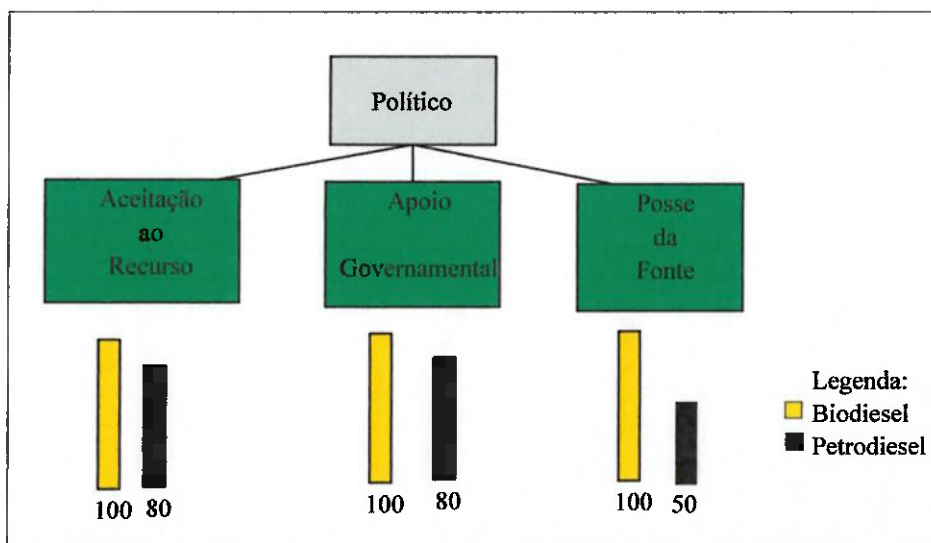
Elaboração própria

Figura 8.1: Análise ambiental



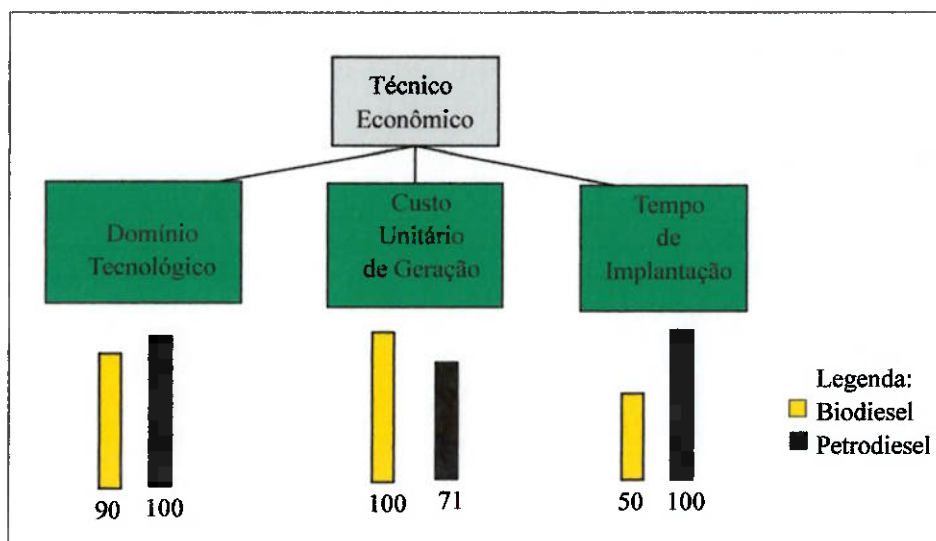
Elaboração própria

Figura 8.2: Análise social



Elaboração própria

Figura 8.3: Análise política



Elaboração própria

Figura 8.4: Análise técnico-econômica

Os aspectos analisados nas dimensões social, ambiental e técnico-econômica, são de compreensão mais simples, já que os atributos aqui representados foram valorados quantitativamente – à exceção do atributo domínio tecnológico, onde a relação entre biodiesel e petrodiesel foi estimada. Esta estimativa leva em consideração o domínio tecnológico brasileiro acerca da exploração, refinamento e transporte do petróleo, onde a Petrobras possui larga experiência e é uma das maiores empresas petrolíferas do mundo.

No que tange à análise da dimensão política, optou-se pela inserção de indicadores que pudessem quantificar os atributos escolhidos como representativos. Por exemplo, no atributo posse da fonte energética, o seguinte indicador foi criado:

Tabela 8.1: Indicador para posse da fonte energética

Posse	Definição	Valor
Livre	Acesso livre ao recurso (solar, eólica, etc.)	4
Usos múltiplos	Necessidade de outorga para o uso (recursos hídricos).	3
Governo	Posse da fonte é da União (petróleo).	2
Estrangeiro	Fonte importada.	1

Onde a classificação do biodiesel foi “livre”, ou seja, recebeu o valor 4; e a classificação do petrodiesel foi “governo”, recebendo o valor 2. Outro resultado que merece maiores explanações, é o nível de apoio governamental. Entendeu-se que, pelo biodiesel representar substituição nas importações de diesel, este recebe maior apoio por parte do governo.

