UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

PIETRO ADAMO SAMPAIO MENDES

PRIORIZAÇÃO DOS FATORES DETERMINANTES DA SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL

RIO DE JANEIRO

2012

PIETRO ADAMO SAMPAIO MENDES

PRIORIZAÇÃO DOS FATORES DETERMINANTES DA SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências, D.Sc.

Orientador: Prof. Luiz Antonio D'Avila, D.Sc.
Coorientadores: Profª. Adelaide Maria de Souza Antunes, D.Sc.
Prof. Allan Kardec Barros, Ph.D.

Rio de Janeiro
2012

M538 Mendes, Pietro Adamo Sampaio.
Priorização dos fatores determinantes da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel/ Pietro Adamo Sampaio Mendes. -- 2012.
238 f.: il.

Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) -- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2012.
Orientador: Luiz Antônio D'Avila
Coorientadores: Adelaide Antunes, Allan Kardec Barros

1. Biodiesel – Cadeia produtiva. 2. Sustentabilidade. 3. Condição de referência. 4. Análise Multicritério. 5. Metodologia de Análise Hierárquica (MAH). 6. Priorização. 8 Critérios. 9. Iniciativas voluntárias de sustentabilidade. 10. Legislações. I. Universidade Federal do Rio de Janeiro. II. Título.

CDD 662.88

PIETRO ADAMO SAMPAIO MENDES

PRIORIZAÇÃO DOS FATORES DETERMINANTES DA SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências, D.Sc.

Aprovada em:

_____

Prof. Dr. Luiz Antonio D'Avila - UFRJ
Orientador

_____

Prof. Dra. Adelaide Antunes
Coorientadora

_____

Prof. Dr. Allan Kardec Barros
Coorientador

_____

Prof. Dr. Eduardo Picanço Cruz
Membro Externo

_____

Prof. Dr. Donato Aranda
Membro Interno

_____

Prof. Dr. Nei Pereira Júnior
Membro Interno

_____

Prof. Dr. Eduardo Winter
Membro Externo

_____

Prof. Dra. Lúcia Regina RMV Fernandes
Membro Externo

À minha mãe, pelo apoio incondicional e por ser um porto seguro ao longo de toda a minha vida.

À minha esposa, pela compreensão e por ter dividido comigo os momentos mais difíceis.

Agradecimentos

Aos ilustres mestres Adelaide Maria de Souza Antunes, Allan Kardec Barros e Luiz Antonio d'Avila pelo exemplo, por terem dividido comigo os momentos mais difíceis, dedicação na orientação desta tese, paciência, correções e por me terem ajudado a amadurecer tanto cientifica quanto pessoalmente.

Ao Estado Brasileiro, por ter sido um privilegiado, ao ter uma educação de alto nível, pública, gratuita e de qualidade, desde o meu curso de graduação, que reforça o meu compromisso de retribuir à sociedade brasileira todo o investimento público feito na minha formação.

Aos professores e funcionários da Escola de Química/ UFRJ, que estruturaram um curso excepcional de doutorado, com matérias de aplicação imediata no meu trabalho (ANP), infraestrutura de primeiro mundo, antenado com o mercado e com a pesquisa científica, que exigiu inúmeras horas de estudo e finais de semana, mas que nunca me deixou com dúvida se tinha ou não feito a melhor escolha.

Aos meus amigos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Bruno Conde Caselli, Eduardo Roberto Zana e Marcus Werner pelo apoio e luta para que eu pudesse concluir esta tese.

Aos professores que se tornaram amigos e muito me ajudaram na conclusão desse trabalho, Cheila Gonçalves Mothé, Maria Letícia Murta Valle, Peter Rudolf Seidl e Suzana Borschiver, pelo conhecimento transmitido em suas disciplinas e apoio.

Às Associações e Sindicatos dos Servidores das Agências Reguladoras (ANER, ASANP e SINAGENCIAS), cujo apoio, na medida das suas forças, permitiu a conclusão deste trabalho.

Às Doutoras Luciana Darigo Kopschitz de Barros, Maria de Fátima Silva Facchinetti e Vânia Barreto pela dedicação e por se terem empenhado fortemente na defesa dos meus direitos, sem o qual não seria possível a realização desse trabalho.

Aos colegas da Assessoria de Inteligência (AIN), Carlos Eduardo Monteiro, Cristiane Patrício Monteiro, Eduardo Aboim Sande e Fátima Wittenberg, pela boa convivência e bom ambiente de trabalho.

Ao Centro de Documentação e Informação (CDI), em particular, à Alessandra Gomes pela revisão das referências e acerto final da tese e Lícia Medeiros, chefe da CDI, por ter sempre colocado os serviços da biblioteca da ANP para o desenvolvimento desta tese.

À minha irmã, Anne Marie Adamo Sampaio Mendes, por ter compreendido os momentos mais difíceis na elaboração desta tese.

Aos meus amigos de infância, Carlos Alexandre Durra, Carlos Antônio Coelho, José Carlos Becker e Sônia Maria de Jesus, pelos momentos de lazer e conversas tão importantes para a conclusão do trabalho.

Aos amigos queridos, pelos ótimos encontros, ao longo dessa tese, Ana Paula, Fabio Chagas, Leandro, Marlos, Priscila Maia, Sabrina Silva e Válter Félix.

Aos meus tios e primos, Cláudia Renata, Nélson Moraes e Bia, pelo apoio familiar.

À minha sogra e à família da minha esposa, pelo apoio.

Ao Comitê Sul Brasileiro de Qualidade de Combustíveis Automotivos (CSQC) pela homenagem como uma das autoridades que mais se destacaram no Sul do Brasil, ocorrida no X Fórum Sul Brasileiro de Qualidade e Tributação dos Combustíveis em 2011, fundamental para a conclusão deste trabalho, pelo apoio.

À equipe do Sistema de Informação sobre a Indústria Química (SIQUIM), Flávia, Pedro e Priscila pelo suporte à execução dessa tese.

A todos os respondentes da pesquisa de campo, sem os quais não seria possível a realização desta tese.

Aos membros da Banca, pelas recomendações, que melhoraram a qualidade do trabalho.

O sertanejo é, antes de tudo, um forte. (...) A sua aparência, entretanto, ao primeiro lance de vista, revela o contrário. (...) Basta o aparecimento de qualquer incidente exigindo-lhe o desencadear das energias adormecidas. O homem transfigura-se. (...) da figura vulgar do tabaréu canhestro reponta, inesperadamente, o aspecto dominador de um titã acobreado e potente, num desdobramento surpreendente de força e agilidade extraordinárias.

(Euclides da Cunha, Os sertões)

RESUMO

MENDES, Pietro Adamo Sampaio. **PRIORIZAÇÃO DOS FATORES DETERMINANTES DA SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL.** Rio de Janeiro, 2012. Tese de Doutorado (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012, 238 p.

A tese tem como objetivo priorizar os fatores relacionados à condição de referência da cadeia produtiva do biodiesel para a sustentabilidade do Programa Brasileiro de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Para atender ao objetivo, foi realizado o mapeamento dos fatores, por meio da revisão da literatura sobre sustentabilidade da cadeia de produção de biodiesel; revisão dos artigos científicos; das legislações correlatas e das iniciativas voluntárias de sustentabilidade. Com a compilação desses fatores, foi elaborado um questionário aplicando o Método Multicritério de Análise Hierárquica, que permite priorizar variáveis de diferentes elos da cadeia produtiva e conflitos de opinião. O questionário foi submetido aos *stakeholders* atuantes na área. Os resultados obtidos indicam os seis fatores mais críticos para a produção sustentável de biodiesel: a melhoria da capacidade produtiva da terra; o não desmatamento; insumos de produção; acesso à terra; problemas nos motores; e uso da terra para produção de alimentos, que concentram 55,5% da prioridade total.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Biodiesel, Método de Análise Hierárquica (MAH) e Cadeia Produtiva do biodiesel.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to prioritize the factors related to the reference condition of the biodiesel supply chain to ensure sustainability of the Brazilian Program for Production and Use of Biodiesel (PNPB). The mapping of variables was done by reviewing the literature on sustainability of the production of biodiesel; review of papers, legislation and voluntary initiatives related to sustainability. With the compilation of these factors, the Multicriteria Method of the Analytic Hierarchy Process was chosen, which allows variables to prioritize different production chain and conflicts of opinion, being used to prepare a questionnaire-based method, which was subsequently submitted to stakeholders working in area. The results indicate that the six most critical factors for the sustainable production of biodiesel: improving the productive capacity of the land; non deforestation, production inputs, access to land; problems in engines, and use of land for food production, which concentrate 55.5% of total priority.

Keywords: Sustainability, Biodiesel, Analytical Hierarchy Process (AHP) and biodiesel supply chain.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – PNPB 26
Figura 2 – Percentuais Mínimos de Biodiesel Adicionados ao Diesel 33
Figura 3 – As interações entre desenvolvimento ecológico, econômico e social 56
Figura 4 – Subsistemas chave da sociedade humana e do desenvolvimento 57
Figura 5 – Processo cíclico para se atingir o desenvolvimento sustentável 60
Figura 6 – Cadeia Produtiva de Biodiesel 104
Figura 7 – Fluxograma de produção do biodiesel pela rota da transesterificação 111
Figura 8 – Hierarquia da decisão 129
Figura 9 – Estruturação da condição de referência, em conformidade com o método de análise hierárquica, dos elos, fatores e alternativas determinantes da sustentabilidade da Cadeia Produtiva do Biodiesel 137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Políticas de Promoção de Biocombustíveis 30
Quadro 2 – Patentes Depositadas em 2004 35
Quadro 3 – Patentes Depositadas em 2005 38
Quadro 4 – Patentes Depositadas em 2006 41
Quadro 5 – Patentes Depositadas em 2007 45
Quadro 6 – Empresas com Selo Combustível Social 48
Quadro 7 – Indicadores de sustentabilidade do GBEP 67
Quadro 8 – Critérios de sustentabilidade por elo da cadeia produtiva do biodiesel com a respectiva frequência na legislação e em iniciativas voluntárias de sustentabilidade para produção de biocombustíveis 74
Quadro 9 – Análise dos artigos que tratam sobre análise de sustentabilidade 88
Quadro 10 – Análise dos artigos que tratam sobre tecnologia de processamento 94
Quadro 11 – Análise das patentes levantadas no Espacenet 96
Quadro 12 – Análise dos artigos que tratam sobre a política energética 100
Quadro 13 – Principais Normas da Indústria do Biodiesel 114
Quadro 14 – Escala adaptada dos números absolutos 131
Quadro 15 – Critérios de sustentabilidade por elo da cadeia produtiva do biodiesel e com a respectiva frequência na legislação e em iniciativas voluntárias de sustentabilidade para produção de biocombustíveis 134
Quadro 16 – Cenário ideal do elo agrícola 135
Quadro 17 – Cenário ideal do elo industrial 135
Quadro 18 – Cenário ideal do elo de distribuição 136
Quadro 19 – Qualificação do decisor e área do autor 138
Quadro 20 – Matriz de comparação dos elos 138
Quadro 21 – Comparação dos fatores do elo agrícola 138
Quadro 22 – Comparação das alternativas para o uso da terra 139
Quadro 23 – Comparação das alternativas para o sistema de produção 139
Quadro 24 – Comparação dos fatores para o elo industrial 140
Quadro 25 – Comparação das alternativas para a disponibilidade de matérias-primas 140
Quadro 26 – Comparação das alternativas para disponibilidade de tecnologia 140
Quadro 27 – Comparação das alternativas para uso da tecnologia 141
Quadro 28 – Comparação dos fatores para o elo de distribuição do PNPB 141
Quadro 29 – Comparação das alternativas para a venda do biodiesel 141
Quadro 30 – Alternativas para a logística do biodiesel 142
Quadro 31 – Alternativas para o óleo diesel B 142
Quadro 32 – Critérios de classificação por níveis 146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade Nominal e Produção de Biodiesel (B100), Vendas de Diesel (B5), por Região, para o mês de junho de 2011 49
Tabela 2 – Classificação dos assuntos abordados pelos artigos que estão na área de tecnologia de processamento 88
Tabela 3 – Classificação dos assuntos abordados pelos artigos que estão na área de política energética 96
Tabela 4 – Capacidade Nominal e Produção de Biodiesel (B100), Vendas de Diesel (B5), por Região, para o mês de junho de 2011 108
Tabela 5 - Capacidade de esmagamento de soja nas indústrias de óleo no Brasil 2001 a 2009 (ton/dia) 108
Tabela 6 – Índices randômicos de Saaty (1977) 132
Tabela 7 – Resultados do teste de consistência dos decisores 147
Tabela 8 – Resultados do teste de consistência dos decisores agrupados 147
Tabela 9 – Visão geral das priorizações médias locais (PML) e das prioridades médias globais (PMG) 163

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da Produção e Capacidade de Produção Mundial de Biodiesel 31
Gráfico 2 – Evolução do Consumo de Biodiesel nos Países Selecionados 31
Gráfico 3 – Evolução das patentes sobre biodiesel encontradas no Portal da Inovação até julho de 2011 34
Gráfico 4 - Valores nominais de desembolso para o Programa de Produção e Uso de Biodiesel pelo BNDES 50
Gráfico 5 - Publicações por ano no sítio Web of Science relacionados aos tópicos sustainability e biodiesel 77
Gráfico 6 – Publicações por País no sítio Web of Science relacionados aos tópicos *sustainability* e biodiesel 77
Gráfico 7 – Publicações por revista no sítio Web of Science relacionados aos tópicos sustainability e biodiesel 78
Gráfico 8 – Publicações por tipo de documento no sítio Web of Science relacionados aos tópicos sustainability e biodiesel 78
Gráfico 9 – Publicações por área de conhecimento no sítio Web of Science relacionados aos tópicos sustainability e biodiesel 79
Gráfico 10 – Capacidade de esmagamento por região (2009) 109
Gráfico 11 – Não conformidades do óleo diesel B até setembro de 2011 117
Gráfico 12 – Resultados de priorização dos elos de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 149
Gráfico 13 – Resultados de priorização dos fatores relacionados ao elo agrícola de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 150
Gráfico 14 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator uso da terra do elo agrícola de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 152
Gráfico 15 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de sistemas de produção do elo agrícola de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 154
Gráfico 16 – Resultados de priorização dos fatores relacionados ao elo industrial de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 155
Gráfico 17 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de disponibilidade de matérias-primas do elo industrial de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 156
Gráfico 18 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de disponibilidade de tecnologia do elo industrial de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 157
Gráfico 19 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de uso da tecnologia do elo industrial de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 158
Gráfico 20 – Resultados de priorização dos fatores relacionados ao elo agrícola de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 159
Gráfico 21 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de venda do biodiesel do elo de distribuição de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa 160
Gráfico 22 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de logística do biodiesel do elo de distribuição de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e de pesquisa 161

Gráfico 23 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator óleo diesel B do elo de distribuição de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa. 162
Gráfico 24 – Alternativas classificadas em ordem crescente. 164
Gráfico 25 – Prioridades agrupadas. 165

LISTA DE SIGLAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV – Análise de Ciclo De Vida
AHP – Analytical Hierarchical Process
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASTM – American Society for Testing and Materials
BCRSP – Basel Criteria for Responsible Soy Production
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BX – Mistura de Óleo Diesel-Biodiesel
CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COMPERJ – Complexo Petroquímico do Rio De Janeiro
ELECTRE - Elimination et Choix Traduissant la Realité
ESPACENET – European Patent Office
EU RED – EU Renewable Energy Directive
GBEP – Global Bioenergy Partnership
GEE – Gases Causadores do Efeito Estufa
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISCC – International Sustainability & Carbon Certification
MAC - Método de Análise de Concordância
MAH – Metodologia de Análise Hierárquica
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia
MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário
MME – Ministério de Minas e Energia
NBB – National Biodiesel Board
OMC – Organização Mundial do Comércio
ONU – Organização das Nações Unidas
OVEG – Programa de Óleos Vegetais
PMG – Prioridade Média Global
PMQC – Programa de Monitoramento de Qualidade dos Combustíveis Automotivos
PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROMETHEE - Preference Ranking Organizational Method
PRONAF – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
REFAP – Refinaria Alberto Pasqualini
RFTO – Renewable Transport Fuel Obligation
RSB – Roundtable on Sustainable Biofuels
RSPO – Roundtable on Sustainable Palm Oil
RTRS – Roundtable on Responsible Soy
SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIGMA – Sustainability-Integrated Guidelines for Management
TODIM - Tomada de Decisão Interativa e Multicritério
TOPISIS – Technique Order Preference by Similarity to Ideal Solution
UBRABIO – União Brasileira dos Produtores de Biodiesel
UFC – Universidade Federal do Ceará
USPTO – United States Patent and Trademark Office

WBSCD – World Business Council for Sustainable Development
WWF – World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 20
1.1 MOTIVAÇÃO 20
1.1.1 Objetivos 21
1.1.2 Justificativa 22
1.2 ESTRUTURA DO ESTUDO 25
2 BIODIESEL 28
2.1 INTRODUÇÃO 28
2.2 BIODIESEL: FONTE DE ENERGIA SECULAR 29
2.3 CONCEITOS BÁSICOS 30
2.4 AS POLÍTICAS DE PROMOÇÃO E A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO MUNDO 31
2.5 BRASIL - PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL (PNPB) 34
2.5.1 Base Tecnológica 36
2.5.1.1 Visão Ambiental 49
2.5.1.2 Visão Social 49
2.5.1.2.1 Selo Combustível Social 50
2.5.1.3 Visão Mercadológica 53
2.6 CONCLUSÃO 56
3 BIODIESEL E CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE 57
3.1 INTRODUÇÃO 57
3.2 HISTÓRICO 57
3.3 SUSTENTABILIDADE 59
3.4 BIODIESEL E SUSTENTABILIDADE 64
3.4.1 Legislação para produção de biodiesel – Critérios de sustentabilidade 65
3.4.1.1 O caso brasileiro 65
3.4.1.2 *EU Renewable Energy Directive* (EU RED) 66
3.4.1.3 *Renewable Transport Fuel Obligation* (RFTO) 67
3.4.2 Critérios de sustentabilidade das iniciativas voluntárias de sustentabilidade para produção de biodiesel 67
3.4.2.1 *Testing Framework for Sustainable Biomass* (Cramer Criteria) 69
3.4.2.2 *Global Bioenergy Partnership* (GBEP) 70
3.4.2.3 *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB) 73
3.4.2.4 *International Sustainability & Carbon Certification* (ISCC) 74
3.4.2.5 *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) 75
3.4.2.6 *Roundtable on Responsible Soy* (RTRS) 75
3.4.2.7 *Basel Criteria for Responsible Soy Production* (BCRSP) 76
3.4.3 Consolidação dos Critérios por Elo da Cadeia Produtiva 77
3.5 CONCLUSÃO 78
4 ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES RELACIONADAS À SUSTENTABILIDADE E BIODIESEL 80
4.1 INTRODUÇÃO 80
4.2 ANÁLISE MACRO DAS PUBLICAÇÕES RELACIONANDO BIODIESEL E SUSTENTABILIDADE 80

4.3 ANÁLISE MESO DAS PUBLICAÇÕES RELACIONANDO BIODIESEL E SUSTENTABILIDADE 82
4.4 ANÁLISE MICRO DAS PUBLICAÇÕES RELACIONANDO BIODIESEL E SUSTENTABILIDADE 83
4.5 PRIORIZAÇÕES SUGERIDAS PARA O PROGRAMA BRASILEIRO DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL (PNPB) 101
4.6 CONCLUSÃO 102

5 A CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL 103

5.1 INTRODUÇÃO 103
5.2 CADEIA PRODUTIVA 103
5.2.1 Elo agrícola 105
5.2.1.1 Gargalos do Elo Agrícola 106
5.2.1.2 Soluções 106
5.2.2 Elo Industrial 107
5.2.2.1 Esmagamento dos grãos 108
5.2.2.2 Processos de Extração 110
5.2.2.3 Aspectos Técnicos 110
5.2.2.4 Escolha do álcool 112
5.2.2.5 Requisitos Regulatórios 112
5.2.2.6 Gargalos do Elo Industrial 115
5.2.2.7 Soluções 115
5.2.3 Elo de Distribuição 116
5.2.3.1 Qualidade do Biodiesel 117
5.2.3.2 Gargalos do Elo de Distribuição 118
5.2.3.3 Soluções 119
5.3 CONCLUSÃO 119

6 ESCOLHA DO MÉTODO PARA PRIORIZAÇÃO DOS FATORES DETERMINANTES PARA SUSTENTABILIDADE DO PNPB 120

6.1 INTRODUÇÃO 120
6.2 TOMADA DE DECISÃO 120
6.3 MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO PARA SUSTENTABILIDADE DO PNPB 122
6.3.1 Programação Linear 123
6.3.2 Programação Não Linear 123
6.3.3 Programação Dinâmica 123
6.3.4 Análise Multicritério 124
6.4 ESCOLHA DO MÉTODO A SER APLICADO AO PNPB 125
6.4.1 Detalhamento do Método Multicritério: Análise Hierárquica 128
6.5 ESTRUTURAÇÃO DA CONDIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DO PNPB 133
6.5.1 Estruturação da Condição de Referência 133
6.6 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA JUNTO AOS ATORES PARA PRIORIZAR OS FATORES DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL 139
6.7 ESCOLHA DOS ATORES 145
6.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 145

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO 147

7.1 INTRODUÇÃO 147
7.2 PESQUISA DE CAMPO 147
7.3 TESTES DE CONSISTÊNCIA 148

7.4 PRIORIZAÇÃO DOS ELOS DA CADEIA PRODUTIVA 150
7.5 PRIORIZAÇÕES NO ELO AGRÍCOLA 151
7.5.1 Uso da Terra 152
7.5.2 Sistemas de Produção 154
7.6 PRIORIZAÇÕES NO ELO INDUSTRIAL 156
7.6.1 Disponibilidade de Matérias-Primas 158
7.6.2 Disponibilidade de Tecnologia 159
7.7 PRIORIZAÇÕES NO ELO DE DISTRIBUIÇÃO 161
7.7.1 Venda do biodiesel 162
7.7.2 Logística 163
7.7.3 Óleo diesel B 164
7.8 VISÃO GERAL DAS PRIORIZAÇÕES 165
7.9 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO 168

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 169

8.1 CONCLUSÕES 169
8.2 RECOMENDAÇÕES 171

REFERÊNCIAS 172

ANEXO I – RESOLUÇÃO ANP N°14/2012 – ESPECIFICAÇÃO DE BIODIESEL ... 197

ANEXO II – INSTRUÇÃO NORMATIVA MDA N° 1/2005 – SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL 207

ANEXO III – INSTRUÇÃO NORMATIVA MDA N° 1/2009 – SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL 215

ANEXO IV – RESOLUÇÃO BNDES N° 1.135/2004 – FINANCIAMENTO DE INVESTIMENTOS EM BIODIESEL 231

ANEXO V – QUESTIONÁRIO PARA ANÁLISE DOS FATORES DETERMINANTES DA SUSTENTABILIDADE DO PNPB 234

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) é um Programa Interministerial do Governo Federal lançado em 2004 pelo governo federal com o objetivo de implementar, de modo sustentável, econômica e tecnicamente a produção e uso do biodiesel[1], focando a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio da criação de emprego e renda, com a consequente redução da dependência externa de importações de óleo diesel (HOLANDA, 2004).

Para Sachs (2010), os biocombustíveis representam uma oportunidade para um novo ciclo de desenvolvimento rural, que pode contribuir para a construção de uma sociedade moderna baseada em biomassa, que é também sustentável ambientalmente e que permite a inclusão social.

Os princípios e diretivas do PNPB são:

- implementação de um programa de desenvolvimento sustentável;
- promoção da inclusão social;
- garantia de preços competitivos, qualidade e suprimento;
- produção de biodiesel de diferentes plantas oleaginosas em regiões diversas (GARCEZ; VIANNA, 2009).

Nesta linha, foram editadas duas leis:

a) Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, fixando em 5% (cinco por cento), em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional (BRASIL, 2005a).

b) Lei 11.116, de 18 de maio de 2005, determinou que o biodiesel necessário ao atendimento dos percentuais terá que ser processado, preferencialmente, a partir de matérias-primas produzidas por agricultor familiar, inclusive as resultantes de atividade extrativista (BRASIL, 2005b).

---

[1] Segundo Valle (2007, p. 291), o biodiesel pode ser definido de várias formas: substituto ou aditivo para o diesel derivado de óleos e ácidos graxos; combustível alternativo que não requer modificações no motor e tem a potência similar do diesel; combustível biodegradável cuja queima emite pouco material particulado e nenhum composto sulfurado na atmosfera; produto resultante da transesterificação de óleos vegetais; combustível líquido renovável e doméstico que pode reduzir a dependência de importação do diesel de alguns países como o Brasil.

Por consequência, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), para cumprir as suas atribuições, estabeleceu normas de especificação do biodiesel e da mistura óleo diesel-biodiesel; promoveu a adaptação das normas regulatórias e realizou leilões[2] para estimular a oferta do biocombustível para a mistura (LIMA, 2008).

Dessa forma, para assegurar a continuidade do PNPB, é preciso investimentos na sua sustentabilidade que pode ser entendida em cinco dimensões:

a) **sustentabilidade social** (redução das desigualdades sociais);

b) **sustentabilidade econômica** (aumento da produção e da riqueza social sem dependência externa);

c) **sustentabilidade ecológica** (melhoria da qualidade do meio ambiente e preservação das fontes de recursos energéticos e naturais para as próximas gerações);

d) **sustentabilidade espacial/geográfica** (evitar excesso de aglomerações das populações);

e) **sustentabilidade cultural** (evitar conflitos culturais com potencial regressivo) (MONTIBELLER, 2004).

O desenvolvimento sustentável, de acordo com Brundtland (1991), busca atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades. Entretanto, esta definição não esgota o conceito, pois deve haver uma mudança no paradigma moderno, na relação entre homens e natureza e na relação entre homens. O desenvolvimento sustentável é um desenvolvimento em que a diminuição de desigualdades será feita através da compreensão de que um ambiente saudável é fundamental para todos os seres humanos.

1.1.1 Objetivos

Neste contexto, a presente Tese de Doutorado tem, como objetivo principal, identificar e priorizar os fatores determinantes da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

Para atender este objetivo são necessários os seguintes objetivos específicos:

a) Determinar os fatores determinantes a partir de dados de mercado, das iniciativas voluntárias de sustentabilidade e legislações e da análise das publicações científicas que relacionam sustentabilidade à produção de biodiesel.

---

[2] A Resolução ANP nº 33, de 30 de outubro de 2007, estabelece que o percentual mínimo de aquisição de biodiesel será contrato mediante leilões (BRASIL, 2007b).

b) Estruturar a condição de referência sustentável de produção do biodiesel.

1.1.2 Justificativa

Este estudo se justifica por dois aspectos: a substituição de combustíveis fósseis por renováveis e pela necessidade de o Brasil seguir as tendências internacionais e aumentar a atratividade do seu PNPB, evitando que, em um futuro próximo, a sustentabilidade se configure em uma barreira não-tarifária à exportação de nossos biocombustíveis. Para tanto, faz-se necessária a articulação dos grupos de pesquisa, entidades governamentais e a priorização dos fatores determinantes para a sustentabilidade do PNPB.

A questão da sustentabilidade na produção de biodiesel pode ser dividida na visão: dos acadêmicos; das iniciativas voluntárias de sustentabilidade e dos órgãos governamentais.

Por exemplo, entre os pesquisadores europeus, existe uma preocupação com a grande capacidade ociosa das Usinas de biodiesel europeias e a importação de biodiesel dos Estados Unidos e da Argentina. Nessa linha, houve uma retração da importação de biodiesel proveniente dos Estados Unidos (JOBE, 2009), em virtude da taxação sobre os biocombustíveis realizada pela União Europeia. Esta taxação é justificada por dois argumentos: subsídios agrícolas concedidos pelo governo americano e mudança indireta do uso da terra[3] (MITTELBACH, 2009).

Há a defesa da harmonização da metodologia de análise de sustentabilidade em biocombustíveis na União Europeia, que terá como consequência o aumento da demanda por óleos vegetais produzidos sustentavelmente, o que gerará aumento dos preços. (MITTELBACH, 2009; COSTENOBLE, 2009; HAYE; HARDTKE, 2009; JUNGBLUTH; USTER, 2009). Os pontos em discussão da metodologia são:

a) Análise de Ciclo de Vida;

b) Impactos sociais dos biocombustíveis;

c) Mudança do uso da terra;

d) Mudança indireta do uso da terra.

Para Scott (2009), pesquisador norte-americano, sustentabilidade é no nível mais simples a conservação dos recursos naturais. Os principais recursos seriam energia, água e

[3] A União Europeia quer taxar as importações de biodiesel oriundas do Brasil e da Argentina, pois acredita na seguinte rota de exportação: Estados Unidos exporta para Brasil e Argentina, em seguida, esses países re-exportam para a União Europeia (MITTELBACH, 2009).

terra. Para ele, os biocombustíveis não competem com os alimentos e sim se complementam. Existe interesse na certificação dos biocombustíveis, desde que não limite as novas inovações[4] pelos pequenos produtores emergentes em um mercado competitivo e estabelecido. Defende que os critérios de certificação devem levar em consideração as práticas de cada região.

Com relação às iniciativas voluntárias de sustentabilidade, tem-se, como exemplo, a Mesa Redonda em Biocombustíveis Sustentáveis para desenvolver padrões globais para produção e processamento de biocombustíveis sustentáveis, coordenada pelo Centro de Energia da *Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne* (Instituto Federal Suíço de Tecnologia). A versão zero do padrão para biocombustíveis sustentáveis prevê que a produção deles deve:

1. Seguir as leis aplicáveis no País.
2. Ser realizada em projetos de biodiesel construídos e operados sobre processos participativos, consultivos, transparentes, compreensivos e apropriados que envolvem todos os *stakeholders*.
3. Contribuir para mitigar as mudanças climáticas pela redução significativa das emissões de gases causadores do efeito estufa quando comparados aos combustíveis fósseis.
4. Proteger os direitos humanos, do trabalho, assegurar trabalho decente e o bem-estar dos trabalhadores.
5. Contribuir para o desenvolvimento social e econômico do local, das populações rurais e indígenas e comunidades.
6. Preservar a segurança alimentar.
7. Evitar impactos negativos na biodiversidade, ecossistemas e áreas de alta conservação.
8. Promover práticas que busquem melhorar a saúde do solo e minimizar a degradação.
9. Otimizar o uso dos recursos da água de superfície e subterrânea, incluindo minimização da contaminação ou depleção destes recursos e não deve violar direitos costumeiros e formais da água.
10. Minimizar a poluição do ar decorrente do processamento e produção de biocombustíveis ao longo da cadeia de abastecimento.
11. Produzir biocombustíveis da forma mais rentável com uso de tecnologia, visando a melhoria da eficiência da produção, da performance social e ambiental em todas as etapas da cadeia de valor dos biocombustíveis.

---

[4] Segundo Borschiver (2010),o processo de inovação é interativo, em que se envolvem várias funções e atores, dentro e fora da empresa, em oposição a uma compreensão seqüencial ou linear, que vê a P&D como a etapa que "origina" a inovação.

12. Ocorrer de modo que não ocorra violação dos direitos da terra.

No que se refere aos órgãos governamentais, a Agência de Combustíveis Renováveis do Reino Unido, criada em 2005 para introduzir na matriz energética do Reino Unido combustíveis renováveis, configura-se como agência reguladora independente de combustíveis renováveis, que criou, inclusive, um formulário declaratório, que calcula as emissões em toda a cadeia de biocombustíveis (RENEWABLE FUELS AGENCY, 2010).

Deste modo, o excesso de capacidade na produção de biodiesel mundial, as especificações mais restritas e a competição internacional com as distorções do mercado têm resultado em margens menores e desgaste financeiro pelas empresas. Enquanto o foco da indústria do biodiesel no curto prazo está na sobrevivência, por outro lado, a implementação iminente de critérios de sustentabilidade estão estimulando as indústrias a produzir produtos de mais alta qualidade conjugados com a capacidade de produzir biodiesel a partir de processos alternativos e matérias-primas mais baratas (ROCHIETTA, 2009).

Neste contexto, o Brasil, também, deve entender melhor sob a ótica da sustentabilidade a cadeia produtiva do biodiesel e para ser possível priorizar os fatores mais críticos para a sustentabilidade do biodiesel. Embora Garcez e Vianna (2009), Hall *et al*. (2009) e Escobar *et al*. (2009) em seus trabalhos tivessem analisado aspectos da sustentabilidade do PNPB, tiveram algumas limitações, pois:

- Não contemplaram os dados de mercado dos produtores de biodiesel como matéria-prima processada, quantidade, reagentes utilizados, perdas, distribuição dos fornecedores e produtores, as reclamações dos atores do mercado, entre outros, que a ANP possui;
- Não levaram em consideração todos os aspectos de sustentabilidade discutidos atualmente, como os propostos nas iniciativas voluntárias de sustentabilidade e nas legislações para produção de biodiesel;
- Não fizeram uma revisão abrangente dos artigos científicos e patentes relacionadas à biodiesel e sustentabilidade;
- Não utilizaram uma metodologia de tomada de decisão e fizeram entrevistas abertas, sem resultados quantitativos dos principais problemas da cadeia produtiva do biodiesel;
- Deste modo, não foi possível, a partir desse trabalho, estabelecer a construção da condição de referência de produção do PNPB e priorizar os fatores determinantes da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

1.2 ESTRUTURA DO ESTUDO

A fim de atingir os objetivos estabelecidos, este estudo encontra-se organizado em 7 capítulos.

O **Capítulo 2**, intitulado **"Biodiesel"**, discute o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) a partir da sua base tecnológica, sustentada em três visões: ambiental, social e mercadológica. Está dividido em três itens: a) apresenta o biodiesel como fonte de energia secular com crescimento recente, de forma contínua, por dois motivos principais: aumento do valor do barril de petróleo e preocupações ambientais (principalmente, após o estabelecimento do Protocolo de Kyoto); b) discute os diferentes conceitos de biodiesel agrupados por instituições, destacando-se o conceito adotado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), órgão responsável pela regulação do setor no Brasil; em seguida, apresenta-se a nomenclatura adotada no mundo e no Brasil referente à percentagem adotada em volume do biodiesel à mistura; c) analisam as visões ambiental, social e mercadológica calcadas na base tecnológica com foco no PNPB e seu impacto socioambiental, o selo combustível social e financiamento.

O **Capítulo 3**, intitulado **"Biodiesel e Critérios de Sustentabilidade"**, apresenta um breve histórico do desenvolvimento sustentável, os conceitos de sustentabilidade e a aplicação dos conceitos de sustentabilidade para o biodiesel. Para apresentar a correlação entre biodiesel e sustentabilidade, mostraram-se os critérios de sustentabilidade na legislação para produção de biodiesel e nas iniciativas voluntárias de sustentabilidade.

O **Capítulo 4**, denominado **"Análise das Publicações Relacionadas à Sustentabilidade e Biodiesel"**, em continuação à revisão bibliográfica, apresenta a revisão dos artigos científicos e de patentes com o objetivo de se avaliar as tendências de publicações relacionadas à produção sustentável de biodiesel, propor recomendações para a produção brasileira e extrair conclusões parciais para a elaboração do questionário da tese. A metodologia de prospecção empregada, neste capítulo, consistiu nas seguintes etapas: 1ª) busca na base de dados do sitio eletrônico Web of Science com as seguintes palavras-chave no campo tópicos: sustainability AND biodiesel; 2°) análise macro dos resultados que consiste na análise temporal e por País das publicações; 3°) análise meso que compreende identificar os principais periódicos indexados e o tipo de documento; 4°) análise micro que

engloba as áreas de conhecimento e uma divisão em três áreas: análise de sustentabilidade; tecnologia de processamento; e política energética.

O **Capítulo 5**, de título **"A Cadeia Produtiva do Biodiesel"**, tem como objetivo apresentar os gargalos relacionados à cadeia produtiva do biodiesel no Brasil a partir dos dados de mercado, para subsidiar a elaboração de políticas públicas no País, visando à sustentabilidade do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). O capítulo está dividido em 3 etapas: a) Definição do problema que consiste no estudo da cadeia produtiva do biodiesel em três elos: agrícola, industrial e distribuição; b) Determinação dos gargalos por elo, a partir da revisão bibliográfica na base de artigos indexados Web of Science do Portal Capes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

O **Capítulo 6**, "**Escolha do Método para Priorização dos Fatores Determinantes para Sustentabilidade Do PNPB**", apresenta o conceito de tomada de decisão, os métodos de tomada de decisão aplicados à cadeia produtiva de energia, que inclui a cadeia produtiva do biodiesel. Em seguida, segue a escolha do método, levando-se em consideração que nos capítulos anteriores foram estabelecidos os fatores determinantes da sustentabilidade do biodiesel, a partir da revisão de artigos científicos, de dados de mercado, das legislações e das iniciativas voluntárias de sustentabilidade. Com o método definido multicritério de análise hierárquica, a condição de sustentabilidade do PNPB é estruturada e é construída uma matriz de comparações a ser submetida aos atores que atuam na cadeia produtiva do biodiesel.

O **Capítulo 7**, "**Resultados e Discussão**", apresenta a pesquisa de campo e a análise dos resultados em três grupos: grupo de pesquisa (atores ligados às pesquisa da academia e de instituições de pesquisa), iniciativa privada (atores vinculados a empresas e instituições de classe, como sindicato de empresas e associações) e governo (funcionários públicos da agência reguladora do setor, de ministérios e de instituições governamentais). Em seguida, são apresentados os testes de consistência, de acordo com o método de análise hierárquica (MAH). Na sequência, são apresentados os resultados das priorizações feitas pelos stakeholders por elos (agrícola, industrial e de distribuição), fatores e alternativas com a discussão das opiniões dos decisores. Com base nesse resultado dos três grupos envolvidos, pode-se verificar a prioridade média global (PMG) para cada alternativa estudada relacionada à sustentabilidade do biodiesel.

O **Capítulo 8** traz as conclusões desta Tese e recomendações. Acredita-se que a visualização da condição de referência para a produção sustentável do biodiesel combinada com as priorizações dos *stakeholders* pode subsidiar a elaboração de políticas públicas, as

empresas na tomada de decisões estratégicas e os acadêmicos nas definições das linhas de pesquisa, a partir do conhecimento dos fatores determinantes da sustentabilidade do biodiesel.

Por fim, são apresentadas as referências usadas na elaboração da presente Tese de Doutorado, além dos anexos que complementam as informações apresentadas em todos os capítulos da Tese.

2 BIODIESEL

2.1 INTRODUÇÃO

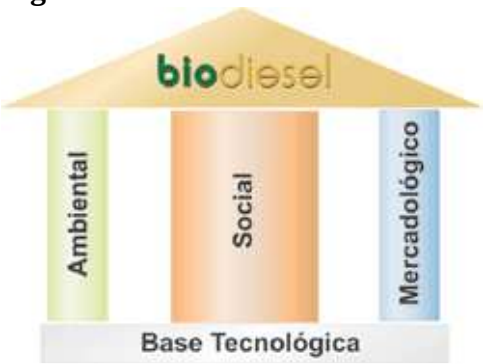
Este capítulo pretende discutir o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) a partir da sua base tecnológica, sustentada em três visões: ambiental, social e mercadológica (INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2008). Divide-se em três itens.

No primeiro, apresenta-se o biodiesel como fonte de energia secular com crescimento recente, de forma contínua, por dois motivos principais: aumento do valor do barril de petróleo e preocupações ambientais (principalmente, após o estabelecimento do Protocolo de Kyoto).

No segundo, discutem-se, inicialmente, os diferentes conceitos de biodiesel agrupados por instituições, destacando-se o conceito adotado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), órgão responsável pela regulação do setor no Brasil; em seguida, apresenta-se a nomenclatura adotada no mundo e no Brasil referente à percentagem adotada em volume do biodiesel à mistura.

No terceiro, analisam-se as visões ambiental, social e mercadológica calcadas na base tecnológica com foco no PNPB e seu impacto socioambiental, o selo combustível social e financiamento (Figura 1).

Figura 1 – PNPB.



Fonte: BIODIESEL, 2008.

2.2 BIODIESEL: FONTE DE ENERGIA SECULAR

> O motor a diesel pode ser alimentado por óleos vegetais e ajudará no desenvolvimento agrário dos países que o vierem a utilizar. O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje em dia. Mas com o tempo, esses vegetais vão se tornar tão importantes quanto o petróleo e o carvão o são atualmente. (DIESEL, 1911).

O biodiesel é uma fonte de energia secular. Em 1900, o Dr. Rudolf Diesel, utilizou, em sua invenção, apresentada na Feira de Paris, uma versão que utilizava óleo de amendoim como combustível, inventando o biodiesel.

No entanto, algumas dificuldades, inerentes aos óleos vegetais, como o acúmulo de resíduos gordurosos e depósitos de carbono, frente ao diesel obtido do petróleo, levaram a que, naquele momento, se abandonassem os estudos para produzir diesel a partir de óleos vegetais, embora, na década de 40 do último século, se discutisse o uso de óleos vegetais para prover subsídios para as colônias tropicais europeias, buscando torná-las autossuficientes em energia. Os relatórios indicavam o anseio pela conquista de uma maior independência energética (KNOTHE *et al*., 2006).

Walton, em 1939, recomendava, como solução para os problemas decorrentes da utilização de óleo vegetal *in natura*, a quebra das ligações éster-glicerídica e a utilização dos ácidos graxos remanescentes, ou seja, a remoção do glicerol (KNOTHE *et al.*, 2006).

O uso do biodiesel permaneceu esquecido até que dois movimentos fizeram com que os países voltassem a pensar no desenvolvimento de fontes alternativas ou complementares de energia, como o biodiesel, capazes de substituir, pelo menos em parte, a primazia dos combustíveis fósseis: os choques do petróleo e as preocupações ambientais ratificadas pelas grandes conferências das Nações Unidas sobre o meio ambiente (CARIOCA; ALMEIDA, 2011).

Os choques do petróleo, respectivamente em 1973 e 1979, geraram um aumento do valor do barril de petróleo e viabilizaram economicamente o desenvolvimento de fontes alternativas, no caso brasileiro, notadamente o etanol.

As preocupações ambientais contribuíram, também, para o crescimento, de forma contínua, da produção do biodiesel, principalmente, após o estabelecimento do Protocolo de Kyoto, que tem o objetivo de promover a redução sistemática na emissão de gases causadores do chamado “efeito estufa”.

2.3 CONCEITOS BÁSICOS

> O biodiesel é uma denominação genérica para combustíveis e aditivos derivados de fontes renováveis, como dendê, babaçu, soja, palma, mamona, entre outras. (HOLANDA, 2004, p. 13).

Este item apresenta diversos conceitos sobre a definição de biodiesel pelos diferentes atores.

O conceito de biodiesel, adotado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), responsável pela regulação do setor, é de um combustível natural, usado em motores diesel, produzido através de fontes renováveis e que atende às especificações da Resolução ANP nº 14, de 11 de maio de 2012 (Anexo I).

A ANP define o biodiesel como combustível composto de alquil ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais, conforme a especificação contida no Regulamento Técnico ANP nº 4 de 2012, anexo da Resolução ANP n° 14/2012 (BRASIL, 2008b).

Crestana (2008), da EMBRAPA, seguindo a linha da ASTM (*American Society for Testing and Materials*), considera que, quimicamente, o biodiesel é constituído por ésteres monoalquílicos de ácidos graxos[5] de cadeia longa, derivados de lipídios naturais.

Cristo e Ferreira, do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) complementam essa definição entendendo-o como:

> (...) um combustível renovável, biodegradável, sucedâneo ao óleo diesel mineral. Diferentemente do óleo mineral, o biodiesel não contém enxofre, é biodegradável, não é corrosivo, é renovável e não contribui para o aumento do efeito estufa. É ambientalmente correto e surge com a perspectiva inclusão social que a produção de matérias de origem vegetal oferece (...) (CRISTO; FERREIRA, 2006, p.11).

O Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), por sua vez, conceitua biodiesel como:

> Um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos tais como o craqueamento, a esterificação ou pela transesterificação. Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão-manso e soja, dentre outras. (SEBRAE, 2008).

A *National Biodiesel Board* (NBB), que responde pela coordenação da indústria de biodiesel nos Estados Unidos, define-o como derivado monoalquil éster de ácidos graxos de

---

[5] Ácidos graxos são quase todos ácidos monocarboxílicos alifáticos. A definição mais ampla inclui todos os comprimentos de cadeia, mas a maioria dos ácidos graxos naturais é do C4 a C22. Um número grande de ácidos graxos varia com o comprimento da cadeia e insaturação (SCRIMGEOUR, 2005).

cadeia longa, proveniente de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores ciclo diesel (CONCEIÇÃO *et al*., 2005).

A Organização Mundial do Comércio (OMC) o entende como uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos de cadeia longa (C16-18) derivados de óleos vegetais e gordura animal, combustível renovável doméstico para motores diesel e que encontra as especificações da ASTM D 6751, podendo ser usado como um aditivo de combustível (WORLD CUSTOMS ORGANIZATION, 2011).

2.4 AS POLÍTICAS DE PROMOÇÃO E A PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO MUNDO

O biodiesel é produzido pela transesterificação de óleos vegetais, principalmente de colza, soja e palma, embora possa ser produzido de uma infinidade de matérias-primas. Na Europa, a principal matéria-prima é a colza, cultivada e processada em biodiesel. A Malásia e a Indonésia o produzem a partir do óleo de palma. O Brasil, a Argentina e os EUA, da soja (SCHUBERT *et al.*, 2009).

A nomenclatura adotada pelo Brasil e pelo mundo, para identificar a concentração do biodiesel é BXX, onde XX é a percentagem em volume do biodiesel à mistura. Como exemplo, vale citar, o B2, B5, B20 e B100, combustíveis com uma concentração de 2%, 5%, 20% e 100% de biodiesel, respectivamente. Os quatros principais níveis de concentração utilizados são: puro (B100), misturas (B20 – B30); aditivo (B5); aditivo de lubricidade (B2).

O Quadro 1 resume as políticas de promoção de biodiesel por países ou grupo de países e pode-se verificar que, de um modo geral, essas políticas são feitas pela obrigatoriedade da adição de um percentual obrigatório ao combustível fóssil, incentivos fiscais e subsídios. Por outro lado, às motivações, normalmente, estão relacionadas segurança energética, diversificação da produção agrícola, mitigação das mudanças climáticas e proteção ambiental (SCHUBERT *et al.*, 2009).

Quadro 1 – Políticas de Promoção de Biocombustíveis.