A análise destes resultados mostra que a valoração é uma ferramenta que possibilita uma tomada de decisão mais criteriosa. A valoração, como metodologia descritiva, subsidia a etapa de comparação par a par entre os recursos, a ACC, a qual tem por objetivo ranquear os recursos em ordem de melhores custos completos.

9 – Conclusão

Dentro do processo de planejamento integrado, a caracterização dos recursos deve ser feita com coerência, a fim de validar a metodologia como um todo.

Para que se atinja esta almejada coerência, os atributos devem ser validados para todos os tipos de recursos, e, então, fornecer indicadores passíveis de comparação, onde podem enfim ser ranqueados. O próximo passo da pesquisa é, portanto, a normalização de todos os valores, para que possam então ser comparados entre si.

Em alguns casos, foram encontradas dificuldades em atingir valores quantitativos, sendo necessária a valoração por meio de aspectos qualitativos. Este fato não deve invalidar o processo, já que a subjetividade do processo aparece esporadicamente, além de constar em muitos processos de avaliação de impactos ambientais.

A inovação que a metodologia do PIR propõe pode resultar em uma substancial melhoria da qualidade de vida da população, ao propor a inclusão das tradicionais externalidades no processo decisório, possibilitando o conhecimento amplo dos aspectos da geração de energia e a integração de todos os recursos disponíveis.

Para tanto, devem ser validados critérios e diretrizes, para que então venha a se tornar compromisso dos governantes e empresas do setor energético. A evolução das pesquisas acadêmicas no setor deve colaborar para a antecipação da adoção dos critérios nela embutidos, ao agregar conhecimentos e técnicas para a garantia do desenvolvimento sustentável no setor energético, um dos principais responsáveis pelos níveis de poluição ambiental.

O processo de planejamento energético, ao incorporar recursos renováveis que disputem terras agricultáveis e adotar critérios que permitam estabelecer um horizonte de longo prazo, deve contemplar uma prévia análise acerca da segurança alimentar regional.

O modelo mostrou a possibilidade de incluir o biodiesel no mercado sem que este requisite terras destinadas ao cultivo de alimentos, exceto no cenário cinco, o qual considera o aumento da demanda por diesel. Com o desenvolvimento de espécies mais eficientes na transformação dos recursos em óleo, ou mesmo a diversificação da produção do biodiesel, por meio do uso de gordura animal ou óleos residuais, o problema pode ser solucionado.

Futuras abordagens sobre a concorrência entre bioenergia e alimentos devem contemplar a variável preço, com a incorporação de modelos econômicos, permitindo uma análise mais ampla e realista.

10 – Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GAS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. **Resolução Nº 42/04**. Estabelece a especificação do biodiesel. DOU de 09 de dezembro de 2004.

BONI, L. A. B. de. **Tratamento da glicerina bruta e subprodutos obtidos da reação de transesterificação de sebo bovino utilizada para a produção de biodiesel**. Dissertação (Mestrado) Universidade Luterana do Brasil. Canoas, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2001: The Scientific Basis. 2001**. Disponível em <http://www.ipcc.ch>. Acesso em 07/01/2008.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International Energy Outlook 2006**. Washington, 2006.

EPA **A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions**. Draft Technical Report. Outubro, 2002.

EUROPEAN RENEWABLE ENERGY CENTRES AGENCY. **The future for renewable energy: prospects and directions**. Europe, 1996.

FUJII, R. J. **Modelo de Caracterização Sistêmica das Opções de Oferta Energética para o PIR**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FUKUDA, H.; KONDO A.; NODA H. **Biodiesel fuel production by transesterification of oils**. Journal of bioscience and bioengineering. V. 92. Nº 5, 405 – 416, 2001.

GIMENES, A. L. V. **Modelo de integração de recursos como instrumento para um planejamento energético sustentável**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2004.

GRABOSKI, M. S.; MCCORMICK, R. L. **Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines**. Progress in Energy and Combustion Science. V. 24. p. 125 – 164. 1998.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Série cadernos de altos estudos. Brasília. 2004.

ITANO, Y. et al. **Impact f NO_x reduction on long-term ozone trends in a urban atmosphere**. Science of the Total Environment. v. 379 (2007) 46 – 55.

KANAYAMA, P.H. **Mecanismos de desenvolvimento limpo o Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**. Dissertação (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KNOTHE, G.; KRAHL, J.; GERPEN, J.V. **The biodiesel handbook**. OACS Press. Illinois, 2005.

MA, F. ; HANNA, M. A. **Biodiesel production: a review**. *Bioresource technology* v. 70. p. 1-15, 1999.

MACEDO, I. C.; NOGUEIRA, L. A. H. **Avaliação do biodiesel no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília, 2004.

MCCORMICK R.L.;ALVAREZ J.R.; GRABOSKI M.S. **NO_x solutions for biodiesel**. NREL. Colorado School of Mines. Golden, Colorado, 2003.

MIERZWA, J. C. **Planejamento e Saúde Ambiental**. Notas de aula. Aula 1 – Conceitos Sobre Planejamento Ambiental. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2008.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Biodiesel: O novo Combustível do Brasil**. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. Brasília, 2004.