Países/ Grupo de Países	**Motivação**	**Políticas de biocombustíveis**
UE-27	Mitigação das mudanças climáticas; segurança dos suprimentos; diversificação agrícola; desenvolvimento rural	Percentuais de mistura obrigatórios 5,75% em 2010 e planejado 10% em 2020; em alguns casos isenção de impostos (por países); tarifa de importação para biodiesel: 6,5% ad valorem pelo biodiesel.
EUA	Segurança do suprimento, autonomia energética, desenvolvimento rural, proteção ambiental	Metas de expansão de biocombustíveis (56.000 milhões de litros em 2012 para 136.000 milhões de litros de combustíveis alternativos em 2022, equivalente a 20% do necessário em 2022; uso de 20% de biodiesel misturado no transporte público e veículos estatais; promoção de pesquisas em biocombustíveis (BIOENERGY RESEARCH CENTERS).
Canadá	Mitigação das mudanças climáticas; proteção ao meio ambiente; segurança energética; progresso tecnológico.	Subvenções governamentais para o desenvolvimento da produção de 2% de biodiesel depois de 2012; depois de três anos progressivamente reduzindo os subsídios de produção de biodiesel (CAN$0,20 por litro; promoção de pesquisas em biocombustíveis de 2ª geração).
Brasil	Independência das importações de óleo, desenvolvimento econômico por meio de exportação de bioenergia; mitigação da mudança climática; proteção ambiental.	Percentual de mistura de 5% para o biodiesel; isenção de impostos. Programa Nacional de Biodiesel (incluindo Selo Combustível Social); tarifas de importação de óleo de palma (11,5% *ad valorem*).
China	Segurança do suprimento, mitigação climática, proteção ambiental e desenvolvimento rural	Projetos modelo de pinhão-manso e sistemas de demonstração.
Índia	Autonomia energética, segurança de suprimento.	Metas de 20% de biodiesel em 2017; Projetos modelo de pinhão-manso nos Estados.
México	Autonomia energética; suprimento energético rural; mitigação das mudanças climáticas; proteção ambiental.	20% de mistura de biodiesel de 2011/2012; projetos de demonstração de biodiesel.
África do Sul	Desenvolvimento rural; autonomia energética; mitigação das mudanças climáticas	Isenção de impostos; percentual voluntário de biodiesel (9%) e 2% de biodiesel planejado; projetos de planta piloto para o pinhão-manso.
Sudoeste da Ásia (Filipinas, Tailândia, Indonésia, Malásia)	Segurança do suprimento; desenvolvimento rural; necessidades básicas.	Percentuais de mistura: a) Malásia – 5% de biodiesel; b) Tailândia –3% de biodiesel em 2012; c) Filipinas – 1% de biodiesel em 2008/ 2% de biodiesel; d) Indonésia – 1.300 milhões de litros de biodiesel por ano a partir de 2010 (produção).
Oeste da África (inclui Senegal, Mali, Gana e Nigéria)	Autonomia energética e diversificação da agricultura.	Percentuais de misturas de biocombustíveis: e) Senegal – biodiesel de pinhão-manso; f) Plantas piloto e projetos de pesquisa: Mali, Senegal, Gana, Nigéria, Burkina Faso.

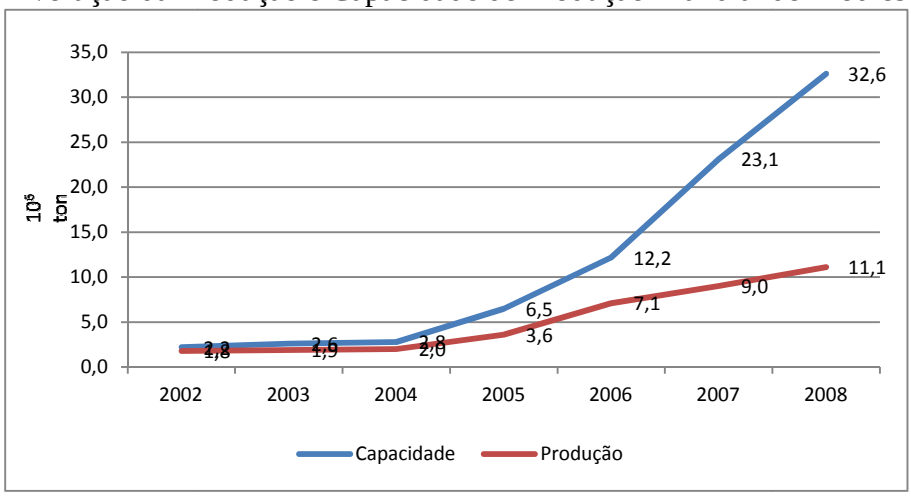
Sudeste da África (Quênia, Tanzânia, Malavi, Moçambique e Zimbábue)	Desenvolvimento rural	Plantas de demonstração e isenção de impostos.
América do Sul (Argentina, Bolívia, Colômbia, Guatemala e Peru)	Desenvolvimento rural e autonomia de energia.	Colômbia (5% de biodiesel em cidades com mais de 500.000 habitantes); Bolívia (2,5% de biodiesel em 2007 e 20% de biodiesel em 2015); Peru (5% de biodiesel em 2010); Argentina (5% de biodiesel em 2010); isenções de impostos para as matérias-primas de biodiesel e seus componentes.

Fonte: Adaptado de SCHUBERT *et al.*, 2009.

A produção global de biodiesel em 2008 totalizou 11,1 milhões de toneladas (Gráfico 1). Pode-se observar que, em 2008, a capacidade utilizada mundial estava em torno de 34% com uma capacidade ociosa de 66% (EMERGY MARKETS, 2010).

A Europa[6] respondeu por aproximadamente 90% da produção mundial de biodiesel na primeira metade da primeira década deste século. A produção tem crescido na Europa rapidamente devido aos subsídios e outros incentivos oferecidos pelo governo. Os países como Alemanha, França e Itália utilizam biodiesel em uma frota significativa de veículos, inclusive na sua versão B100, ou seja, composto de 100% de biodiesel (TOLMASQUIM, 2003).

Gráfico 1 – Evolução da Produção e Capacidade de Produção Mundial de Biodiesel.

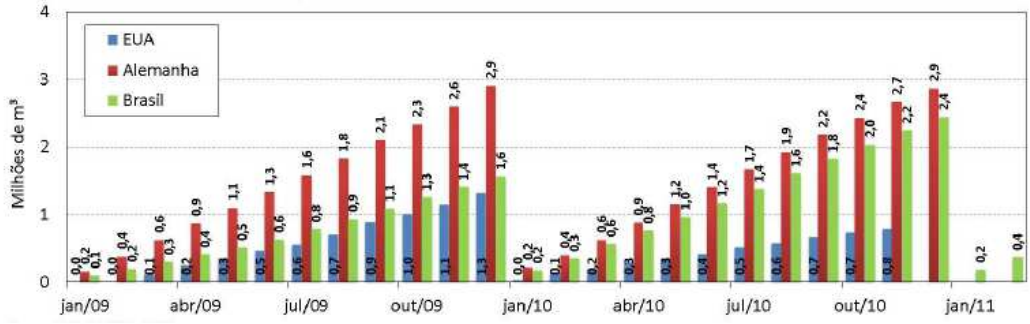


Fonte: Adaptado de EMERGY MARKETS, 2010.

[6] As refinarias de petróleo da Europa buscam a eliminação do enxofre do óleo diesel. A densidade do óleo diesel mineral dessulfurado diminui muito a lubricidade do óleo diesel, e a correção tem sido feita pela adição do biodiesel, cuja lubricidade é elevada (HOLANDA, 2004).

O gráfico 2 mostra o consumo de biodiesel nos Estados Unidos, na Alemanha e no Brasil. A Alemanha aparece como principal consumidor mundial, com 2,9 milhões de m^3 contra 2,4 milhões de m^3 do Brasil.

Gráfico 2 – Evolução do Consumo de Biodiesel nos Países Selecionados.



Fonte: BRASIL, 2011.

Os preços do biodiesel, nos mercados internacionais, são determinados, no curto prazo, pelas condições de suprimento e demanda (influenciada pelas políticas de incentivo e, na mesma direção, pelos preços do óleo cru e de combustíveis fósseis). Em geral, o aumento dos preços de energia não torna necessariamente o biodiesel mais competitivo, até porque há subsídios pelo governo. O aumento dos custos de produção de biodiesel tem sido dirigido pelo aumento dos preços das oleaginosas e, simultaneamente, influenciado pela demanda na produção de alimentos. As recentes descobertas do pré-sal, os investimentos no Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) e a Refinaria Premium do Maranhão aumentarão a oferta de diesel para o mercado interno podem desestimular os investimentos na produção de biodiesel.

2.5 BRASIL - PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL (PNPB)

Desde a década de 20 do século passado, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) no Rio de Janeiro estuda e testa combustíveis alternativos e renováveis (HOLANDA, 2004). Mas, somente na década de 70, o INT, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT- e a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC desenvolveram projetos de óleos vegetais como combustíveis de forma individual cada entidade.

Ainda, na mesma década, a Universidade Federal do Ceará (UFC) pesquisou fontes

alternativas de energia, que culminaram no biodiesel. Na década de 80, a Petrobras e o Ministério da Aeronáutica criaram o PRODIESEL, “testado por fabricantes de veículos a diesel” (HOLANDA, 2004, p. 18).

Em 1982, Salama (1982, p. 93-96) defendeu sua dissertação de mestrado no Programa da COPPE-UFRJ, mostrando as seguintes preocupações, ainda hoje atuais, com a expansão do cultivo das oleaginosas:

- Deslocamento de outras culturas: alimentação ou exportação;
- Desvio da utilização de óleos vegetais para fins carburantes;
- Fixação da mão-de-obra no campo;
- Regionalização da produção;
- Riscos de se concentrarem recursos em uma única cultura, visando diminuir a vulnerabilidade quanto a incertezas futuras.

Em 1983, O Governo Federal lançou o Programa de Óleos Vegetais (OVEG), realizando os testes de “utilização de biodiesel e misturas combustíveis em veículos que percorressem mais de 1 milhão de quilômetros”. O Programa acabou sendo descontinuado, pois a relação de preços internacionais óleos vegetais/petróleo, em 1980, em barris equivalente, era em média de 3,50. Com a queda dos preços do petróleo, a partir de 1985, esse coeficiente se tornou ainda mais desfavorável (HOLANDA, 2004, p. 18).

Em 2004, foi lançado o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), pelo Governo Federal, para estimular a produção de biodiesel de forma sustentável, promovendo a inclusão social, além de garantir preços competitivos, qualidade e suprimento.

A rápida expansão da capacidade produtiva antecipou em três anos a mistura obrigatória de adição de 2013 para 2010 (Figura 2). De 2005 a 2007, o período era autorizativo. A partir de 2008, a mistura de 2% era obrigatória, sendo, em 1º de julho de 2008, aumentado o teor para 3%. Em 2009, o teor passou para 4% obrigatórios e, finalmente, para 5%, a partir de 1º de janeiro de 2010.

Figura 2 – Percentuais Mínimos de Biodiesel Adicionados ao Diesel

Fonte: KARAS, 2010.

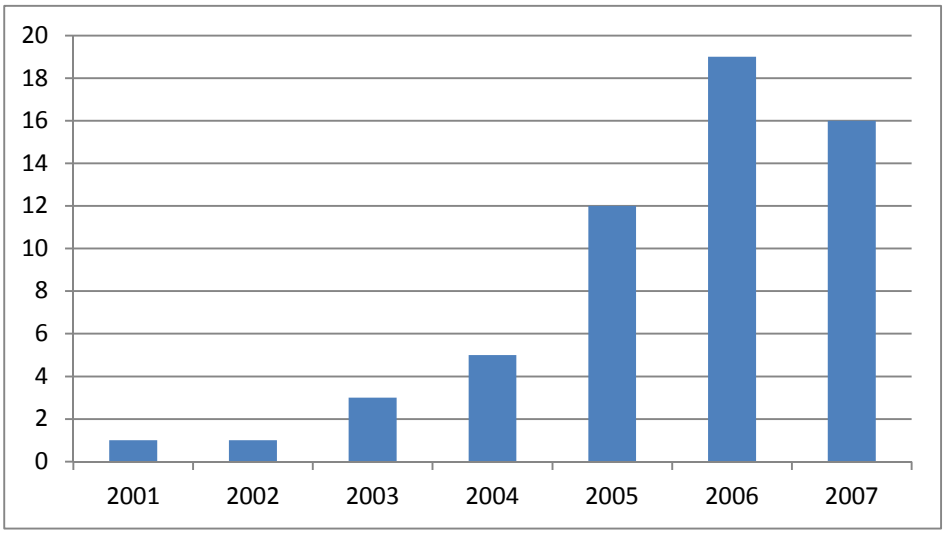
2.5.1 Base Tecnológica

Com base na Figura 1, este item analisa a base tecnológica que sustenta os três pilares do PNPB: social, ambiental e mercadológica. A análise tecnológica baseia-se nos autores das pesquisas e empresas sobre biodiesel no Brasil e na lei 11.097/05 que, no seu inciso V, §2°, art. 2º, prevê as políticas industriais e de inovação tecnológica como critério para produção de biodiesel.

Para a verificação da base tecnológica do PNPB, foi consultado o Portal de Inovação do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), sendo escolhida a opção propriedade intelectual, que contém depósitos de informações disponibilizadas pelo INPI de 1985 a 2008, acerca das competências e patentes dos pesquisadores. Cumpre ressaltar que o Portal do Inovação apresenta os dados de documentos de patentes de pesquisadores e empresas cadastradas no Portal e não todos os dados disponíveis na base de dados do INPI. Foi utilizada na pesquisa a palavra-chave “biodiesel” na opção de propriedade intelectual até 30 de agosto de 2011.

Foram encontrados dados de patentes depositadas no INPI e presentes no Portal da Inovação no período de 2001 até 2007. Houve um aumento progressivo até 2007 e, desde então, não foi mais cadastrada patente sobre biodiesel no referido Portal (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Evolução das patentes sobre biodiesel encontradas no Portal da Inovação até julho de 2011.



Fonte: Elaboração própria.

O depósito de PI0105888 de 2001 cujo detentor é o CENPES/PETROBRAS, dos inventores Carlos Nagib Khalil e Lucia Cristina Ferreira Leite trata de um processo para produzir biodiesel diretamente a partir da semente da oleaginosa. Os subprodutos do processo podem ser usados como fertilizantes, alimentação animal e matéria-prima para a produção de etanol (PETROBRAS, 2001).

Em 2002, foi depositado o modelo de utilidade (MU8200104), do inventor Agenor Boff, que trata de uma disposição construtiva aplicada em caixa redutora de um motor que pode utilizar biodiesel para geração de energia elétrica (BOFF, 2002).

Em 2003, foram depositadas duas patentes e um modelo de utilidade. A patentes tratam de métodos de produção de biodiesel: método simplificado de produção de biodiesel do inventor Gilberto Sabóia (PI03005167) e processo para a produção de éster etílico de ácidos graxos e equipamento para a sua realização do inventor Artur Alves (PI0301183). O modelo de utilidade (MU8301654), depositado por inventor Agenor Boff, trata de um veículo com segundo eixo dianteiro dirigível para transporte urbano de passageiros (SABOIA, 2003; ALVES, 2003; BOFF, 2003).

Em 2004, foram depositadas cinco patentes divididas em 4 patentes de processo produtivo e uma patente de uma mistura combustível de biodiesel de mamona, diesel de petróleo e etanol anidro para motores do ciclo diesel. O Quadro 2 as resume.

Quadro 2 – Documentos de Patentes Depositados em 2004.

Título	Resumo	Inventor	Referência
Processo contínuo para produção de biodiesel (PI0404243)	Processo contínuo desenvolvido para a produção, de forma contínua, de mono-ésteres de ácidos graxos (biodiesel) de qualidade superior - padrão internacional a partir de óleo vegetal semi refinado e álcool anidro por processo de transesterificação em reatores característicos, com separação contínua do álcool residual através de evaporação e da glicerina (obtida como sub-produto da reação) através de centrífugas, também usadas na lavagem e purificação final do biodiesel.	Ivor Fazzioni	GEA WESTFALIA SEPARATOR DO BRASIL INDUSTRIA DE CENTRIFUGAS LTDA, 2004
Processo de produção de biodiesel - etil e metil ésteres - a partir de borra de refino químico ou físico de óleos vegetais ou animais (PI0415705)	Processo de produção de biodiesel a partir da borra de refino de óleos vegetais ou animais, tais como, mais não limitados, ao óleo de soja, óleo de palma, óleo de girassol e óleo de arroz, e outros, onde o processo é realizado em ambiente alcoólico para garantir a insolubilização das gomas, lecitinas e do sulfato de sódio, resultantes.	Rodolfo Rohr	RESITEC INDUSTRIA QUIMICA LTDA, 2004
Processo para produção industrial de combustível renovável (PI0403140)	Processo químico para a obtenção industrial de biodiesel que envolve uma reação de transesterificação dos triglicerídeos (óleos vegetais novos ou usados e gorduras animal, vegetal ou hidrogenada), pela ação do(s) álcool(is) anidro(s), etílico ou metílico, na presença de um catalisador hidróxido metálico à temperatura e pressão ambientes.	Ana Cecilia Bulhoes Figueira; Fabricio Nunes Covas; Felipe Binhardi de Aguiar	MB DO BRASIL CONSULTORIA E COMERCIO DE EQUIPAMENTOS E PROCESSO PARA O BIODIESEL LTDA, 2004
Mistura combustível (PI0405125)	Descreve-se uma mistura combustível para motores do ciclo diesel que consiste essencialmente de álcool etílico anidro, diesel de petróleo e diesel etílico de mamona e sob a condição de que a proporção de álcool etílico e biodiesel etílico de mamona seja de 1:1. A mistura combustível obtida é límpida e homogênea.	Andre Manoel Goja Ferreira; Carlos Nagib Khalil; Marcia Cristina Khalil de Oliveira	CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO, 2004
Processo para a produção de biodiesel utilizando óleos vegetais ou gordura animal e indução por micro-ondas (PI0403530)	Trata-se de processo de produção de biodiesel pela transesterificação ou esterificação de óleos vegetais ou gorduras animais e ácidos graxos em geral, por catálise ácida, básica ou ácida/básica, utilizando a energia na faixa das microondas, 2.450 e 915 MHz, através de geradores de microondas acoplados a cavidade reacional.	Evandro Luiz Dall'oglio; Paulo Teixeira de Sousa Júnior; Marcelo Neves Garofalo; Marcelo Neves Garofalo	GAROFALO *et al*, 2004

Fonte: Elaboração própria a partir do Portal da Inovação.

Em 2005, foram depositadas 12 documentos de patentes sobre processos produtivos de produção de biodiesel, com destaque para a patente dos professores da Escola de Química e do Instituto de Química da UFRJ, Donato Aranda e Octávio Antunes, utilizada comercialmente pela Companhia Refinadora da Amazônia (Agropalma). As patentes de 2005 estão apresentadas no quadro 3.

Quadro 3 – Documentos de Patentes Depositados em 2005.

Título	Resumo	Inventor	Referência
Processo de preparação de biodiesel e biodiesel assim obtido (PI0506268)	Refere-se a um processo de preparação de biodiesel que compreende as seguintes etapas: a. Reação de transesterificação de triglicerídeos (óleos vegetais ou gordura animal) neutros ou ácidos, com um álcool (metanol ou etanol); b. Etapa de separação por indução química; c. Etapa de lavagem a seco.	Antonio Carlos Ferreira Batista; Daniel Armelim Bortoleto; Gabriela Ramos Hurtado; Vânia Brugnara Dabdoub; Miguel Joaquim Dabdoub Paz	SOUZA, 2005
Processo de produção de biodiesel sem catalisador em meio contínuo (PI0502891)	Processo contínuo, não catalítico, de produção de biodiesel a partir de óleos vegetais e etanol ou metanol.	Alcir Dall'agnol; Jose Vladimir de Oliveira; Ari Osvaldo Baldus; Eloi Ricardo Nascimento Sobrinho; Cláudio Dariva	INTECNIAL; FUNDAÇÃO REGIONAL INTEGRADA, 2005
Método de determinação de percentual de mistura de biodiesel em óleo diesel (PI0505856)	Consiste em um processo simples de determinação do percentual de mistura de biodiesel em óleo diesel empregando a medida de absorbância de radiação no espectro infravermelho médio, mais especificamente na faixa entre 1870-1540 cm^{-1}. O pico de absorção correspondente ao alongamento da ligação dupla carbono-oxigênio, também conhecido como pico da carbonila (C=O), existente nesta região está presente apenas no biodiesel e, portanto pode ser empregado na determinação da presença deste componente em uma mistura biodiesel-óleo diesel.	Cyro Ketzer Saul; Marcelo Adriano Aliske; Wanderley Veiga	INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO PARANÁ, 2005
Processo para a produção de biodiesel (PI0503631)	Processo de produção de biodiesel a partir de gorduras e/ou óleos naturais com catalisador e álcool.	Bruna Santiago Dias; Carla de Araújo Ferreira; Michele Sabba; Jose Antonio Vidal Vieira; Sonia Maria Cabral De Menezes	CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO, 2005
Processo de produção de biodiesel com reaproveitamento de óleo e gordura animal e vegetal (PI0503453)	Processo de reaproveitamento de óleo e gordura animal e vegetal, utilizados pelas indústrias, comércios e residências, que não serão mais descartados em rios ou meio ambiente, tendo uma destinação dirigida para coleta em galões, tambores ou tanques (2), para a produção de Biodiesel 'B80'.	Adalberto Jose Gallis Tomaz	TOMAZ, 2005
Método de transesterificação de óleos vegetais	Compreende a produção de Biodiesel, a partir de quais quer óleos vegetais ou gordura animal, nas rotas metílicas ou etílicas, catalisada por	Osvaldo Candido Lopes; Antonio Jose da Silva	SUZUKI, 2005

Título	Resumo	Inventor	Referência
e gorduras animais, catalisada por base forte modificada para produção de biodiesel (PI0502312)	base forte modificada, onde se obtém um elevado rendimento, na reação de transesterificação, promovendo a decantação espontânea da glicerina e os ésteres são obtidos com pureza superior a 99%, após o processo de retirada do álcool em excesso, neutralização do catalisador e purificação, esse novo catalisador permite o processo contínuo onde se pode utilizar toda a engenharia das plantas industriais que já operam com metanol para operar na rota etílica.	Maciel	
Quantificação espectrofotométrica de glicerol em biodiesel (PI0504024)	A presente invenção está de um modo geral relacionada a uma análise para quantificação de glicerol (total e livre) em amostra de biodiesel por espectrofotometria de luz visível.	Roberto Carlos Lima Sampaio; Luciana Camacho Rodrigues	FERTIBOM TECNOLOGIA LTDA, 2005
Processo para a produção de biodiesel a partir da esterificação de ácidos graxos livres (PI0500417)	A presente invenção descreve um processo para a produção de biodiesel a partir da esterificação alcoólica de ácidos graxos livres, estes oriundos do refino de óleos vegetais, rejeitos de óleos industriais e de fritura, e gorduras de animal e esgoto orgânico, em que se utiliza o ácido nióbico como um catalisador sólido ácido.	Donato Alexandre Gomes Aranda; Rafael Richard Joao; Rafael Thomaz Pergentino Santos; António Telhado Pereira; Robson de Souza Monteiro; Kensley Alves De Oliveira	COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO, 2005
Reator multifuncional modular para produção de biodiesel (PI0506268)	Trata-se de reator multifuncional modular para produção de biodiesel em formato de U.	Marco Antonio Fernandes de Sousa	SOUSA, 2005
Disposição construtiva em instalação para produção de biodiesel (PI0500575)	Trata-se de um reator, que é provido de duas hélices para mistura, uma bomba de vácuo que realiza um movimento de pêndulo, de forma concatenada, uma entrada auxiliar para a adaptação de aceleradores de pressão e para avançar o processo de reação se for necessário, uma serpentina interligada a um mecanismo de aquecimento de água.	Klaus Gunter Prehn	NICLAS, 2005
Processo de produção de polihidroxialcanoatos a partir de glicerol ou resíduos contendo glicerol (PI0501139)	Esta invenção trata de um processo de produção de polihidroxialcanoatos (PHA), utilizando bactérias selecionadas dos gêneros Burkholderia, Waltersia e Alcalígenes, que são cultivadas em meios de cultura onde a principal fonte de carbono é constituída de glicerol ou resíduos contendo quantidades expressivas dele, provenientes da produção de biodiesel.	Jose Geraldo da Cruz Pradella; Jose Marcio Carter; Rosa Mitiko Saito Matsubara; Jose Gregorio Cabrera Gomez; Maria Filomena de Andrade Rodrigues; Elda Sabino da Silva; Marilda Keico Taciro; Alfredo Eduardo Maiorano	INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DE SÃO PAULO, 2005
Processo catalítico para esterificação de ácidos graxos (PI0500333)	Processo de esterificação de ácidos graxos, que podem ser obtidos de óleos vegetais ou gorduras animais. Tal processo produz ésteres com alto grau de pureza que podem ser aproveitados para a produção de biodiesel com alto valor	Octavio Augusto Ceva Antunes; Donato Alexandre Gomes Aranda	UFRJ, 2005

Título	Resumo	Inventor	Referência
	agregado.		

Fonte: Elaboração própria a partir do Portal da Inovação.

Em 2006, foram depositadas 16 patentes e 3 modelos de utilidade, sendo o ano em que foi concedido o maior número de depósitos (Quadro 4).

Quadro 4 – Documentos de Patentes depositadas em 2006.

Título	Resumo	Inventor	Referência
Processo de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais para produção de biodiesel (MU8602286)	Refere-se a um modelo de utilidade para um novo processo para transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais, visando à produção de biodiesel, com equipamentos contínuos, auto-suficientes energeticamente e sem utilização de vapor produzido por caldeiras térmicas.	Carlos Enesto Covalski	FAST INDUSTRIA E COMERCIO LTDA, 2006
Processo e equipamento para obtenção de combustível biodiesel (PI0602536)	Obtenção de produto biodiesel e co-produto glicerina pelo método de transesterificação, de forma mais econômica, com maior produtividade e em menor tempo quando comparado com os processos de obtenção de biodiesel conhecidos no estado da técnica. O processo é formado pelas etapas de separação de matéria-prima (1); carregamento do reator (2); mistura e reação de transesterificação (3); decantação (4) e obtenção do produto final e co-produto (5).	Antonio Martinho Marchiori	CENTRAL PLAST-TANQUES PARA CAMINHÕES LTDA, 2006
Processo para a produção de derivado de ácido linoléico por biotransformação de co-produtos de biodiesel (PI0604251)	Trata-se de um processo para a biotransformação de co-produtos do biodiesel, particularmente um biodiesel preparado a partir da transesterificação do óleo de dendê, de acordo com o qual os referidos co-produtos são postos em contato com o fungo *Penicillium corylaphilum*, durante um tempo determinado e sob temperaturas adequadas, obtendo-se ao final um composto derivado do ácido linoleico.	Claudia Maria Campinha dos Santos; Jose Daniel Figueroa Villar; Luiz Eduardo Pizarro Borges; Marcia Helena Rodrigues Velloso; Wilma de Araujo Gonzalez	INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, 2006b
Processo de produção e equipamento para obtenção de biodiesel por reação rápida (PI0605024)	Processo de produção e equipamento para obtenção de biodiesel por reação rápida de transesterificação.	Isaias Rodrigues Belitardo; Flavia Regina Bento	BELITARDO; BENTO, 2006
Processo de produção de biodiesel assistido por microondas/ Ultrassom (PI0601246)	Trata-se da transesterificação de óleos/gorduras em geral utilizando a energia de microondas para a reação e ultrassom para agitação da solução.	Wilmar Gomes Guimaraes	TOCANDIRA EMPREENDIMENTOS GERAIS LTDA, 2006
Processo de obtenção de	Consiste essencialmente na utilização, como matéria prima básica, de uma	Sheyla Alves Rodrigues; Lauro	RODRIGUES *et al.*, 2006

Título	Resumo	Inventor	Referência
extrato vegetal da semente da nhandiroba e biodiesel (PI0602332)	planta denominada Nhandiroba (*Fevillea trilobata L.*, planta da família da *Cucurbitaceae*); separando-se o óleo por esmagamento, adição de solventes ou por processo utilizando energia solar, com exceção dessa última pode-se obter o biodiesel a partir da nhandiroba sem maiores alterações.	Xavier-Filho; Evandro Almeida Tupinamba; Cleide Mara Faria Soares; Juliana Cordeiro Cardoso; Pierre Basmaji; Jose Flavio Lopes	
Equipamento equalizador de densidade de óleo biodiesel em motores de autocombustão (PI0603599)	Equipamento aquecedor para o equilíbrio da densidade final do óleo biodiesel preferencialmente em motores de autocombustão convencionais, cuja função é aquecer o óleo biodiesel de modo a diminuir sua viscosidade e equiparar a densidade do óleo vegetal à do óleo diesel, para utilização conjunta de tais componentes, como combustível, sem a necessidade de significativa alteração e manutenção do motor.	Hellmut Geiger	GEIGER, 2006
Método e aparato para a produção de biodiesel (PI0600005)	Processo para obtenção de biodiesel a partir de uma cesta de insumos novos e residuais derivados de triglicerídeos e/ou ácidos graxos em geral como escuma do esgoto sanitário, óleo de cocção, gordura animal e/ou óleos vegetais diversos.	Andrea Borges de Souza Cruz; Priscylla dos Santos Freiria Lopes	GESTAO DE ENERGIA RENOVAVEL E APROVEITAMENTO DE RESIDUOS LTDA, 2006
Processo para produção de biodiesel a partir de borra de refino de óleos vegetais estimulada por microondas, e respectivo equipamento para sua realização (PI0604251)	Processo da borra de refino de óleos vegetais, visando transformá-la em biodiesel por meio da reação dos materiais derivados de ácidos graxos, presentes nesta borra, com alcoóis leves como metanol ou etanol, com base no fato de a reação do principal constituinte desta borra, um sabão sódico, conseguir reagir com alcoóis quando submetida a uma irradiação por microondas em presença de catalisador ácido, sendo que o processo prevê também a recuperação do álcool utilizado em excesso para remoção de água de reação, bem como do catalisador empregado.	Artur Selmikaitis; Luiz Alberto Jermelovicius; Renata Borges do Nascimento; José Thomaz Senise; Edmilson Renato de Castro	INSTITUTO MAUA DE TECNOLOGIA, 2006
Processo de extração de óleo para fabricação de biodiesel com utilização de energia solar como fonte de aquecimento dos fluidos utilizados no processo (PI0602280)	Processo de extração de óleo para fabricação de biodiesel com utilização de energia solar como fonte de aquecimento dos fluidos utilizados no processo. É composto por placas captadoras de calor, que aquecem os fluidos, água e óleo, que são encaminhados para um recipiente térmico, a água é aquecida e segue para o reator, onde são acrescentados e aquecidos o farelo de soja e o solvente, pelo sistema "banho maria", o solvente entra em ebulição, reagindo com o farelo, retirando-se o óleo nele contido.	Carlos Aparecido Domingues; Jose Benedito Jorge; Luiz Henrique Lazarini	DOMINGUES, 2006
Processo de produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras vegetais	Trata-se de um processo de produção de biodiesel pela reação de transesterificação de óleos e gorduras tanto animais quanto vegetais com alcoóis de cadeias curtas, empregando-se	Ulf Friedrich Schuchardt; Roberto Bineli Muterle; Letícia Ledo Marciniuk;	SUZUKI, 2006

Título	Resumo	Inventor	Referência
ou animais com ou sem ácidos graxos livres utilizando catalisadores sólidos a base de fósforo e metais trivalentes (PI0603857)	catalisadores heterogêneos ácidos sólidos, mais especificamente difosfatos ácidos de metais trivalentes (ex: lantanídeos, alumínio e ferro), que podem ser recuperados e reutilizados. O processo realiza simultaneamente reações de transesterificações e de esterificações, mais especificamente transesterificação de glicerídeos e esterificação de ácidos graxos livres.	Camila Martins Garcia	
Reator e processo para produção de biodiesel (PI0602511)	O processo se refere a um reator para conversão, em fluxo contínuo, de óleos vegetais, gordura animal ou óleos de fritura usados para produção de biodiesel.	Sergio Di Bonaventura	ETRURIA INDUSTRIA DE FIBRAS E FIOS SINTETICOS LTDA, 2006
Turbilhonador de aquecimento contínuo de óleos vegetais ou gorduras animais para produção de biodiesel (MU8602286)	Refere-se a um modelo de utilidade, um novo turbilhonador de aquecimento contínuo de óleos vegetais, ou gorduras animais, visando à produção de biodiesel. O processo é compreendido pelo turbilhonador, com helicóides internos e provoca o aquecimento controlado de todo pelo atrito molecular, havendo a transferência deste calor para a mistura liquida que percorre a câmara interna do turbilhonador, conectado e fixado ao gerador indutivo.	Carlos Enesto Covalski	FAST INDUSTRIA E COMERCIO LTDA, 2006
Processo para transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais, catalisado por base forte modificada para produção de ésteres alquílicos (PI0603857)	Trata-se de catalisadores que promovem um elevado rendimento, na reação de transesterificação, promovendo a decantação espontânea da glicerina. Após retirada do álcool em excesso do meio reacional, a neutralização do catalisador e sua purificação, obtêm-se os ésteres (biodiesel) com pureza superior a 99%.	Osvaldo Candido Lopes; Antonio Jose da Silva Maciel	SUZUKI, 2006
Usina de sistema de usina pressurizado por vapor de caldeira ecológica (PI00601772)	Usina de sistema de usina pressurizado por vapor de caldeira ecológica, compreendido por tratar-se de um sistema de vasos de pressão, cada um deles com sua devida função, dentro do fluxograma normal de transesterificação e usinagem de biodiesel.	Aldo Marcos Barbosa da Silva; Edilson Antonio Piaia; Gilnei Savio Brun; Juarides Goulart de Oliveira	OLIVEIRA et al., 2006
Método sustentável para recuperação de petróleo (PI0605371)	Trata-se de um método de recuperação avançada de petróleo (RAP) que associa as eficiências técnica, econômica, ambiental e social para aumento do fator de recuperação de campos de terra ou de mar com alto grau de explotação, mais precisamente com o uso de uma substância miscível com os diversos tipos de petróleo de baixa fluidez encontrados em várias regiões. Mais especificamente, a presente invenção está relacionada com o uso de solventes, tais quais as frações líquidas leves do petróleo, como óleo diesel e o gasóleo;	Amaury de Azevedo Aguiar; Ana Paula Silva Conceicao de Santana; Andre Luis Mynssen Ferreira; Maria Aparecida de Melo; Viviane Rezende Prates; Ivonete Pereira González da Silva	PETROBRAS, 2006

Título	Resumo	Inventor	Referência
	um petróleo leve, e os óleos essenciais, derivados de fontes renováveis, como por exemplo, o biodiesel, usados puros ou em mistura entre si em qualquer proporção, para ser injetado na formação geológica, pelo poço injetor, resultando uma mistura final (petróleo - solvente injetado) que apresenta uma viscosidade menor.		
Catalisador e processo para transesterificação de ésteres de ácidos graxos (PI0603904)	Trata-se de um catalisador para produção de biodiesel a partir de biomassa do processo de extração do óleo de palma. Mais particularmente, utilizam-se as cinzas geradas no processo de extração de óleo de dendê, oriundas da queima dos cachos vazios da palma. Tais cinzas podem ser empregadas como catalisador na reação de transesterificação dos ácidos graxos em condições tais que da reação resulta excelente conversão, acima de 92%.	Andrea Maria Duarte de Farias; Luiz Eduardo Pizarro Borges; Raquel Medeiros da Silva; Wilma de Araujo Gonzalez	INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, 2006a
Aperfeiçoamento introduzido em gerador móvel composto por duas células (PI0605454)	Aperfeiçoamento introduzido em gerador móvel composto por duas células, compreendido por um corpo principal, constituído a partir de um container que acondiciona internamente uma plataforma sobre a qual são posicionados dois motores dotados de sistema de injeção eletrônica alimentados por diesel, biodiesel puro ou misturado com diesel, acondicionado em um reservatório de combustível disposto na secção traseira, enquanto a secção dianteira detém inferiormente uma caixa de força sobre a qual se verifica um painel de controle, sendo que o dito container provido, em suas secções laterais e secção dianteira, de portas.	Evaristo Otaviano de Andrade Neto	GMG MOTOR E GERADOR DIESEL LTDA, 2006
Configuração aplicada em processo de extrusão e prensagem de oleaginosas (MU860096)	A configuração é aplicada em processo de extrusão e prensagem de oleaginosas é formada a partir da entrada da matéria prima, obtendo-se o resíduo grosso e prensa dos fardos, chegando enfim na fase de extrusão e prensagem, de onde é encaminhado o óleo para a usina de biodiesel, tendo também a obtenção do farelo que por fim segue para ser ensacado.	Jose Luiz Garcia	GARCIA, 2006

Fonte: Elaboração própria a partir do Portal da Inovação.

Em 2007, foram depositadas 16 patentes, destacando-se a que se refere a um método para reciclagem e aproveitamento da glicerina, obtida no processo de produção de biodiesel e outras três sobre catálise heterogênea, que não tem sido muito utilizada no Brasil. Além disso, tem-se uma patente sobre a produção de microalgas para produção de biodiesel, o que

representa muito pouco, haja vista o potencial das microalgas no Brasil com grandes áreas de ensolação (Quadro 5).

Quadro 5 – Documentos de patentes depositados em 2007

Título	Resumo	Inventor	Referência
Processo de obtenção de biodiesel a partir de matéria-prima derivada de gordura suína e produto resultante (PI0700781)	Processo de obtenção de biodiesel derivado de gordura suína e com todas as características positivas encontradas no biodiesel obtido de óleo vegetal e ainda do diesel mineral.	João Paulo Antonio Muniz; Delva Magalhaes Poli	MUNIZ...,2007
Método para reciclagem e aproveitamento da glicerina obtida da produção do biodiesel (PI0701993)	A patente utiliza a reciclagem da glicerina obtida através do processo de produção industrial do biodiesel, utilizando um processo constituído basicamente em quatro etapas: a) captação da glicerina como subproduto proveniente do processo de produção industrial do biodiesel; b) hidrogenação da glicerina a n-propanol; c) reciclo do n-propanol, assim obtido para ser adicionado com uma mistura de alcoóis; e d) transesterificação da mistura n-propanol adicionado com a mistura.	Bernardo Galvao Siqueira; Carlos René Klotz Rabello; Raphael Bezerra de Menezes	CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO, 2007a
Processo de produção de biogás, óleos especiais, ingredientes alimentícios, cosméticos e industriais, biodiesel, adubos orgânicos, energia elétrica a partir de microalgas, nutrientes inorgânicos e sol, com sequestro de carbono de fonte geradora ou do ar atmosférico (PI0704911)	Trata-se de um processo de produção com variações a partir de criação de algas e vegetais aquáticos, casado com sistema de biodigestão com o objetivo de produzir biogás, biodiesel, óleos especiais, energia elétrica, ingredientes alimentícios, ração animal, num único processo.	Claúdio Truchlaeff	TRUCHLAEFF, 2007
Espectrômetro de emissão na região do infravermelho próximo e método para determinação da estabilidade oxidativa de óleos, gorduras e biodiesel (PI0701340)	Refere-se a um espectrômetro de emissão para região do infravermelho próximo compreendendo: um aquecedor elétrico, uma célula para introdução das amostras, uma câmara, lentes plano-convexas, um filtro óptico-acústico sintonizável para a região do infravermelho e um detector.	Fabiano Barbieri Gonzaga; Celio Pasquini	SUZUKI, 2007

Título	Resumo	Inventor	Referência
Sistema biossônico para a rápida reação de fabricação de biodiesel através de bombas (PI0700307)	Neste sistema biossônico, as bombas substituem os reatores, isoladamente ou em conjunto com os sistemas citados, fazendo as reações químicas de craqueamento, esterificação e transesterificação, isoladamente ou em conjunto, utilizando para isto, óleos vegetais, ácidos graxos, sebo, e outros, isoladamente ou misturados entre si, juntamente com álcool metílico, etílico ou outro, além de usar ou não catalisadores alcalinos ou ácidos, fazendo as reações de forma muito rápida, também facilitando a separação do glicerol.	Galdino Sarabion Vieira Machado; Felipe Cruz de Oliveira Santos	SANTOS...,2007
Equipamento para recuperação de etanol e eliminação de água (PI0701515)	Descreve-se um equipamento para recuperação de etanol e eliminação de água que, de acordo com as suas características, propicia a formação de um equipamento para recuperação em estrutura própria e específica do tipo eletromecânica destinada a fabricação de ésteres etílicos ou biodiesel através da rota etílica, ou seja, a partir de óleos vegetais e álcool etílico, com vistas a possibilitar de forma totalmente otimizada a execução do sistema de recuperação de etanol e eliminação de água contido no processo de fabricação de biodiesel através da rota etílica.	Nei Hansen de Almeida	ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE CULTURA, 2007b
Equipamento para ativação de catalisador ácido (PI0701516)	Equipamento para ativação de catalisador ácido que, de acordo com as suas características, propicia a formação de um equipamento para ativação em estrutura própria e específica do tipo eletromecânica destinada à fabricação de ésteres etílicos ou biodiesel através da rota etílica, ou seja, a partir de óleos vegetais e álcool etílico, com vistas a possibilitar de forma totalmente otimizada a preparação do reagente das reações ácidas, que ocorre no sistema de ativação do catalisador ácido contido no processo de fabricação de biodiesel através da rota etilica, objeto do pedido de patente de invenção	Nei Hansen de Almeida	ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE CULTURA, 2007a
Utilização de glicerol ou glicerina (nome comercial), proveniente dos resíduos da produção do biodiesel como ativo ou ingrediente inerte, na fabricação de defensivos	O glicerol atua como agente inerte e/ou princípio ativo, minimizando problemas de ordem técnica em operações de pulverização, notadamente problemas pertinentes a rápida evaporação das gotas da caída pulverizada, garantindo ainda, uma capacidade diferenciada de adesão sobre a superfície das plantas tratadas com o defensivo agrícola, onde também, esta adesão otimizada apresenta maior capacidade de retenção quando da precipitação de chuvas torrenciais, ressaltando-se, ainda que, esta substância	Ariel Orlando Destefano	DESTEFANO, 2007

Título	Resumo	Inventor	Referência
agrícolas, adjuvante ou adubos foliar (PI0703036)	é isenta de qualquer tipo de toxidade adequando, portanto, o uso de defensivos agrícolas ao rigor de normas internacionais de preservação do meio ambiente e da saúde humana.		
Processo tecnológico integrado para produção de lipídios e biodiesel por algas utilizando como substratos vinhaça e/ou CO2, resíduos das destilarias de álcool (etanol) (PI0705520)	Trata-se de um processo tecnológico integrado com objetivos de sequestrar o CO_2 (resíduo gasoso oriundo do processo fermentativo do mosto do caldo de cana-de-açúcar), assim como reutilizar a vinhaça (resíduo liquido oriundo da destilação do mosto fermentado), resíduos gerados em grandes volumes por indústrias (destilarias) produtoras de etanol/álcool. Essa recuperação e/ou sequestro de CO_2, com concomitante tratamento biológico da vinhaça é realizado através do cultivo de algas e/ou cianobactérias (diferentes gêneros e espécies) em tanques e/ou biorreatores (abertos e/ou fechados), tendo por finalidade a redução da DBO e/ou DQO (demanda bioquímica e/ou química de oxigênio).	Dolivar Coraucci Neto	OURO FINO PARTICIPACOES E EMPREENDIMENTOS LTDA, 2007
Processo para produção de biodiesel a partir de óleos vegetais e gorduras utilizando catalisadores heterogêneos (PI0702373)	Trata-se de um processo de produção de biodiesel, através da transesterificação de ésteres de ácidos graxos presentes em óleos vegetais e gorduras utilizando um novo catalisador composto de um pentóxido de nióbio.	Jose Luiz Zotin; Marcio de Figueiredo Portilho; Michele Sabba; Jose Antonio Vidal Vieira	CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO, 2007b
Sistema de gaseificação de propanotriol para produção de gás combustível sintético, biogás, com produção de energia térmica ou elétrica (PI0702746)	Versa sobre a queima da glicerina para produção de gás combustível com produção de energia térmica ou elétrica.	Murilo Prado Badaro; Fabio Couto de Araujo Cancado	BADARO; CANCADO, 2007
Processo de fabricação de ração e concentrados (PI0702083)	Trata-se de um processo para fabricação de ração e concentrados que utiliza o farelo da extração de óleos destinados à produção de biodiesel.	Felipe Rodrigues Petterle	PETTERLE, 2007
Processo de fabricação de biodiesel sem efluentes e secagem a frio (PI0702102)	Trata-se, especificamente, do uso de resinas intercambiônicas (trocadoras de íons), e de polímero super absorvente para realizar as lavagens sem uso de água ou vapor e a secagem sem a necessidade de aquecimento, de maneira mais rápida e ecologicamente perfeita, evitando contaminação ambiental; sendo que as resinas intercambiônicas após se exaurirem poderão ser queimadas em caldeira e o polímero super absorvente	Galdino Sarabion Vieira Machado	BRASPAIN ECO DIESEL COMERCIO E REPRESENTACOES COMERCIAIS LTDA, 2007

Título	Resumo	Inventor	Referência
	depois de seco em estufa ser reutilizado por várias vezes.		
Processo de craqueamento catalítico para produção de diesel a partir de sementes de oleaginosas (PI0702541)	Trata-se de um processo para craqueamento termocatalitico, para produção de óleo diesel a partir de carga de origem vegetal constituída de sementes de oleaginosas, em refinarias que possuem um mínimo de dois reatores de FCC. Pelo menos um dos reatores processa gasóleo pesado ou resíduo em condições convencionais enquanto que pelo menos um dos reatores processa a carga de origem vegetal constituída de sementes de oleaginosas, em condições adequadas à produção de óleo diesel. O processo utiliza o mesmo catalisador utilizado no processo de craqueamento catalítico fluido, o qual, simultaneamente, processa carga convencional. O óleo diesel, ou biodiesel, produzido através do referido processo tem qualidade superior, apresenta número de cetano maior do que 40.	Mauro Silva; Wilson Kenzo Huziwara; Amilcar Pereira da Silva Neto; Julio Amilcar Ramos Cabral; Luiz Carlos Casavechia; Carlos Nagib Khalil; Lucia Cristina Ferreira Leite; Raul de Carvalho Silva; Andrea de Rezende Pinho	CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO, 2007c
Catalisador heterogêneo e processo de transesterificação compreendendo o uso de catalisador heterogêneo (PI0702142)	Refere-se a um processo de transesterificação empregando um catalisador heterogêneo de cobre que pode ser recuperado e reutilizado no processo.	Daniel Armelim Bortoleto; Márcia Alexandra Rampin; Vânia Brugnara Dabdoub; Miguel Joaquim Dabdoub Paz; Hugo de Souza Rodrigues	SOUZA, 2007
Catalisador heterogêneo e processo de transesterificação compreendendo o uso de catalisador heterogêneo (PI0702448)	Refere-se a um processo de transesterificação empregando um catalisador heterogêneo de vanádio que pode ser recuperado e reutilizado no processo.	Daniel Armelim Bortoleto; Márcia Alexandra Rampin; Vânia Brugnara Dabdoub; Miguel Joaquim Dabdoub Paz; Hugo de Souza Rodrigues	SOUZA, 2007

Fonte: Elaboração própria a partir do Portal da Inovação.

Pode-se verificar a existência de grande impulso à pesquisa tecnológica após a criação do PNPB em 2004 e, a partir de 2006, redução no número de patentes depositadas, sendo que, em 2008, não houve patentes depositadas de acordo com o Portal da Inovação.