PAGLIARDI, O. *et al.* **Estudo de viabilidade econômica de planta piloto de biodiesel**. AGRENER GD. FEAGRI/UNICAMP. Campinas, 2006.

RÊGO, J. L.; ANDRADE M. P. **História de mulheres: breve comentário sobre o território e a identidade das quebradeiras de coco babaçu no Maranhão.** Agrária, São Paulo, n° 03, p 47 – 57, 2006.

SABBAG, M. G. **Produção e uso sustentável do biodiesel integrado a usinas do setor sucroalcooleiro.** Projeto de Formatura. Escola Politécnica da USP. São Paulo. 2006.

SACHS, I. **Biofuels are coming of age.** In.: Assessing the Biofuels Option, 2005, Paris

SACHS, I. **Da Civilização do Petróleo a uma Nova Civilização Verde.** Estudos Avançados, v.19, p.197, 2005.

SCHMIDHUBER, J. **Biofuels: An emerging threat to Europe's Food Security? Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: a longer-term perspective.** Notre Europe, 2007.

SHEEHAN J., et al. **An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles.** NREL USDA. USDE. Colorado, 1998.

TOLMASQUIM, M. T. **Metodologias de Valoração de Danos Ambientais Causados pelo Setor Elétrico.** Editora Coppe, Rio de Janeiro, 2000.

UDAETA, M. E. M. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR - para o setor elétrico (Pensando o desenvolvimento sustentável).** Dissertação (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

UDAETA *et al.* **Comparação da produção de energia com diesel e biodiesel analisando todos os custos envolvidos.** GEPEA – USP (Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). São Paulo, 2004.

Anexo 1 - ESTUDOS REFERENTES A VARIAÇÃO DO NÚMERO DE MORTES FACE À VARIAÇÃO DE $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ DE PM_{10}

Estudo/Cidade, Região, País, Data	(Evento/pessoa)/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Limite superior	Estimativa central	Limite inferior
Schwartz and Marcus, London UK, série temporal 1958-1972 (adaptada de Ostro)	$3.1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$2.9 \cdot 10^{-5}$
Plagiannakos and Parker, Ontario Canadá, Série temporal 1976-82 (adaptada de Ostro)	$1.6 \cdot 10^{-5}$	$9.8 \cdot 10^{-5}$	$4.9 \cdot 10^{-5}$
Schwartz and Dockery, Steubenville Ohio, séries temporais	$1.0 \cdot 10^{-5}$	$6.0 \cdot 10^{-5}$	$4.0 \cdot 10^{-5}$
Schwartz, Birmingham AL, série temporal	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$1.1 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
Dockery et al, St. Louis, série temporal	$2.3 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-5}$
Pope et al, Utah Valley, UT	$1.8 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$	$1.4 \cdot 10^{-5}$
Schwartz and Dockery, Philadelphia PA, série temporal	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
Fairley, Santa Clara County CA, série temporal 1980-86 (adaptada de Ostro)	$1.6 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$7.0 \cdot 10^{-5}$
Ozkaynak and Thurston, 100 met. Areas nos EUA, estudos cruzados, 1980, adaptada de Ostro	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$
ECO Northwest, Canadá (in Rosa & Schechtman, 1996) – média de 1987 a 1993		$1.0 \cdot 10^{-5}$	
Pope et al, 151 cidades dos EUA, 1996	$6.3 \cdot 10^{-5}$	$4.2 \cdot 10^{-5}$	$2.3 \cdot 10^{-5}$
Ostro et al, Chile, 1996 (assume que 0,55 das partículas totais em suspensão são PM_{10})	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$1.1 \cdot 10^{-5}$	$0.6 \cdot 10^{-5}$
Mendes, Ana, São Paulo, 1983 a 1991		$1.6 \cdot 10^{-5}$	
Sala, 1999 (São Paulo)	$1.56 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$0.66 \cdot 10^{-5}$

Fonte: Tolmasquim, 2002.

Anexo 2 - ESTUDOS REFERENTES A VARIAÇÃO DO NÚMERO DE MORTES E DOENÇAS FACE À VARIAÇÃO DE $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ DE SO_2 .

Estudo/Data	Evento	(Evento/pessoa)/($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
		Limite superior	Estimativa central	Limite inferior
Hatzakis et al., série temporal, 1972-82, Atenas (1)	Mortalidade	$1.32 \cdot 10^{-5}$	$5.23 \cdot 10^{-5}$	$2.18 \cdot 10^{-5}$
Schwartz et al., série temporal, Harvard (1)	Sintomas respiratórios / 1000 crianças / dia	0.026	0.018	0.010
Schwartz et al., série temporal, Los Angeles (1)	Disconforto na garganta/ adulto/ ano	0.015	0.010	0.005
ECO Northwest, 1987 e 1993	Pneumonia		$5.0 \cdot 10^{-4}$	
	Bronquite		$4.5 \cdot 10^{-3}$	
	Doenças do Aparelho Respiratório Inferior		$7.9 \cdot 10^{-4}$	
	Doenças Agudas		$4.5 \cdot 10^{-5}$	

Fonte: Tolmasquim, 2002.