2.5.1.1 Visão Ambiental

Em continuidade à análise da Figura 2, apresenta-se a visão ambiental que está expressa no inciso IV, §2º, artigo 2º, da Lei 11.097/2005, "IV - o desempenho dos motores com a utilização do combustível".

Este critério que o legislador incluiu se justifica, pois o consumo de combustíveis fósseis derivados do petróleo tem causado impacto negativo na qualidade do meio ambiente: poluição do ar, mudanças climáticas, derramamentos de óleos, dentre outros.

O biodiesel permite o estabelecimento de um ciclo fechado de carbono, no qual o CO_2 é absorvido, quando a planta cresce, e é liberado no momento em que o biodiesel é queimado na combustão do motor, reduzindo em 78% as emissões líquidas do CO_2.

No Brasil, de acordo com Holanda:

> Estudos realizados pelo Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas – LADETEL, da USP, mostram que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em reduções de emissões de 20% de enxofre, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não-queimados, 26,8% de material particulado e 4,6% de óxido de nitrogênio. (HOLANDA, 2004, p. 25).

Estudos da UE apontam emissões de NO_x (óxidos de nitrogênio) marginalmente piores que as de diesel de petróleo e sugerem o uso de aditivos e alterações nos motores (HOLANDA, 2004).

2.5.1.2 Visão Social

A visão social está prevista de uma forma mais abrangente no diploma legal, notadamente nos incisos II e III, do §2º, artigo 2°, da Lei 11.097/2005, que tratam da redução da desigualdade regional e da inserção da agricultura familiar na cadeia produtiva.

Os benefícios sociais, por sua vez, têm sido citados como essenciais para a adoção do biodiesel. No Brasil, os estudos realizados pelos Ministérios do Desenvolvimento Agrário, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Integração Nacional e das Cidades mostram, concluíram, segundo Holanda, que:

> (...) a cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo, com uma renda média anual de, aproximadamente, R$4.900,00 por emprego. (HOLANDA, 2004, p. 23).

A citação acima ratifica a ideia de que, com a adoção do biodiesel, haverá inegáveis benefícios sociais, que não podem ser ignorados, no momento em que a economia mundial se ressente da falta de emprego. Além disso, pode ser um meio de fixar o trabalhador no campo, colaborando, dessa forma, para a diminuição da miséria no País, melhorando as condições de vida, principalmente em regiões, como o semi-árido nordestino, onde milhares de famílias vivem em péssimas condições. No II Seminário, "Biodiesel, fonte de energia das oleaginosas", realizado no ano de 2010, em Pernambuco, foi apresentado que os valores estimados por Holanda (2004) permanecem os mesmos (ACADEMIA PERNAMBUCANA DE CIÊNCIA AGRONÔMICA, 2011).

Em síntese, infere-se que a adoção do biodiesel pode, também, promover a inclusão social e o desenvolvimento regional, por meio da geração de emprego e renda. No entanto, para que essa ideia se concretize, será necessário que a sua produção e consumo sejam realizados "de forma descentralizada e não excludente em termos de rotas tecnológicas e matérias-primas utilizadas" (HOLANDA, 2004, p. 24).

Vale ressaltar que, até o fim de 2005, cerca de 20 mil unidades familiares produtoras de oleaginosas das regiões Norte-Nordeste estavam inseridas na cadeia do biodiesel, sendo a previsto atingir 100 mil até o final de 2006 e 250 mil até 2007. Em 2010, havia 103 mil famílias inseridas na cadeia produtiva do biodiesel, valor abaixo da meta esperada em 2007, com o fornecimento de 20% de toda a matéria-prima destinada à produção de biodiesel (FGV Projetos, 2010).

2.5.1.2.1 Selo Combustível Social

O Governo Federal brasileiro, como forma de assegurar as benesses socioambientais que o biodiesel poderia propiciar, lançou o Selo Combustível Social, adotando um conjunto de medidas específicas para estimular a inclusão social da agricultura, nessa importante cadeia produtiva (BRASIL, 2005c).

A Instrução Normativa nº 01 (Anexo II), de 05 de julho de 2005, dispunha sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão de uso do selo combustível social e foi substituída pela Instrução Normativa nº 01 (Anexo III), de 19 de fevereiro de 2009, que dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do selo combustível social (BRASIL, 2009). Essa substituição pode ser explicada pela flexibilização

dos critérios para a concessão do selo, pois os critérios, inicialmente propostos de compra de matérias-primas de agricultores familiares, mostraram-se inviáveis.

As empresas produtoras de biodiesel com Selo Combustível Social têm acesso às melhores condições de financiamento junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e outras instituições financeiras, além de direito de concorrência em volume maior dos leilões de compra de biodiesel (80% de todo o volume).

No entanto, as indústrias produtivas, para terem direito à desoneração de alguns tributos, deverão oferecer segurança aos agricultores familiares, como a garantia da compra da matéria-prima, com preços pré-estabelecidos. Ainda, deve ser possível, a esses agricultores se associarem, adquirir cotas das indústrias extratoras de óleo ou de produção de biodiesel, além de criar cooperativas de produtores.

Os agricultores familiares, por sua vez, poderão se valer das linhas de créditos do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), e, também de assistência técnica, fornecida pelas próprias empresas detentoras do Selo Combustível Social.

O percentual mínimo de aquisições mínimas do agricultor familiar, feitas pelo produtor de biodiesel para fins de concessão, manutenção e uso do selo combustível social, está estabelecido em:

I – 10% (dez por cento) até a safra 2009/2010, e 15% (quinze por cento) a partir da safra 2010/2011 para aquisições provenientes das regiões Norte e Centro-Oeste;

II – 30% (trinta por cento) para as aquisições provenientes das regiões Sul, Sudeste, Nordeste e o Semiárido.

O percentual mínimo de que trata este artigo é calculado sobre o custo de aquisição da matéria-prima adquirida do agricultor familiar ou de sua cooperativa agropecuária em relação ao custo de aquisições totais de matérias-primas utilizadas no período para a produção de biodiesel. Existem 30 usinas de biodiesel com selo combustível social (Quadro 6).

Quadro 6 – Empresas com Selo Combustível Social.

Empresas com Selo Combustível Social				
Nº	**Empresa**	**Município**	**UF**	**Concessão**
1	ADM do Brasil Ltda.	Rondonópolis	MT	30/10/07
2	Agropalma - Cia. Refinadora da Amazônia	Belém	PA	10/11/05
3	Agrosoja - Comércio e Exportação de Cereais Ltda.	Sorriso	MT	28/09/07
4	Araguassú Óleos Vegetais Indústria e Comércio Ltda.	Porto Alegre do Norte	MT	15/10/08
5	Barralcool - Usina Barrálcool S.A	Barra dos Bugres	MT	26/03/07
6	Binatural Indústria e Comércio de Óleos Vegetais Ltda.	Formosa	GO	16/09/07
7	Biodiesel Ltda.	Campo Verde	MT	13/12/08
8	Biocapital Consultoria Empresarial e Participações S.A	Charqueada	SP	26/12/06
9	BIOPAR - Bioenergia do Paraná Ltda	Rolândia	PR	16/11/09
10	BIOPAR Produção de Biodiesel Parecis Ltda.	Nova Marilândia	MT	28/05/09
11	BIOVERDE – Indústria e Comércio de Biocombustíveis S/A	Taubaté	SP	09/11/07
12	BRACOL Holding Ltda. (Bertim)	Lins	SP	12/11/07
13	S.A	Porto Nacional	TO	19/07/07
14	S.A	Rosário do Sul	RS	16/08/07
15	BSBIOS Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A	Passo Fundo	RS	01/08/07
16	BSBIOS Marialva Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A	Marialva	PR	20/05/10
17	Caramuru Alimentos S.A	São Simão	GO	03/07/07
18	COMANCHE Biocombustíveis da Bahia LTDA (IBR)	Simões Filho	BA	12/02/07
19	Fertibom Indústrias Ltda.	Catanduva	SP	24/11/06
20	Fiagril Ltda.	Lucas do Rio Verde	MT	30/10/07
21	Granol Indústria, Comércio e Exportação S.A	Cachoeira do Sul	RS	12/11/07
22	Granol Indústria, Comércio e Exportação S.A	Campinas	SP	10/08/06
23	Granol Indústria, Comércio e Exportação S.A	Anápolis	GO	14/11/06
24	Oleoplan S.A. – Óleos Vegetais Planalto	Veranópolis	RS	04/05/07
25	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Candeias	BA	12/08/08
26	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Quixadá	CE	15/10/08
27	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Montes Claros	MG	25/02/09
28	Transportadora Caibiense Ltda.	Rondonópolis	MT	08/02/10
29	Olfar Indústria e Comércio de Óleos Vegetais Ltda	Erechim	RS	20/05/10
30	COMPANHIA PRODUTORA DE BIODIESEL DO TOCANTINS-BIOT	Paraiso do Tocantins	TO	21/05/2010

Fonte: BRASIL, 2011b.

2.5.1.3 Visão Mercadológica

A visão mercadológica está presente no inciso I, do §2º, artigo 2°, da Lei 11.097/2005, “a disponibilidade de oferta de matéria-prima e a capacidade industrial para produção de biodiesel”.

O Brasil possui 67 usinas de biodiesel com autorização para produção de biodiesel e dessas 62 possuem autorização de comercialização de biodiesel. A capacidade nominal de produção de biodiesel é de 520 mil m^3 por mês, sendo a ociosidade da capacidade produtiva das plantas em torno de 60%. A Tabela 1 mostra a relação entre capacidade nominal, produção de biodiesel (B100), vendas de diesel B5 e a relação entre a produção de B100/vendas B5 por região do País. Notadamente, as regiões centro-oeste e sul são exportadoras de biodiesel, enquanto que a região mais deficitária é a região sudeste, cuja produção só atenderia um B1 (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2011).

Tabela 1 – Capacidade Nominal e Produção de Biodiesel (B100), Vendas de Diesel (B5), por Região, para o mês de junho de 2011

Região	Capacidade Nominal (m^3)	Produção de biodiesel (m^3)	Vendas Diesel B5 (m^3)	Produção B100/Vendas B5 (%)
Norte	17.550	8.480	409.419	2,07
Nordeste	61.744	13.576	644.275	2,11
Centro-Oeste	218.255	70.403	508.009	13,86
Sudeste	93.040	25.978	1.894.392	1,37
Sul	128.890	94.244	766.211	12,30
Brasil	519.478	212.683	4.222.062	5,04

Fonte: Adaptado de AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2011.

Nessa linha, para viabilizar economicamente o PNPB, o Governo Federal utiliza três instrumentos de política pública: o Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel do BNDES; o “Programa BB de Apoio à Produção e Uso de Biodiesel” e os Leilões de Biodiesel promovidos pela ANP.

O Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel é gerido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), e foi criado em 2004 (Resolução nº. 1.135, Anexo IV), com o objetivo de disponibilizar recursos para o uso comercial do biodiesel (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2011).

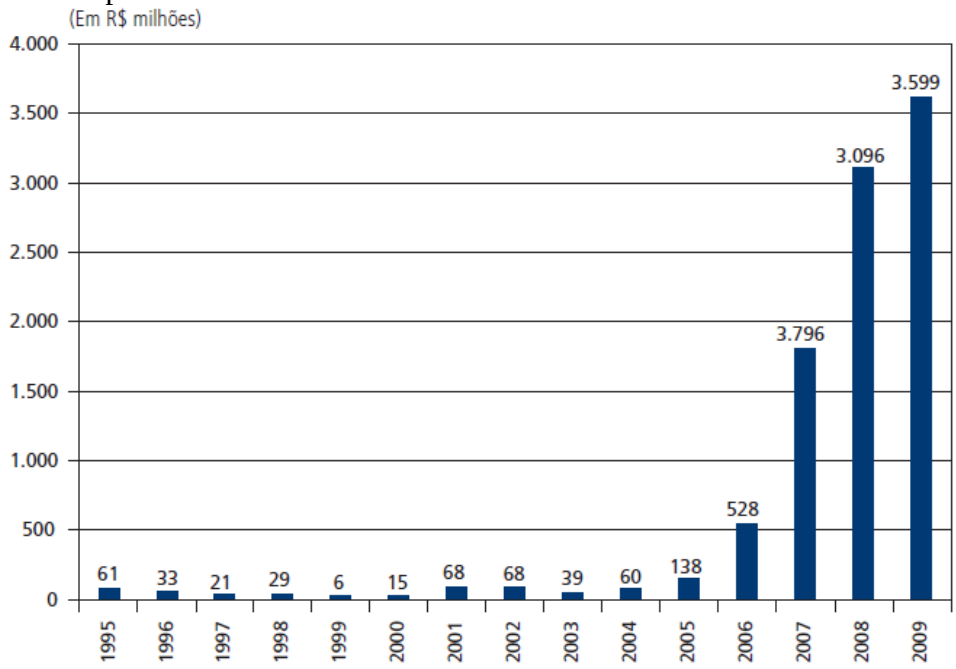
Esses financiamentos englobam todas as fases de produção e a compra de máquinas e equipamentos aprovados para o uso do biodiesel[7]. Nesse sentido, o PRONAF disponibilizou, em 2005, R$ 100 milhões para linhas de financiamento para o cultivo de matérias-primas para combustível renovável, beneficiando em torno de 250 mil famílias (BIODIESEL, 2008).

Os três componentes básicos do BNDES ligados ao financiamento do biodiesel são:

I. Os aportes diretos ao setor produtivo – para investimento e crédito de custeio.
II. As pesquisas.
III. A infraestrutura (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2010).

Há uma crescente procura por recursos, como se nota no gráfico 3. Foram desembolsados, de 2005 a 2009, R$ 9,156 bilhões pelos dados do BNDES, em 47 programas ou ações que se relacionam ao biodiesel, com destaque para Geração de Energia (R$ 520 milhões), Bioeletricidade (R$ 580 milhões), BK Comercialização (R$ 627 milhões), Agropecuária e Indústria (R$ 2.406 milhões) e Crédito a Indústria, Comércio e Serviços (R$ 3.295 milhões) (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2011). As operações abrangem a agricultura, armazenagem, transporte e, principalmente, instalação e ampliação de indústrias (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Valores nominais de desembolso para o Programa de Produção e Uso de Biodiesel pelo BNDES.



Fonte: INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2010.

[7]O BNDES estendeu em 25% o prazo total de financiamento para aquisição de máquinas e equipamentos com motores homologados para utilizar, pelo menos 20% de biodiesel ou óleo vegetal bruto adicionado ao diesel. Essa operação inclui veículos de transporte de passageiros, carga, tratores, colhedeiras e geradores.

O Programa Banco do Brasil (BB) de "Apoio à Produção e Uso de Biodiesel”, como fonte de energia renovável e atividade geradora de emprego e renda, visa dar assistência ao setor produtivo, que beneficiará a produção agrícola, com linhas de crédito de custeio, investimento e comercialização, disponíveis tanto para o produtor rural como para o empresário.

Há, nesse programa, linhas de financiamento de custeio, investimento e comercialização para a expansão do processamento de biodiesel no país, a partir do incentivo à produção de matéria-prima, à instalação de plantas agroindustriais e à comercialização.

O principal critério considerado pelo Banco na concessão do crédito, além das exigências específicas de cada linha, é a garantia de comercialização tanto da produção agrícola quanto do biodiesel (BANCO DO BRASIL, 2011).

São priorizadas as culturas do dendê, da mamona, da soja, do algodão (caroço), do girassol e do nabo forrageiro, observando-se o zoneamento agrícola e a aptidão regional.

Além desse mecanismo de financiamento, pode-se citar o mecanismo de compra de biodiesel por leilões públicos de biodiesel, promovidos pela ANP que possibilitaram a inserção do biodiesel na matriz energética, ao assegurar a compra de biodiesel dos produtores.

O PNPB só se desenvolveu devido à sua obrigatoriedade legal, pois o preço do biodiesel sempre foi superior ao do diesel mineral, tornando-o pouco competitivo. A diferença entre o biodiesel e o diesel mineral já chegou a ser maior que um real por litro desde o início do programa (MENDES; COSTA, 2010).

A comercialização do biodiesel é feita, por meio dos leilões, realizado pela ANP trimestralmente. O Ministério de Minas e Energia (MME) determina o volume a ser leiloado. A ANP, a partir dessa determinação, divide o volume em lotes por região do País, os lotes em itens, calcula o preço máximo de referência e os fatores logísticos (fatores para equalização de custos logísticos e das características entre as diferentes regiões do País). A partir dessas informações, a ANP realiza o leilão. É um leilão de menor preço, em que a Usina que oferecer o menor preço arremata o item (MENDES; BARROS, D’AVILA, 2010).

Após a homologação do certame pela ANP, a Petrobras e a Refinaria Alberto Pasqualini – REFAP são obrigadas a comprar os volumes de cada Usina pelo preço determinado no leilão. Em seguida, as duas refinarias revendem o biodiesel às distribuidoras de combustíveis em um leilão realizado por instrumento próprio, conhecido como Leilão de Revenda ou Re-Leilão (MENDES; BARROS, D’AVILA, 2010).

Neste re-leilão, a ANP informa o volume que cada distribuidora poderá adquirir para atender a seu mercado, por base de distribuição primária e secundária. Com a demanda total, a Petrobras e a REFAP dividem o território nacional em setores para otimizar a logística de suprimento, com o objetivo de associar a demanda local ao volume ofertado pelas usinas da região. Esse procedimento, além de garantir o suprimento nacional de biodiesel, serve como ferramenta de controle para que a ANP tenha condição de fiscalizar o cumprimento da mistura obrigatória de biodiesel no diesel mineral (MENDES; BARROS, D'AVILA, 2010).

2.6 CONCLUSÃO

Este capítulo teve como objetivo apresentar o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) a partir da sua base tecnológica com suas três visões: ambiental, social e mercadológica.

Foram encontradas duas justificativas para o desenvolvimento do PNPB: aumento do valor do barril de petróleo e preocupações ambientais (principalmente após o estabelecimento do Protocolo de Kyoto).

No caso da base tecnológica, identificaram-se as patentes depositadas cadastradas no Portal da Inovação.

Para as visões ambiental, social e mercadológica, pôde-se verificar a presença do governo, como grande indutor, do desenvolvimento do PNPB, ao criar políticas públicas de financiamento, como os leilões de biodiesel, o programa de financiamento do BNDES e ao assegurar a inserção dos agricultores familiares com o Selo Combustível Social.

3 BIODIESEL E CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE

3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta um breve histórico do desenvolvimento sustentável, os conceitos de sustentabilidade e a aplicação dos conceitos de sustentabilidade para o biodiesel. Para apresentar a correlação entre biodiesel e sustentabilidade, são mostrados os critérios de sustentabilidade na legislação para produção de biodiesel e nas iniciativas voluntárias de sustentabilidade.

O objetivo é, a partir da revisão bibliográfica dos critérios de sustentabilidade, obter os parâmetros, que serão priorizados pelos especialistas, para a elaboração do questionário da tese.

3.2 HISTÓRICO

O desenvolvimento, como visto hoje, é um fenômeno pós-Segunda Guerra Mundial que se tem movido, não necessariamente progredido, através de várias formas e modos.

As décadas de 1950 e 1960 foram de grande desenvolvimento de teorias aplicadas às macroescalas (País e região). Nessa época, a produção de alimentos *per capita* declinou na Ásia Tropical e havia uma previsão pessimista para o futuro da alimentação das populações asiáticas. Os investimentos em infraestrutura, incluindo facilidades de irrigação e rodovias, foram realizados e, consequentemente, os rendimentos da produção de arroz e trigo cresceram exponencialmente devido ao desenvolvimento e adoção de fertilizantes, plantações de arroz de alto rendimento e variedades de trigo. Esse conjunto de mudanças foi batizado de Revolução Verde[8] e levou à produção de grãos na Ásia a dobrar (FOUNDATION FOR ADVANCED STUDIES ON INTERNATIONAL DEVELOPMENT, 2011).

As grandes teorias menos famosas são de 1970, 1980 e 1990, conhecidas como a idade da microintervenção no desenvolvimento, ou seja, havia uma tendência para a redução da intervenção do Estado na economia.

---

[8] Enquanto potências como EUA e China investem centenas de bilhões de dólares na área de infraestrutura com irrigação e rodovias, vista como a nova fronteira do desenvolvimento mundial, o Brasil nem sequer tem um modelo nacional, afirmam acadêmicos e ambientalistas (PAIVA, 2010).

Em 1972, o Clube de Roma publicou o relatório *The limits of growth* (os limites do crescimento). O documento apresenta que a busca incessante pelo crescimento da sociedade levaria a humanidade a um limite de crescimento, possivelmente a um colapso (DIAS, 1991). Essa modelagem da dinâmica do sistema retoma a perspectiva maltusiana de que o meio ambiente não suportaria o crescimento populacional (SHEEHAN, 2009).

A comunidade internacional se reuniu em 1972 para discutir o meio ambiente global e as necessidades de desenvolvimento em Estocolmo pela primeira vez. A Conferência de Estocolmo leva à criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e à maior compreensão da necessidade de direcionar o modo como o mundo olha para o meio ambiente. Ela une, pela primeira vez, em grande evento internacional, países industrializados e em desenvolvimento e inicia uma série de Conferências da Organização das Nações Unidas (ONU) que viriam a tratar de áreas específicas, como alimentação, moradia, população, direitos humanos, mulheres (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010).

Termos como *stakeholder*, *farmer first* e *participation* rapidamente ganharam espaço. Já, na década de 80, vê-se a rápida expansão de uma teoria de desenvolvimento que gerencia com sucesso a combinação das perspectivas macro e micro: desenvolvimento sustentável. Nessa abordagem, o individuo é visto como o centro, mas poderia ser escalonado (*scale up*) diretamente para o globo. Todos são envolvidos, todos os assuntos são importantes. Não existe exceção, e ninguém pode passar as responsabilidades para os outros; nem mesmo para as gerações futuras.

Em 1992, há a decisão de se promover a redução dos gases efeito estufa no Rio de Janeiro na Conferência, conhecida, também, como "Cúpula da Terra", "Conferência do Rio", ou simplesmente "Rio-92", com o compromisso de os países adotarem medidas preventivas contra o aumento de emissões de gases provocadores do fenômeno. As mudanças climáticas estariam relacionadas aos fenômenos causados pelo clorofluorcarbono (CFC) e CO_2, ambos de caráter global, e pelos SO_x /NO_x. Esta gerou os seguintes documentos:

• Agenda 21: programa de ação global, em 40 capítulos;

• Declaração do Rio: conjunto de 27 princípios pelos quais deve ser conduzida a interação dos seres humanos com o planeta;

• Declaração de Princípios sobre Florestas;

• Convenção sobre Diversidade Biológica;

• Convenção-Quadro sobre Mudanças Climáticas (RIBEIRO, 1997).

Em 1997, foi realizada a "Rio +5", onde um grande número de lacunas, relacionadas ao paradigma do desenvolvimento sustentável, foi identificado, particularmente as

relacionadas à equidade social e à pobreza, o que se refletiu nas falhas na assistência ao desenvolvimento e no débito do crescimento internacional: transferência de tecnologia; construção de capacidades para participação e desenvolvimento; coordenação institucional e redução excessiva de níveis de produção e consumo (EARTH SUMMIT, 2010).

Nessa linha, a "Rio+10 - Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável", em 2002, trinta anos depois da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, (Estocolmo, 1972), reforçou os seguintes elementos da Agenda 21: dimensões sociais e econômicas para o desenvolvimento; recursos naturais de gerenciamento e conservação; reforço do papel dos grupos minoritários (indígenas, mulheres, negros, entre outros) e mecanismo de financiamento (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2010).

Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável relaciona matriz energética e uso de fontes limpas de energia. A evolução do uso das fontes primárias de energia no mundo revela algumas condições ligadas ao desenvolvimento do homem. Da lenha, quase única fonte, sendo substituída pelo carvão mineral (entre 1850 e 1910), trocado pelo petróleo e gás natural (século XX), verifica-se o retorno da biomassa e de outras fontes (OMETTO, 1998).

Segundo Ribeiro:

> O efeito estufa é um fenômeno natural que, ao não deixar a Terra ficar excessivamente fria, permite manter uma temperatura ambiente adequada à existência de seres vivos. Alguns gases, emitidos em quantidades superiores àquelas naturais, podem, no entanto, intensificar o efeito, ou seja, aquecer demais a temperatura terrestre. Para evitar o aumento de emissão de gases provocado por atividades humanas, como indústrias, transporte, agricultura e desflorestamento, é necessário estabelecer medidas que limitem o volume de emissões. (RIBEIRO, 1997, p.17).

Jawetz (2008, p. 497-499) explora as razões pelas quais é necessária a redução do aquecimento global: aumento das chuvas ou desertificação; degelo da calota polar e inundações; aumento da frequência e intensidade de furacões e ciclones; aumento de terremotos e *tsunamis*.

3.3 SUSTENTABILIDADE

If you don’t know where you’re going, you just might not get there” – Yogi Berra

O Desenvolvimento Sustentável busca a melhoria da condição humana, sem enfatizar somente o crescimento econômico ou a produção. Entretanto, a diferença de outras macroteorias de desenvolvimento não está só no foco nas pessoas, porque leva em

consideração a ideia de que não se deve degradar o meio ambiente (senso biofísico e socioeconômico), já que os recursos não chegarão ao futuro. Assim, busca-se melhorar nossas vidas agora sem o preço de degradar a qualidade de vida das gerações futuras.

Ao mesmo tempo, o elemento sustentável não implica estaticidade. Sociedades humanas não podem permanecer estáticas, e as aspirações e expectativas que compreendem uma parte das necessidades constantemente se deslocam (GARCIA; STAPLES, 2000).

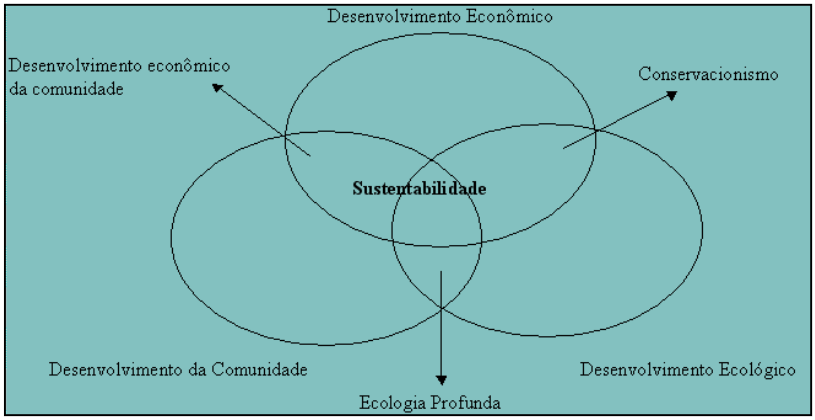
Desse modo, um dos desafios do movimento sustentável é aprender como muitas pessoas usam o termo sustentabilidade de forma diferente (METER, 1999).

Lynam e Herdt (1989, p. 381) definem sustentabilidade como a manutenção de um nível de produção do sistema aproximadamente igual ou maior que a sua média histórica, com a aproximação determinada pelo nível histórico de variabilidade.

Fresco e Kroonenberg (1992, p. 156) acreditam que "A sustentabilidade natural dos ecossistemas pode ser definida como o equilíbrio dinâmico entre entradas naturais e saídas, modificadas por eventos externos, tais como mudanças climáticas e desastres naturais".

A sustentabilidade, também, pode ser entendida como a interface entre os desenvolvimentos ambiental, econômico e social (Figura 3). O desenvolvimento econômico seria atingido, quando há crescimento econômico, aumento do lucro, expansão do mercado e externalização dos custos; o desenvolvimento social ou da comunidade, quando são atingidas as necessidades básicas humanas, a equidade, a participação popular, a responsabilidade social e a tecnologia apropriada e, finalmente, há desenvolvimento ecológico, quando se obtêm a manutenção da capacidade do meio ambiente com o rendimento sustentado, a conservação dos recursos naturais e a biodiversidade[9] (GOODLAND; DALY, 1996).

Figura 3 – As interações entre desenvolvimento ecológico, econômico e social.



Fonte: Traduzido e adaptado de Goodland e Daly (1996).

[9] Desenvolvimento Sustentável é classicamente colocado como a interface entre sustentabilidade social, econômica e ambiental (Goodland e Daly, 1996).

De acordo com Montibeller (2004), existem cinco dimensões da sustentabilidade:

a) sustentabilidade social: redução das desigualdades sociais;

b) sustentabilidade econômica: aumento da produção e da riqueza social sem dependência externa;

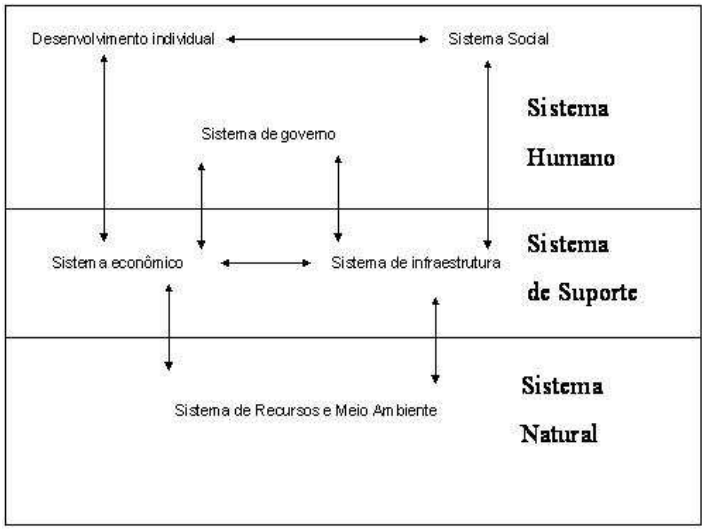
c) sustentabilidade ecológica: melhoria da qualidade do meio ambiente e preservação das fontes de recursos energéticos e naturais para as próximas gerações;

d) sustentabilidade espacial/geográfica: evitar excesso de aglomerações;

e) sustentabilidade cultural: evitar conflitos culturais com potencial regressivo.

A sustentabilidade também pode ser entendida a partir de seis subsistemas cruciais da sociedade humana e desenvolvimento[10] (BOSSEL, 1999), ou seja, seria atingida, quando existisse equilíbrio (Figura 4) entre o sistema humano (composto pelo desenvolvimento individual, sistema de governo e sistema social), o sistema de suporte (sistema econômico e de infraestrutura) e o sistema natural (compreendendo o sistema de recursos e meio ambiente).

Figura 4 – Subsistemas chave da sociedade humana e do desenvolvimento.



Fonte: Adaptado de Bossel (1999).

A Comissão Brundtland (comissão mundial para o meio ambiente e o desenvolvimento) define sustentabilidade como deixar um legado suficiente para as gerações futuras. O desenvolvimento sustentável baseia-se na equidade não só em termos intergeracionais (ou seja, de geração para geração), mas também com a mesma geração.

[10] Permanecem as seguintes questões com essa representação: Quem é responsável pelo desenvolvimento sustentável? Onde eles estão em termos de espaço (significa mais que a localização física)? Quantas gerações a frente deveriam ser consideradas? Respostas a essas questões dependem de quem é chamado para dar opinião (Meppem e Gill, 1998).

O *International Institute for Sustainable Development* (IISD) conceitua como a adoção de estratégias e atividades de negócios que atendem as necessidades das empresas e de seus líderes hoje, enquanto protegem, sustentam e asseguram os recursos naturais e humanos necessários para o futuro (BLACKBURN, 2008).

O *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD)[11] olha a sustentabilidade como uma combinação de dois conceitos: a ecoeficiência e a responsabilidade social, termo criado em 1991, que liga a performance ambiental à social para criar mais valor com menos impacto adverso. A ecoeficiência, definida como um compromisso para contribuir com o desenvolvimento econômico sustentável, trabalhando com suas famílias, a comunidade local e a sociedade para melhorar a qualidade de vida (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2010).

Por sua vez, o *Forum for the Future (Forum)/Sustainability-Integrated Guidelines for Management (SIGMA)*[12] sugere outro significado (SIGMA, 2010). De acordo com o Fórum, as organizações buscam a sustentabilidade pelo gerenciamento ativo e reforço de cinco tipos de ativos:

(1) Capital natural: meio ambiente;
(2) Capital humano[13]: pessoas;
(3) Capital social: relações sociais e estruturas;
(4) Capital manufaturado: ativos fixos;
(5) Capital financeiro: lucro e perdas, vendas, dinheiro etc.

Dasgupta (2007, p.3) define a sustentabilidade como sendo um programa econômico que mantém o bem-estar das gerações presentes e futuras, sem permitir que este decline ao longo do tempo.

O governo do Reino Unido diz que o objetivo da sustentabilidade é capacitar todas as pessoas do mundo a satisfazerem as suas necessidades básicas e a terem uma melhor qualidade de vida, sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras (BLACKBURN, 2008).

---

[11] WBCSD é uma coalizão de mais de 200 empresas internacionais reunidas para promover o desenvolvimento sustentável.

[12] O projeto SIGMA foi lançado em 1999 com o apoio do departamento de comércio e indústria do Reino Unido. É uma parceria entre as instituições de padronização britânicas, o fórum para o futuro e um corpo profissional de profissionais que lidam com a transparência.

[13] De fato, a alma do desenvolvimento sustentável é a participação. Isto não é alguma coisa que pode ser imposta por uma pequena minoria de tecnocratas ou políticos de cima. Deve envolver as pessoas desde quando são crianças. Isto está encorpado com o Princípio 10 da Declaração para o Desenvolvimento e o Meio Ambiente do Rio: “Questões ambientais são melhores tratadas com a participação de todos os cidadãos envolvidos. Cada indivíduo deveria ter...[informação] e oportunidade para participar dos processos decisórios” (BELL e MORSE, 2006).

Segundo Epstein (2008, p. 37), para melhor entender a sustentabilidade, devem-se verificar os nove princípios: 1) ética; 2) governança; 3) transparência; 4) relações comerciais; 5) retorno financeiro; 6) envolvimento da comunidade; 7) valor de produtos e serviços; 8) práticas de empregabilidade; 9) proteção do meio ambiente.

Para Bell e Morse (2008, p.10), o conceito de sustentabilidade pode ser apresentado como "a maximização dos benefícios em conjunto do desenvolvimento econômico, mantendo os serviços e a qualidade dos recursos naturais ao longo do tempo".

De um modo geral, os seguintes princípios gerais ou variações deles, são comumente expostos, nas definições de sustentabilidade:

- Taxas de utilização de recursos renováveis não devem ser maiores que as taxas de regeneração;
- Emissões de resíduos não devem ser maiores que as capacidades de assimilação do meio ambiente;
- Taxas de usos de não renováveis não devem ser maiores que a taxa de criação de substitutos renováveis (KATES *et al*., 2005).

Essas ideias estão, também, encapsuladas no caráter da organização *Natural Step*[14] e suas quatro condições de sistema para a manutenção do sistema de qualidade. A *Natural Step* tem como princípios:

- Materiais da crosta terrestre não devem ser sistematicamente aumentados na ecoesfera;
- Materiais produzidos pela sociedade não devem ser sistematicamente aumentados na ecoesfera;
- A base física para a produtividade e diversidade da natureza não deve ser sistematicamente diminuída;
- Deve haver uma utilização equitativa e eficiente dos recursos em relação à satisfação das necessidades humanas (NATURAL STEP, 2010).

Esses princípios possuem a intenção de quebrar o processo de produção linear (recursos levam a matérias-primas, que são processadas, depois utilizadas e descartadas) para uma visão mais cíclica que faz melhor uso dos 4 Rs: reuso, reparo, reciclo e recondicionamento.

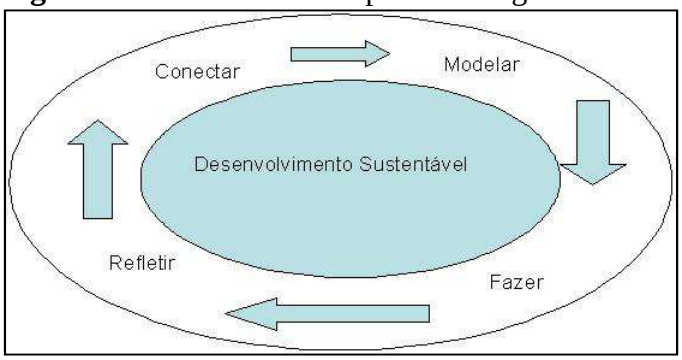
Finalmente, Bossel (1999) apresenta o Desenvolvimento Sustentável como mostrado na Figura 5, ou seja, como um processo infinito, em que os resultados do desenvolvimento

---

[14] A *Natural Step* é uma organização não governamental dedicada à educação, trabalho de assessoria e pesquisa em desenvolvimento sustentável existente desde 1989 com sede no Canadá.

alimentam constantemente a tomada de decisão e o redirecionamento do sistema, em que tudo deve ser avaliado constantemente.

Figura 5 – Processo cíclico para se atingir o desenvolvimento sustentável.



Fonte: Adaptado de BOSSEL, 1999.

3.4 BIODIESEL E SUSTENTABILIDADE

Sheehan (2009, p. 318) propõe os seguintes parâmetros para avaliar a sustentabilidade dos combustíveis:

a) *Minimum prosthetic dependence* (em uma tradução livre, seria a mínima dependência da prótese): o autor defende que seja utilizada uma abordagem holística para evitar um ciclo que nunca acabaria de solução de problemas, na medida em que uma nova solução tecnológica traz novos problemas. Assim, novas tecnologias exigiriam uma abordagem ampla de ciclo de vida com foco nos benefícios e nas ponderações da escolha da tecnologia;
b) Expansão dos recursos: requer redirecionar nosso suprimento energético para fontes renováveis, sem nos esquecermos dos limitantes críticos, particularmente terra e água;
c) A Terra: o foco na Terra re-enfatiza a necessidade para análise de sistema e ciclo de vida;
d) Qualidade de vida: trata dos impactos sociais da fonte de energia sustentável;
e) Ética do desenvolvimento sustentável: reconhece a natureza ética da sustentabilidade (também refletida na noção de promoção de qualidade de vida) e exige a necessidade de conduzir a avaliação de sustentabilidade em um processo que promove um diálogo aberto e transparente.

Para Silva Lora e colaboradores (2011, p. 2098), a sustentabilidade relacionada aos biocombustíveis (e, por consequência ao biodiesel) pode ser atingida quando:

- ✓ O carbono é neutro, considerando a necessidade de substituição do combustível fóssil e a mitigação do aquecimento global;
- ✓ Não afeta o uso racional, a quantidade e a qualidade de recursos naturais disponíveis como água e solo;
- ✓ Não tem consequências sociais indesejáveis como fome, por causa da alta dos preços dos alimentos;
- ✓ Contribui para o desenvolvimento socioeconômico e a equidade;
- ✓ Não afeta a biodiversidade.

Para Scott (2009), sustentabilidade é, em nível mais simples, a conservação dos recursos naturais. Os principais recursos seriam energia, água e terra. Para ele, os biocombustíveis não competem com os alimentos e sim se complementam. Existe interesse na certificação dos biocombustíveis, desde que não limite as novas inovações[15] pelos pequenos produtores emergentes em um mercado competitivo e estabelecido.

A sustentabilidade nas duas etapas de processamento (extração e transesterificação) pode ser atingida a partir do conceito de D'Avila *et al.* (2008, p. 104):

> A sustentabilidade pode ser associada como: tecnologias usadas para produção de bens que não agridem a saúde humana e o meio ambiente; fontes renováveis são usadas em substituição às fontes fósseis; materiais são reciclados se eles não são biodegradáveis; processos de fabricação são desenhados não para produzir resíduos ou os produtos residuais são reciclados ou biodegradáveis.

3.4.1 Legislação para produção de biodiesel – Critérios de sustentabilidade

3.4.1.1 O caso brasileiro

No caso do PNPB, a Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, estabelece os seguintes critérios para o programa:

I - A disponibilidade de oferta de matéria-prima e a capacidade industrial para produção de biodiesel;

II - A participação da agricultura familiar na oferta de matérias-primas;

III - A redução das desigualdades regionais;

IV - O desempenho dos motores com a utilização do combustível;

V - As políticas industriais e de inovação tecnológica.

---

[15] Segundo Borschiver (2010), o processo de inovação é interativo, em que se envolvem várias funções e atores, dentro e fora da empresa, em oposição a uma compreensão seqüencial ou linear, que vê a P&D como a etapa que "origina" a inovação.

Ao analisar os critérios I e II, verifica-se que estão ligados à parte agrícola da cadeia produtiva e ao aspecto social do desenvolvimento sustentável. A redução das desigualdades regionais busca evitar os fluxos migratórios existentes das regiões norte e nordeste (mais pobres) para as regiões mais ricas (sul e sudeste) pela geração de emprego e renda. O desempenho dos motores relaciona-se à qualidade do biodiesel, que não pode afetar o funcionamento dos motores. Por sua vez, as políticas industriais e de inovação tecnológica relacionam-se mais aos aspectos de ganhos de produtividade no campo e as melhorias nas etapas de extração do óleo e processamento deste para a produção do biodiesel.

3.4.1.2 *EU Renewable Energy Directive* (EU RED)

A Diretiva 2009/28/EC do Parlamento Europeu, de 23 de abril de 2009, trata da promoção e do uso da energia de fontes renováveis e revoga as Diretivas 2001/77/EC e 2003/30/EC (EU RED, 2011).

Em seus artigos 17, 18 e 19, a Diretiva traz os critérios de sustentabilidade para os biocombustíveis relacionados à redução das emissões dos gases causadores de efeito estufa, preservação da terra com alto valor de biodiversidade e com alto estoque de carbono e práticas agroambientais. Estes critérios são aplicados desde dezembro de 2010 (EU RED, 2011).

Para comercializar biodiesel, dentro ou fora do território da Comunidade Europeia, a redução das emissões provenientes do uso de biodiesel deve ser ao menos de 35%. A partir de 1º de janeiro de 2017, a redução deve ser ao menos de 50% e, em 1º de janeiro de 2018, deve ser ao menos 60% para o biodiesel (EU RED, 2011).

A diretiva explica que as terras definidas como com alto valor de biodiversidade possuem as seguintes características em janeiro de 2008 ou depois:

a) Floresta primária em que não existe atividade humana;

b) Áreas designadas por lei ou pela autoridade competente como de proteção da natureza ou reconhecidas por acordos internacionais para a conservação da natureza, exceto se houver evidência suficiente que a produção de matérias-primas não afeta a proposta de proteção da natureza;

c) Pradarias com alta biodiversidade.

Além disso, a Diretiva restringe a produção de biodiesel às terras que não possuam alto estoque de carbono, assim definidas:

a) Terras permanentemente cobertas ou com água saturada ou em uma parte significante do ano;
b) Áreas continuamente florestadas em que existam árvores maiores que cinco metros.

A mão-de-obra a ser utilizada não pode ser escrava, nem infantil.

3.4.1.3 *Renewable Transport Fuel Obligation* (RFTO)

O *Renewable Transport Fuel Obligation* (RFTO) configura-se na legislação do Reino Unido para produção de biocombustíveis (incluído o biodiesel), em conformidade com a *Renewable Energy Directive* (RED), da União Europeia, e apresenta os seguintes critérios de sustentabilidade divididos em redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa (GEE) e requisitos da terra utilizada para produção de biomassa (UNITED KINGDOM, 2011).

A redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa dos combustíveis renováveis até 1º de abril de 2013 deve ser:
a) Zero: para instalações antigas;
b) 35% : em outros casos (UNITED KINGDOM, 2011).

No período de 1º de abril de 2013 até 1° janeiro de 2017, 35%. De 1º de janeiro de 2017 até 1º de janeiro de 2018, 50%. Após 1º de janeiro de 2018, para novas instalações 60% e, em outros casos, 50%.

No que se refere aos requisitos da terra utilizada para produção de biomassa, não podem ser utilizadas:
a) Floresta primária;
b) Áreas de proteção da natureza;
c) Terrenos que antigamente eram pântanos ou florestas;
d) A terra que teve turfa a qualquer momento, em janeiro de 2008 (UNITED KINGDOM, 2011).

3.4.2 Critérios de sustentabilidade das iniciativas voluntárias de sustentabilidade para produção de biodiesel

As iniciativas voluntárias de sustentabilidade, também conhecidas, como acordos ou programas voluntários ambientais e sociais voltadas para biocombustíveis têm estabelecido

uma rede *multi-stakeholder*[16]em que os participantes estabelecem uma estrutura de governança colaborativa, incluindo relações múltiplas, com um espectro amplo de *stakeholders* de vários campos, tais como organizações governamentais, ONGs, governos e sociedade civil. Nesse tipo de fórum, diferentes tipos de participantes podem trazer um escopo amplo de conhecimento e entendimento para as questões e criar sinergias entre os participantes. Isto pode levar a arranjos institucionais que auxiliam as organizações participantes a encontrar soluções para os desafios complexos e urgentes da sustentabilidade (PETERS, 2010).

Como resultado desse processo de desenvolvimento sustentável, algumas empresas iniciaram voluntariamente a implementação de padrões de negócio social e ambiental, na forma de códigos de conduta para os fornecedores, criação de programas, elaboração de manuais, desenvolvimento de esquemas de certificação e outras estratégias de autorregulação. Dessa forma, uma empresa multinacional assegura que as suas operações globais e na cadeia produtiva sigam padrões globais auto-impostos ecológicos e sociais (PETERS, 2010).

O desenho de uma iniciativa de sustentabilidade voluntária para cadeias produtivas é desafiador e exige uma estratégia inter-organizacional. Normalmente, uma firma local não possui legitimidade suficiente e necessita da colaboração de parceiros da cadeia produtiva e de Organizações Não Governamentais. Existem quatros problemas a serem considerados pelas companhias que desejam desenvolver uma iniciativa de sustentabilidade voluntária (PETERS, 2010):

- Falta de suporte dos *stakeholders* (incluindo parceiros da cadeia produtiva);
- Padrões de sustentabilidade concorrentes;
- Demandas de pesquisa significativas para realização do desenho da iniciativa de sustentabilidade;
- Uma longa fase de projeto da iniciativa voluntária de sustentabilidade.

O sucesso de estratégias de sustentabilidade proativas e a concretização delas na forma de iniciativas estratégicas são determinados pelos diferentes *stakeholders* que conferem legitimidade ao desenho de novas práticas (HAMPRECHT; SHARMA, 2006).

No caso da cadeia produtiva do biodiesel, foram encontradas 7 iniciativas voluntárias de sustentabilidade para produção sustentável de biodiesel relacionadas à sua cadeia produtiva compostas por princípios, critérios e indicadores (para mensurar a sustentabilidade):

---

[16] Um *stakeholder* é algum grupo ou indivíduos que podem afetar ou serem afetados pela realização de uma proposta de uma corporação. *Stakeholders* incluem empregados, consumidores, fornecedores, bancos, ambientalistas, governos e outros grupos que podem ajudar ou prejudicar a corporação (FREEMAN, 1984).

- *Testing Framework for Sustainable Biomass* (Cramer Criteria);
- *Global Bioenergy Partnership* (GBEP);
- *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB);
- *International Sustainability & Carbon Certification* (ISCC);
- *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO);
- *Roundtable on Responsible Soy* (RTRS);
- *Basel Criteria for Responsible Soy Production* (BCRSP).

3.4.2.1 *Testing Framework for Sustainable Biomass* (Cramer Criteria)

O projeto *"Sustainable Production of Biomass"* foi estabelecido em 2006 na Holanda com o objetivo de desenvolver requisitos para avaliar a sustentabilidade da produção de biomassa e informar aos tomadores de decisão da área. Este projeto foi encerrado em 2007 e nunca foi implementado (ISMAIL; ROSSI, 2011).

Foram identificados nesse projeto seis temas relevantes:

- Emissões de gases causadores do efeito estufa (GEE);
- Competição com alimentos e outras aplicações locais;
- Biodiversidade;
- Meio Ambiente;
- Prosperidade;
- Bem-estar social (ISMAIL; ROSSI, 2011).

Foram determinados nove princípios:

1. O balanço de GEE na cadeia produtiva e a utilização da biomassa devem ser positivos;
2. A produção de biomassa não deve implicar a utilização de terras com importantes reservas de carbono na vegetação e no solo;
3. A produção de biomassa para energia não pode prejudicar o suprimento de alimentos e a utilização local da biomassa (suprimento energético, remédios, materiais de construção);
4. A produção de biomassa não deve afetar a biodiversidade protegida ou vulnerável e sempre que possível reforçá-la;
5. Na produção e processamento da biomassa, o solo e a qualidade do solo devem ser preservados ou melhorados;
6. Na produção e processamento da biomassa a água subterrânea e superficial não podem ser degradadas e qualidade da mesma deve ser preservada ou melhorada;

7. Na produção e processamento da biomassa a qualidade do ar deve ser preservada ou melhorada;
8. A produção de biomassa deve contribuir para a prosperidade futura local;
9. A produção de biomassa deve contribuir para o bem-estar social futuro dos trabalhadores e da população local (SILVA, 2010).

3.4.2.2 *Global Bioenergy Partnership* (GBEP)

No dia 24 de maio de 2011, o *Global Bioenergy Partnership* (GBEP)[17] agregou um conjunto de 24 indicadores de sustentabilidade para o biodiesel que são relevantes, embasados cientificamente e voluntários. Este acordo envolve 45 países e 22 organizações internacionais.

O Quadro 7 resume o conjunto dos 24 indicadores de sustentabilidade do GBEP, divididos em três pilares, com temas relevantes listados no topo de cada pilar.

Quadro 7 – Indicadores de sustentabilidade do GBEP.

Pilares O trabalho do GBEP nos indicadores de sustentabilidade foi desenvolvido sobre os três pilares seguintes, observando-se as ligações entre eles.		
Ambiental	Social	Econômico
Temas GBEP considera os seguintes temas relevantes e estes guiam o desenvolvimento dos indicadores sobre este pilar:		
Emissões de gases causadores do efeito estufa; Capacidade produtiva da terra e dos ecossistemas; Qualidade do ar; Disponibilidade de recursos hídricos, uso eficiente e qualidade; Diversidade biológica; Mudança do uso da terra, incluindo os efeitos indiretos.	Preço e suprimento da cesta básica; Acesso à terra, água e outros recursos naturais; Desenvolvimento social e rural; Acesso à energia; Saúde humana e segurança.	Disponibilidade de recursos e uso eficiente da produção de bioenergia, conversão, distribuição e uso final, desenvolvimento econômico, viabilidade econômica e competividade da bioenergia, acesso à tecnologia e capacitação tecnológica, diversificação/segurança energética de fontes e suprimentos, segurança energética/infraestrutura e logística para distribuição e uso.
Indicadores		
1. Emissões de gases causadores de efeito estufa no ciclo de vida	9. Alocação e posse da terra para produção de biodiesel	17. Produtividade
2. Qualidade do solo	10. Preço e suprimento de uma cesta de alimento nacional	18. Balanço energético total
3. Níveis de colheita de recursos	11. Mudança na renda	19. Valor bruto adicionado

[17] O GBEP é uma iniciativa internacional estabelecida em 2005. Trata-se de um fórum onde a cooperação voluntária trabalha para o consenso entre governo, organizações não-governamentais e outros parceiros nas áreas de sustentabilidade bioenergética e sua contribuição para a mitigação da mudança climática. Também promove uma plataforma de compartilhamento de informações e exemplos de boas práticas. O GBEP é normalmente co-presidido pela Itália e pelo Brasil e o seu Secretariado está baseado na FAO, desde seu estabelecimento em 2006.

oriundos de florestas		
4. Emissões de poluentes que não causam efeito estufa, incluindo ar tóxico	12. Empregos no setor de biodiesel	20. Mudança no consumo de combustíveis fósseis e do uso tradicional de biomassa
5. Eficiência do uso da água	13. Mudança no tempo não-remunerado gasto por mulheres e crianças que coletam biomassa	21. Treinamento e requalificação da força de trabalho
6. Qualidade da água	14. Biodiesel usado para expandir acesso aos serviços modernos de energia	22. Diversidade energética
7. Diversidade biológica na paisagem	15. Mudança na mortalidade e no limite da doença atribuída e fumaça interior	23. Infraestrutura e logística para a distribuição de biodiesel
8. Uso da terra e mudança do uso da terra relacionada à produção de matéria-prima para bioenergia	16. Incidência de doenças ocupacionais, mortalidade e mortalidade	24. Capacidade e flexibilidade do uso de bioenergia

Fonte: Adaptado de GLOBAL BIOENERGY PARTNERSHIP, 2011.

O GBEP propõe a seguinte descrição para os indicadores propostos do pilar ambiental:

a) Emissões de gases causadores do efeito estufa (GEE) no ciclo de vida – emissões de GEE da produção e uso de biodiesel;

b) Qualidade do solo – Percentagem de terra com solo de qualidade, em particular em termos do carbono orgânico do solo;

c) Níveis de colheita de recursos oriundos de florestas – Colheita anual dos recursos florestais por volume e como um percentual do crescimento total ou rendimento sustentado, e a percentagem da cultura anual usada para bioenergia;

d) Emissões de poluentes que não causam efeito estufa, incluindo ar tóxico – Emissões de poluentes não causadores do efeito estufa, incluindo contaminantes, da matéria-prima para produção de biodiesel, processamento, transporte, produtos intermediários e produtos finais e uso; e em comparação com outras fontes energéticas;

e) Eficiência do uso da água – percentual de água usada para produção e processamento de biodiesel, expresso em função da reservas totais de água;

f) Qualidade da água – percentagem de poluentes despejados oriundos dos efluentes de processamento agrícola nos lençóis freáticos;

g) Diversidade biológica na paisagem – área e percentagem das áreas reconhecidas de alto valor de biodiversidade ou ecossistemas críticos convertidos para produção de biodiesel;

h) Uso da terra e mudança do uso da terra relacionada à produção de matéria-prima para bioenergia – Área total da terra para produção de matéria-prima de biodiesel comparada à superfície nacional.

Quanto ao pilar social, o GBEP descreve os indicadores:

i) Alocação e posse da terra para produção de biodiesel – percentagem da terra usada para nova produção de biodiesel;

j) Preço e suprimento de uma cesta de alimento nacional – efeitos do uso de biodiesel e da produção doméstica no preço e no suprimento de uma cesta de alimentos;

l) Mudança na renda – contribuições do biodiesel para a mudança de renda;

m) Empregos no setor de biodiesel – número total de empregos criados pelo biodiesel;

n) Mudança no tempo não-remunerado gasto por mulheres e crianças que coletam biomassa – resulta da substituição do uso tradicional de biomassa por serviços modernos de bioenergia;

o) Biodiesel usado para expandir acesso aos serviços modernos de energia – quantidade total dos serviços modernos de energia obtidos pela produção e uso de biodiesel;

p) Mudança na mortalidade e no limite da doença atribuída e fumaça interior – redução das doenças respiratórias e da mortalidade em decorrência do uso de biodiesel;

q) Incidência de doenças ocupacionais, mortalidade e mortalidade – incidência em comparação com outros setores passíveis de serem comparados.

Quanto ao pilar econômico, foi proposta a seguinte descrição:

r) Produtividade – custo de produção por unidade de biodiesel;

s) Balanço energético total – taxa de energia da cadeia produtiva de biodiesel em comparação com outras fontes energéticas;

t) Produto bruto adicionado – aumento do produto interno bruto por unidade de biodiesel produzida;

u) Mudança no consumo de combustíveis fósseis e do uso tradicional de biomassa – substituição de combustíveis fósseis por biodiesel medido pelo conteúdo energético e economia anual em moeda corrente decorrente das compras reduzidas de combustíveis fósseis;

v) Treinamento e requalificação da força de trabalho – percentagem de trabalhadores treinados no setor de biodiesel em comparação com a força total de trabalho e percentagem dos trabalhadores re-qualificados do setor de biodiesel que perderam emprego;

x) Diversidade energética – Mudança na diversidade da fonte de suprimento de energia primária devido ao biodiesel;

y) Infraestrutura e logística para a distribuição de biodiesel – número e capacidade de rotas para sistemas de distribuição críticos;

z) Capacidade e flexibilidade do uso de bioenergia – taxa de capacidade para uso de biodiesel comparada com uso atual para cada significante rota de utilização.

3.4.2.3 *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB)

A Mesa Redonda em Biocombustíveis Sustentáveis é uma iniciativa *multistakeholder* estabelecida em 2006, para alcançar um consenso global em torno de um conjunto de princípios e critérios para produção de matérias-primas para biocombustíveis líquidos (incluído o biodiesel), processamento e distribuição (ISMAIL; ROSSI, 2011). É coordenada pelo *Energy Center* localizado em Lausanne na Suíça.

O padrão da RSB segue doze princípios:

1. Legalidade;
2. Planejamento, Monitoramento e Melhoria Contínua;
3. Emissões de GEE;
4. Direitos Humanos e do Trabalhador;
5. Desenvolvimento Rural e Social;
6. Segurança Alimentar;
7. Conservação;
8. Preservação do solo;
9. Preservação da água;
10. Preservação do ar;
11. Uso de Tecnologia e Gerenciamento de Resíduos;
12. Direitos da Terra (ISMAIL; ROSSI, 2011).

Nessa linha, os critérios adotados pela RSB são:

1º) A produção de biocombustíveis deve seguir todas as leis aplicáveis do País onde ela ocorre e deve procurar respeitar os tratados internacionais relevantes à produção de biocombustíveis das quais o País em questão é signatário.

2°) Projetos de biocombustíveis devem ser planejados e operados por meio de processos apropriados, abrangentes, transparentes, consultativos e participativos que envolvam todos os atores relevantes;

3°) Os biocombustíveis deverão contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, por meio da significativa redução das emissões dos GEE, em comparação com os combustíveis fósseis;

4º) A produção de biocombustíveis não poderá violar direitos humanos ou direitos do trabalho e deverá assegurar trabalho digno e o bem-estar dos trabalhadores;

5º) A produção de biocombustíveis deve contribuir para o desenvolvimento social e econômico de povos e comunidades locais, rurais e indígenas;
6º) A produção de biocombustíveis não deverá prejudicar a segurança alimentar;
7º) A produção de biocombustíveis deve evitar impactos negativos sobre a biodiversidade, ecossistemas e áreas de Alto Valor de Conservação (AVC);
8º) A produção de biocombustíveis deve promover práticas que procurem melhorar a qualidade e minimizar a degradação do solo;
9°) A produção dos biocombustíveis deve otimizar o uso dos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, incluindo a minimização da contaminação ou da depleção desses recursos, e não deve infringir direitos hídricos formais ou informais ditados por costumes locais existentes;
10º) A poluição do ar a partir da produção e do processamento de biocombustíveis deve ser minimizada ao longo de sua cadeia;
11°) Os biocombustíveis devem ser produzidos da maneira mais eficiente possível. O uso de tecnologia deve melhorar a eficiência da produção e o desempenho social e ambiental em todos os estágios de sua cadeia produtiva;
12°) A produção de biocombustíveis não deve violar os direitos sobre a terra (SILVA, 2010).

3.4.2.4 *International Sustainability & Carbon Certification* (ISCC)

O *International Sustainability & Carbon Certification* (ISCC) foi desenvolvido por meio de um projeto que se iniciou em 2008, com o objetivo de desenvolver um sistema transparente, prático e orientado para a certificação de biomassa e bioenergia (ISMAIL; ROSSI, 2011).

O ISCC foi o primeiro sistema de certificação para biomassa e bioenergia sustentável aprovado pela autoridade alemã e considera os seguintes parâmetros para toda a cadeia produtiva do biodiesel:

- Redução das emissões de GEE;
- Uso sustentável da Terra;
- Proteção da bioesfera natural;
- Sustentabilidade social.

Os seis princípios do ISCC são:

Princípio 1: A biomassa não deve ser produzida de terras com alta biodiversidade e alto estoque de carbono.
Princípio 2: A biomassa deve ser produzida de forma ambientalmente responsável. Isto inclui a proteção de solo, água e ar na aplicação das boas práticas agrícolas.
Princípio 3: Condições de trabalho com segurança por meio de treinamento e educação, uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e assistência no caso de acidentes.
Princípio 4: A produção de biomassa não deve violar os direitos dos trabalhadores ou da terra.
Princípio 5: A produção de biomassa deve ser em conformidade com as leis nacionais e regionais e deve seguir os tratados internacionais relevantes.
Princípio 6: Gerenciamento de boas práticas deve ser implementado (ISMAIL; ROSSI, 2011).

3.4.2.5 *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO)

A *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO) é uma associação sem fins lucrativos, estabelecida em 2004, com sede em Zurique na Suíça, com o objetivo de desenvolver e implementar padrões globais para a produção de óleo de palma sustentável (ISMAIL; ROSSI, 2011).

Os seguintes princípios compõem o RSPO:

1. Compromisso com a transparência;
2. Conformidade com leis aplicáveis e as normas regulatórias;
3. Compromisso de longo prazo com a viabilidade econômica e financeira;
4. Uso das melhores práticas pelas Usinas;
5. Responsabilidade Ambiental e conservação de recursos naturais e biodiversidade;
6. Responsabilidade social com os empregados, indivíduos e comunidades afetadas pelas Usinas;
7. Desenvolvimento responsável de novas plantações;
8. Compromisso com a melhoria contínua das atividades (ISMAIL; ROSSI, 2011).

3.4.2.6 *Roundtable on Responsible Soy* (RTRS)

A *Roundtable on Responsible Soy* (RTRS) é uma iniciativa multilateral internacional, criada em 2006, fundada na Suíça com a secretaria executiva em Buenos Aires na Argentina, para promover o desenvolvimento sustentável da produção da soja, processamento, comércio

e uso através do desenvolvimento, implementação e verificação de um padrão global (ISMAIL; ROSSI, 2011).

A RTRS tem como objetivos:

- Facilitar um diálogo global sobre a produção, o processamento e distribuição da soja de forma economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente saudável;
- Chegar a um consenso entre os principais interessados e os *stakeholders* ligados à indústria da soja;
- Atuar como fórum para desenvolver e promover um padrão de sustentabilidade para a produção, processamento, comércio e uso de soja;
- Atuar como um fórum internacionalmente reconhecido para o monitoramento da sustentabilidade da produção mundial de soja;
- Organizar conferências internacionais sobre a produção de soja responsável e envolver novos operadores e organizações não governamentais.

Os seguintes princípios norteiam a RTRS:

1. Conformidade Legal e Boas Práticas de Negócio;
2. Condições de Trabalho Responsável;
3. Relação Responsável com as Comunidades;
4. Responsabilidade Ambiental;
5. Boas Práticas Agrícolas (ISMAIL; ROSSI, 2011).

3.4.2.7 *Basel Criteria for Responsible Soy Production* (BCRSP)

Os critérios Basel foram desenvolvidos pela ONG – WWF (*World* Wide Fund For *Nature*), em 2005, e têm como propósito fornecer uma definição operacional de produção adequada de soja, que poderá ser usada tanto por varejistas individuais, como por produtores (WORLD WIDE FUND FOR NATURE, 2011).

Os seguintes critérios são adotados por essa certificação:

a) Conformidade com a legislação pertinente;
b) Manutenção da qualidade do solo e da água;
c) O uso de agrotóxicos e proteção da cultura;
d) Material de cultivo (Organismos geneticamente modificados (OGMs) não podem ser usados e as sementes devem ser de alta qualidade e de origem conhecida);
e) Gestão da colheita e pós-colheita;

f) Conversão de ecossistemas naturais;

g) Avaliação e gestão de impactos ambientais;

h) Conservação do ecossistema natural;

i) Gestão de resíduos e poluição;

j) Gestão de impactos sociais;

l) Direitos dos trabalhadores e relações trabalhistas;

m) Bem-estar e segurança;

n) Direito de propriedade da terra;

o) Melhoria contínua para atingir total conformidade com os critérios;

p) Rastreabilidade do produto (WORLD WIDE FUND FOR NATURE, 2011).

3.4.3 Consolidação dos Critérios por Elo da Cadeia Produtiva

A consolidação dos critérios por elo da Cadeia Produtiva foi feita da seguinte forma: classificação dos critérios por elos da cadeia produtiva e obtenção da soma aritmética de cada critério, atribuindo-se o valor 1, quando o mesmo é citado em um esquema de certificação da produção sustentável de biodiesel e zero, quando não aparece na iniciativa.

Os critérios apresentados por esses esquemas de certificação (legislação e iniciativas voluntárias) citados nos itens anteriores estão resumidos por elo no Quadro 8 com a respectiva soma. No elo agrícola, os parâmetros mais importantes são a capacidade produtiva da terra, a preservação da biodiversidade e o acesso à terra dos pequenos produtores. No que se refere aos parâmetros relacionados ao elo agrícola e industrial, aparece qualidade e disponibilidade da água. Nove parâmetros exigem uma visão integrada da cadeia produtiva do biodiesel, com destaque para o gerenciamento de resíduos, criação de empregos e condições de trabalho e participação e transparência.

Quadro 8 – Critérios de sustentabilidade por elo da cadeia produtiva do biodiesel e com a respectiva frequência na legislação e em iniciativas voluntárias de sustentabilidade para produção de biocombustíveis.

Elos	Critérios	Global Bioenergy Partnership	Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB)	International Sustainability & Carbon Certification (ISCC)	Basel Criteria for Responsible Soy Production (BCRSP)	Roundtable on Responsible Soy (RTRS)	Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)	Diretiva de Energia Renovável da União Europeia	Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO), UK	Selo Combustível Social (Brasil)	Testing Framework for Sustainable Biomass (Cramer Criteria) (The Netherlands)	Total
Agrícola	1.1 Mudanças do uso da terra, incluindo efeitos indiretos	X		X	X	X	X	X			X	7
	1.2 Biodiversidade	X	X	X	X	X	X	X	X		X	9
	1.3 Capacidade Produtiva da terra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	1.4 Proteção de culturas e uso de agroquímicos	X	X	X	X	X	X		X		X	8
	1.5 Acesso à terra	X	X	X	X	X	X	X	X		X	9
	1.6 Desenvolvimento rural e social	X	X	X	X	X	X		X	X	X	9
	1.7 Disponibilidade de alimentos	X	X	X				X			X	5
	1.8 Acesso a alimentos	X	X	X		X		X			X	6
	1.9 Utilização de alimentos		X		X	X	X		X		X	6
	1.10 Estabilidade alimentar		X							X		2
Agrícola e industrial	2.1 Qualidade e disponibilidade da água	X	X	X	X	X	X	X	X		X	9
Agrícola, industrial e distribuição	3.1 Emissões de GEE	X	X			X	X	X	X		X	7
	3.2 Qualidade do Ar	X	X		X	X	X	X	X		X	8
	3.3 Gerenciamento de resíduos	X	X	X	X	X	X		X		X	8
	3.4 Criação de empregos e condições de trabalho	X	X	X	X	X	X	X	X			8
	3.5 Segurança humana e saúde	X			X	X					X	4
	3.6 Segurança energética	X				X	X				X	4
	3.7 Conformidade legal	X	X		X	X	X			X	X	7
	3.8 Sistemas de governança			X								1
	3.9 Participação e transparência	X	X	X	X	X	X		X	X	X	9

Fonte: Adaptado de ISMAIL; ROSSI (2011).

3.5 CONCLUSÃO

Este capítulo apresentou um breve histórico do desenvolvimento sustentável, os conceitos de sustentabilidade e a aplicação desses conceitos para o biodiesel, sendo possível

identificar os critérios relevantes para assegurar a produção de forma sustentável do biodiesel.

Após a análise da legislação, com seus respectivos critérios, e das iniciativas voluntárias para a produção sustentável de biodiesel foi possível agregar 20 critérios, divididos da seguinte forma: elo agrícola; elos agrícola e industrial e elos agrícola, industrial e de distribuição que serão utilizados para elaboração do questionário da tese.

4 ANÁLISE DAS PUBLICAÇÕES RELACIONADAS À SUSTENTABILIDADE E BIODIESEL

4.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo realizar um estudo sobre as tendências de publicações relacionadas à produção sustentável de biodiesel, propor recomendações para a produção brasileira e extrair conclusões parciais para a elaboração do questionário da tese. Para tanto, foi utilizada a base de artigos científicos do *Web of Science*, disponível no Portal Capes do Ministério da Educação (MEC), pois a prospecção bibliográfica é fundamental no trabalho de pesquisa científica.

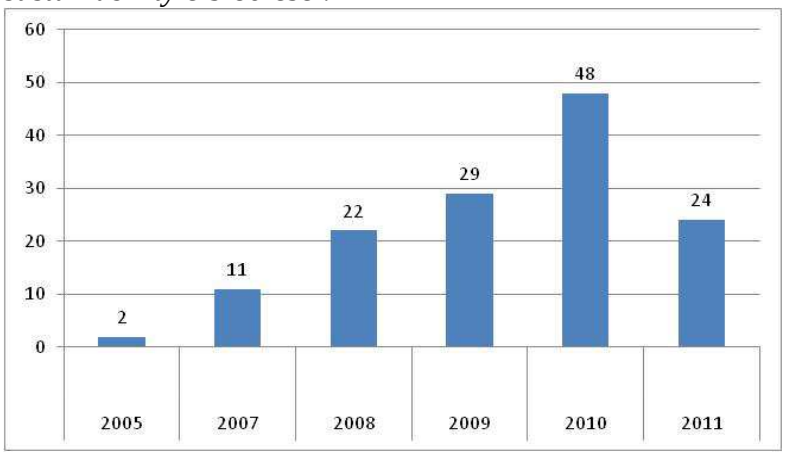
A metodologia de prospecção empregada, neste capítulo, consistiu nas seguintes etapas: 1ª) busca na base de dados do sitio eletrônico *Web of Science* com as seguintes palavras-chave no campo tópicos: *sustainability* AND *biodiesel*, até 25 de maio de 2011, sendo obtidos 138 artigos no total; 2°) análise macro dos resultados que consiste na análise temporal e por País das publicações; 3°) análise meso que compreende identificar os principais periódicos indexados e o tipo de documento; 4°) análise micro que engloba as áreas de conhecimento e uma divisão em três áreas: análise de sustentabilidade; tecnologia de processamento; e política energética.

4.2 ANÁLISE MACRO DAS PUBLICAÇÕES RELACIONANDO BIODIESEL E SUSTENTABILIDADE

Para melhor entender a evolução dos conceitos de sustentabilidade aplicados ao biodiesel, foi realizada uma busca no sitio eletrônico *Web of Science* disponível no Portal Capes com as seguintes palavras-chave nos tópicos: *sustainability* AND *biodiesel* até 25 de maio de 2011. Em seguida, foi realizada, a análise macro para verificar a evolução das publicações ao longo dos anos e por País.

O gráfico 5 indica o número de publicações por ano e pode-se observar que esse número aumentou 66% de 2009 para 2010 e está crescendo desde 2007 (11 publicações), indicando que a comunidade científica está intensificando os estudos que relacionam sustentabilidade ao biodiesel. Antes de 2005, não foram encontradas publicações.

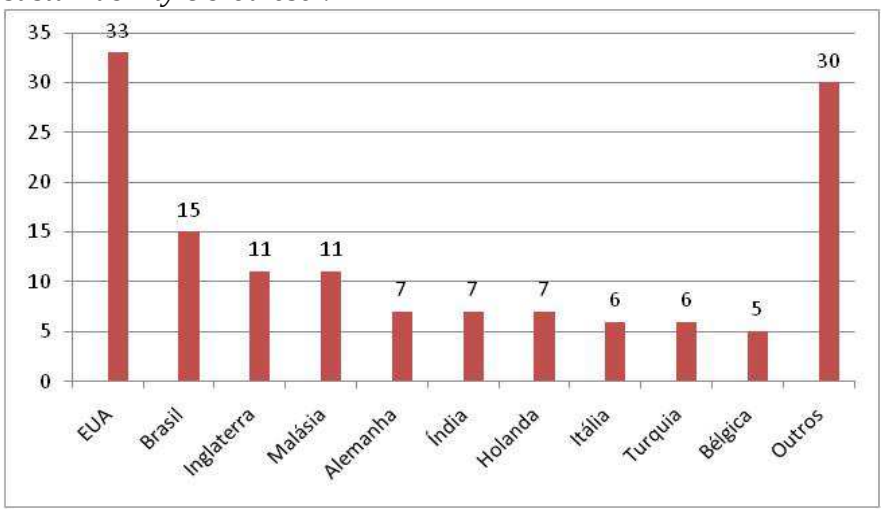
Gráfico 5 – Publicações por ano no sítio *Web of Science* relacionados aos tópicos *sustainability* e biodiesel.



Fonte: WEB OF SCIENCE, 2011.

O gráfico 6 mostra a distribuição por países das publicações relacionadas com sustentabilidade e biodiesel (*sustainability* AND *biodiesel*). Os EUA lideram com 33 publicações, seguidos pelo Brasil com 15 e Inglaterra e Malásia com 11. Esses países possuem políticas de incentivo ao uso do biodiesel em sua matriz energética e precisam aperfeiçoar os mecanismos de promoção da sustentabilidade, haja vista que, exceto a Inglaterra, são potenciais exportadores de biodiesel para o mundo. Os Estados Unidos e Brasil de biodiesel de soja e a Malásia de palma.

Gráfico 6 – Publicações por País no sítio *Web of Science* relacionados aos tópicos *sustainability* e *biodiesel*.

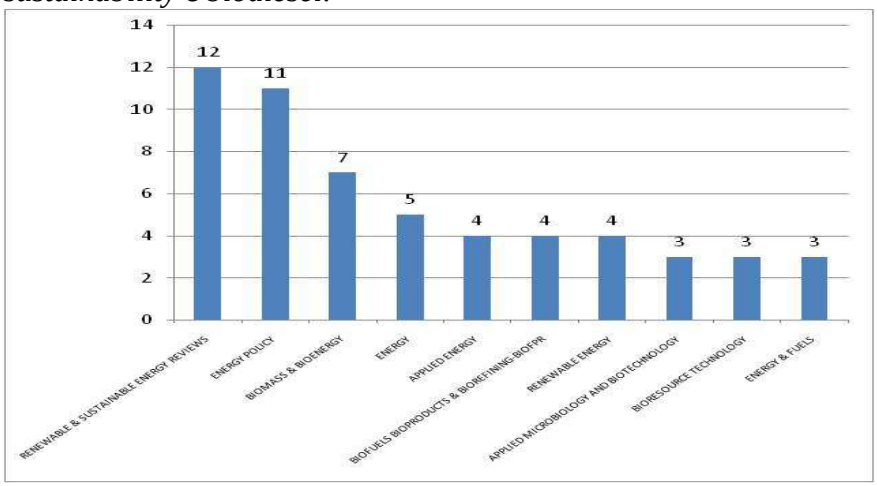


Fonte: WEB OF SCIENCE, 2011.

4.3 ANÁLISE MESO DAS PUBLICAÇÕES RELACIONANDO BIODIESEL E SUSTENTABILIDADE

A análise meso buscou identificar quais as principais revistas relacionadas ao sistema e o tipo de documento. O gráfico 7 apresenta as principais revistas que publicam sobre sustentabilidade e biodiesel. A principal é a *Renewable & Sustainable Energy Reviews* com 12 artigos, seguida pela *Energy Policy* com 11 artigos. A presença da *Energy Policy* reflete a importância de se levarem em consideração os parâmetros de sustentabilidade na formulação de políticas energéticas, assim como a revista *Energy*.

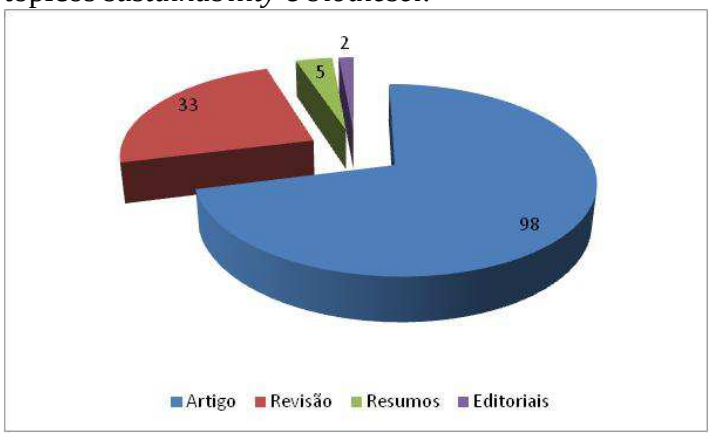
Gráfico 7 – Publicações por revista no sítio *Web of Science* relacionados aos tópicos *sustainability* e *biodiesel*.



Fonte: WEB OF SCIENCE, 2011.

O gráfico 8 indica o tipo de documento publicado de 2005 até 25 de maio de 2011 de acordo com a seguinte classificação: artigo (98), artigo de revisão (33), resumos de congressos (5) e editoriais (2).

Gráfico 8 – Publicações por tipo de documento no sítio *Web of Science* relacionados aos tópicos *sustainability* e *biodiesel*.



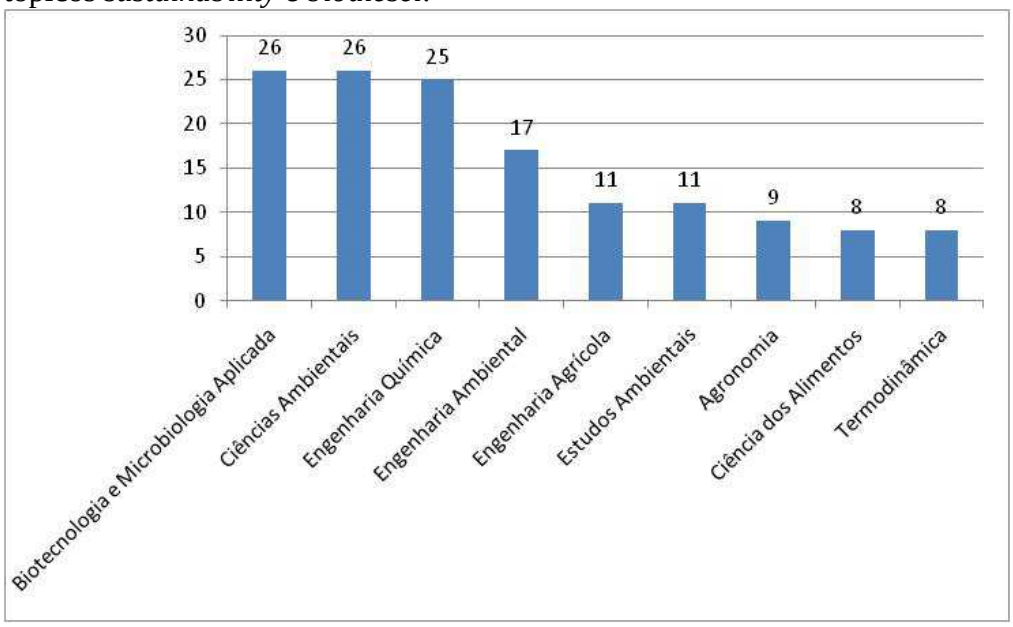
Fonte: WEB OF SCIENCE, 2011.

4.4 ANÁLISE MICRO DAS PUBLICAÇÕES RELACIONANDO BIODIESEL E SUSTENTABILIDADE

A análise micro tem como objetivo classificar os documentos por área de conhecimento. O gráfico 9 mostra uma análise dos documentos em função da área de conhecimento. Os documentos foram divididos, conforme a classificação sugerida pelo *Web of Science* em 9 áreas: Biotecnologia e Microbiologia Aplicada; Ciências Ambientais; Engenharia Química; Engenharia Ambiental; Engenharia Agrícola; Estudos Ambientais; Agronomia; Ciência dos Alimentos e Termodinâmica.

Pode-se depreender, da análise do gráfico que, ao se somarem as áreas de biotecnologia e microbiologia aplicada, combinada com engenharia química, têm-se 51 documentos relacionados ao elo industrial, e 31 documentos (resultantes da combinação das áreas de agronomia, engenharia ambiental e engenharia agrícola), ligados ao elo agrícola. Os estudos com uma visão holística da cadeia estão compreendidos nas áreas de ciências ambientais e estudos ambientais.

Gráfico 9 – Publicações por área de conhecimento no sítio *Web of Science* relacionados aos tópicos *sustainability* e *biodiesel*.



Fonte: WEB OF SCIENCE, 2011.

Para se promover uma análise mais aprofundada dos artigos, foi realizada a leitura e tradução dos *abstracts*, o que permitiu classificar os artigos em três áreas: a) análise de sustentabilidade; b) tecnologia de processamento; e c) política energética. Ficaram excluídos dessa classificação 4 artigos que tratam exclusivamente do etanol.

a) Análise de sustentabilidade – foram recuperados 65 artigos que englobam todos os artigos que discutem as metodologias para avaliar/assegurar a sustentabilidade na produção de biodiesel. Estes artigos apresentam as metodologias para estudos de caso (por exemplo, uso da análise de ciclo de vida para verificar se a produção de biodiesel de palma é sustentável); revisão sobre os estudos, principalmente, de análise de ciclo de vida e a necessidade de serem harmonizadas as metodologias; modelagem de cenários a partir da análise de sustentabilidade. Foram encontrados 65 artigos (50% de todos os encontrados), que podem ser subdivididos conforme as metodologias empregadas (Quadro 9). A análise de ciclo de vida responde por 23 dos 65 artigos, ou seja, 36% dos artigos pesquisados, seguida pela análise multicritério com 5 artigos.

Quadro 9 – Análise dos artigos que tratam sobre análise de sustentabilidade.

Referência	Resumo	Metodologia
PFROMM; AMANOR-BOADU; NELSON, 2011	Utilizando uma abordagem de balanço de massa, os autores concluem que no longo prazo a produção de biodiesel de algas não seria sustentável, pois a produção de CO2 ou de fertilizantes, necessária para o crescimento das algas a torna, não sustentável.	Abordagem de balanço de massa

Referência	Resumo	Metodologia
OTHMAN; REPKE; WOZNY; HUANG, 2010	Este artigo apresenta uma abordagem geral e sistemática para avaliação da sustentabilidade e integração de indicadores quantitativos econômicos e ambientais e qualitativos para critérios sociais para desenho de processos químicos.	Abordagem modular para avaliação de sustentabilidade
TAN; BALLACILLO; AVISO; CULABA, 2009	Este trabalho apresenta uma abordagem *fuzzy* para determinar a configuração do sistema de bioenergia ótima dada as metas para três métricas de pegadas. A otimização *fuzzy* é integrada com um modelo de ciclo de vida baseado em entradas e saídas para estabelecer o sistema material e os balanços energéticos. A abordagem é demonstrada aqui por meio da análise de diferentes cenários para os sistemas de produção integrados de biodiesel, etanol e eletricidade em condições de demanda antecipada de energia nas Filipinas.	Abordagem multiobjetivo fuzzy
BESSOU; FERCHAUD; GABRIELLE; MARY, 2011	Trata-se de um artigo de revisão sobre os benefícios da utilização de biocombustíveis, relacionados com as emissões e a mudança climática decorrente. Nesta linha, discute a necessidade de se harmonizar a ferramenta de análise de ciclo de vida como forma de se melhor comparar as cadeias produtivas de produção de combustíveis fóssil e renovável.	Análise de Ciclo de Vida
WEI; MAY; NGAN, 2010	Este estudo realizou uma análise de ciclo de vida para investigar os impactos ambientais da produção e uso do biodiesel de palma. Os resultados mostram que o impacto ambiental da produção de biodiesel de palma está relacionado ao uso do metanol, enquanto que o uso do biodiesel de palma contribui para o impacto das categorias de emissão de inorgânicos e acidificação/eutrofização. O uso do biodiesel de palma foi considerado mais ambientalmente amigável que comparada ao diesel fóssil.	Análise de Ciclo de Vida
THAMSIRIROJ; MURPHY, 2011	Este estudo mostra que o biodiesel produzido na Irlanda e o biometano da grama podem ser sustentáveis, mas somente o biometano da grama pode produzir uma quantidade significativa, capaz de responder por 10% da matriz energética em 2020.	Análise de Ciclo de Vida
BRENT et al., 2010	O artigo identifica um número de limitações de conjuntos de inventários que precisa ser respondido por meio de esforços de pesquisa para melhorar as avaliações ambientais na cadeia de valor de biocombustível na África do Sul para propostas de política.	Análise de Ciclo de Vida
THAMSIRIROJ; MURPHY, 2011	Este artigo considera a produção de biodiesel a partir de resíduos: sebo e óleo de fritura residual. As plantas depois de 2017 precisam reduzir as emissões dos gases causadores do efeito estufa em 60% para serem consideradas sustentáveis pelo critério da União Europeia. O artigo conclui que o máximo de sebo que pode ser utilizado no mix das matérias-primas é de 60%.	Análise de Ciclo de Vida
BATAN et al., 2010	Este trabalho avalia o biodiesel derivado de microalgas quanto ao balanço de emissões e de energia em um contexto de produção de 150 bilhões de litros de produção anual.	Análise de Ciclo de Vida
CHIAVARI, 2010	O artigo trata de uma avaliação do cultivo de matérias-primas para produção de biocombustíveis em terras degradadas e opções alternativas como o pinhão-manso. A conclusão do estudo é que mais pesquisa é necessária para aumentar o rendimento da produção e as práticas de gerenciamento para minimizar os impactos e maximizar os benefícios.	Análise de Ciclo de Vida
ACHTEN et al., 2010	Este artigo aborda a análise de ciclo de vida do biodiesel de pinhão-manso usado como combustível de transporte rural na Índia.	Análise de Ciclo de Vida
SANDER; MURTHY, 2010	Foi realizada uma análise de ciclo de vida para investigar o balanço energético e a sustentabilidade global de um processo de produção de biodiesel a partir de algas.	Análise de Ciclo de Vida
DE SOUZA et al., 2010	Este trabalho faz a análise de ciclo de vida das emissões e o balanço energético da produção de biodiesel de óleo de palma no Brasil.	Análise de Ciclo de Vida

Referência	Resumo	Metodologia
HOEFNAGELS; SMEETS; FAAIJ, 2010	O objetivo deste artigo foi discutir o impacto de diferentes premissas e escolhas metodológicas na análise de ciclo de vida de gases causadores de efeito estufa de biocombustíveis, provendo os resultados para parâmetros-chave em uma base consistente.	Análise de Ciclo de Vida
WHITAKER et al., 2010	Esta revisão descreve uma de forma sistemática 44 estudos de análise de ciclo de vida de biocombustíveis de primeira e segunda geração. A análise apresentou três fontes principais das variações dos estudos: a) Variabilidade real nos parâmetros, por exemplo, cultivo; b) Variabilidade metodológica decorrente da implementação do método de análise de ciclo de vida; c) incerteza devido aos parâmetros raramente incluídos e pobremente quantificados. O artigo conclui que uma metodologia mais definida é necessária para permitir comparações efetivas e acuradas dos resultados.	Análise de Ciclo de Vida
THAMSIRIROJ; MURPHY, 2010	Este artigo explora as metodologias de avaliação de ciclo de vida, a função do sistema de colza e o potencial para melhorar a sustentabilidade. A alocação do conteúdo energético atribui quase metade das emissões dos gases causadores do efeito estufa à torta da colza (um coproduto). De fato, a torta da colza desloca a soja importada da América Latina e o potencial de destruição das florestas. O uso do glicerol como fonte de calor, reduz em 75% as emissões de gases causadores do efeito estufa, indicando um sistema sustentável.	Análise de Ciclo de Vida
LAM; LEE, 2009	Este estudo tem como objetivo comparar e validar a produção de biodiesel de palma e pinhão-manso, usando a abordagem da análise de ciclo de vida. A avaliação engloba o cultivo da cultura, o estágio de extração do óleo e finalmente a produção de biodiesel. O balanço energético do biodiesel de palma é 2,27, ligeiramente maior que o de pinhão-manso, 1,92. O sequestro de CO2 pelo biodiesel de palma é 20 vezes maior do que o biodiesel de pinhão-manso.	Análise de Ciclo de Vida
YEE; TAN; ABDULLAH; LEE, 2009	Neste estudo, foi conduzida a análise de ciclo de vida do biodiesel de palma para investigar e validar o biodiesel de palma como um combustível sustentável e verde. O estudo de análise de ciclo de vida foi dividido em três estágios principais: atividades agrícolas, extração de óleo e processo de transesterificação para a produção de biodiesel. Os resultados obtidos foram comparados com o biodiesel de colza. Os resultados obtidos do biodiesel de palma foram então comparados com o biodiesel de colza. O biodiesel de palma possui uma taxa de rendimento energético de 3.53, que é mais que o dobro do estimado para o biodiesel de colza de 1.44. Além disso, a combustão do biodiesel de palma é mais ambientalmente amigável que o diesel de petróleo com uma redução de 38% de emissões de CO2 por litro queimado.	Análise de Ciclo de Vida
YAN; CROOKES, 2009	Este artigo de revisão busca apresentar os estudos de ciclo de vida da gasolina, diesel, gás liquefeito de petróleo, gás natural comprimido, etanol de trigo, etanol de milho, etanol de mandioca, etanol de cana-de-açúcar, biodiesel derivado de colza e soja na China.	Análise de Ciclo de Vida
MAJER; MUELLER-LANGER; ZELLER; KALTSCHMITT, 2009	Neste estudo, é realizada uma revisão da literatura disponível e recentemente publicada sobre estudos da análise de ciclo de vida para biodiesel e o potencial de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa da produção de biodiesel, quando comparados ao diesel fóssil. Os resultados dos estudos analisados apresentam uma influência significativa dos efeitos da mudança do uso da terra e a importância de se evitar a conversão da terra natural em áreas agrícolas. Se não ocorrerem mudanças do uso da terra, os resultados mostram de moderada a boa as reduções das emissões de gases causadores do efeito estufa para o biodiesel. Em particular, a matéria-prima de produção de biodiesel e a fonte de energia para o processo de produção influenciam fortemente o resultado total do balanço de gases causadores do efeito estufa do biodiesel.	Análise de Ciclo de Vida

Referência	Resumo	Metodologia
SHEEHAN, 2009	Segundo este artigo, a Análise do Ciclo de Vida tem sido a ferramenta padrão para avaliar a sustentabilidade de biocombustíveis. A ciência do ACV está sendo testada pelos formuladores de políticas, considerando os efeitos diretos e indiretos dos biocombustíveis na mudança do uso da terra e dos aquíferos, ecossistemas globais, qualidade do ar, saúde pública e justiça social.	Análise de Ciclo de Vida
PANICHELLI; DAURIAT; GNANSOUNOU, 2009	Trata-se de análise do ciclo de vida do biodiesel de soja produzido na Argentina, levando em consideração as especificidades regionais.	Análise de Ciclo de Vida
STEPHENSON; DENNIS; SCOTT, 2008	Este estudo investiga a energia total requerida e potencial de aquecimento global da produção de biodiesel da colza no Reino Unido, usando análise de ciclo de vida. As produções de pequena e grande escala foram comparadas e a sensitividade dos impactos destes impactos ambientais para as variáveis de produção investigadas.	Análise de Ciclo de Vida
LISKA; CASSMAN, 2008	O artigo trata da análise de ciclo de vida e da limitação existente de comparação direta entre os diferentes sistemas de biocombustíveis, por causa das inconsistências na métrica de performance, limites de sistema e dos valores de parâmetros subjacentes.	Análise de Ciclo de Vida
PATTERSON; DINSDALE; ESTEVES, 2008	Trata-se de um artigo que visa subsidiar a formação da política e do desenvolvimento dos biocombustíveis no Reino Unido. A avaliação foi focada no balanço energético, co-produtos e emissões dos combustíveis. O biometano oriundo da digestão anaeróbica das culturas foi encontrado como o mais favorável no balanço energético que o biodiesel e o bioetanol. O biometano foi superior nas emissões com níveis de CO, CO2, particulados e NOx quando comparado ao biodiesel e com níveis comparáveis ao bioetanol. Para fazer um bom uso da terra disponível, é recomendado o desenvolvimento dos biocombustíveis gasosos, tais como biometano e bio-hidrogênio.	Análise de Ciclo de Vida
PRADHAN et al., 2008	Este artigo investiga os modelos usados para calcular o balanço energético da produção de biodiesel, partindo dos resultados contraditórios, comparando suas forças e fraquezas e propondo um modelo uniforme para interpretação do resultado final. A análise revelou que os fatores mais significantes que alteram os resultados foram as proporções de energia alocada entre o biodiesel e seus co-produtos. Um modelo unificado é proposto para a análise energética do biodiesel para responder a questão da renovabilidade.	Análise de Ciclo de Vida
STEPHENSON; DUPREE; SCOTT; DENNIS, 2010	Trata-se de análise do ciclo de vida e análise econômica da produção de bioetanol a partir da hidrólise seguida pela fermentação.	Análise de Ciclo de Vida combinada com análise econômica
PARKER et al., 2010	Neste artigo, foi feita uma análise de otimização para desenvolver e implementar suprimentos de biomassa para uma biorrefinaria no Oeste dos Estados Unidos.	Análise de otimização
NESS; BROGAARD, 2008	O objetivo deste estudo foi avaliar o transporte de açúcar de beterraba na Suécia para determinar como o uso de veículos com padrões melhorados e o uso do biodiesel não somente impacta as emissões de CO2, mas também os parâmetros de uso regional da terra e da poluição do ar.	Análise de proximidade GIS e avaliação ambiental
ZHANG; LONG, 2010	O presente estudo revisa a análise emergética e a avaliação de performance da biomassa energética. Os indicadores emergéticos, tais como o percentual renovável, taxa de rendimento emergético, taxa de carregamento ambiental e índice de sustentabilidade ambiental são usados para avaliar a sustentabilidade da energia oriunda de biomassa.	Análise emergética

Referência	Resumo	Metodologia
TAKAHASHI; ORTEGA, 2010	O objetivo deste artigo é fazer uma análise emergética das oleaginosas cultivadas no Brasil, disponíveis para produzir biodiesel, em ordem para determinar qual cultura é a mais sustentável. O estudo avaliou a colza, óleo de palma, soja, girassol e algodão. O óleo de palma é uma fonte de energia potencial devido a sua alta produtividade agrícola, mas o gerenciamento apropriado é necessário para aumentar sua sustentabilidade e reduzir o uso de fontes não-renováveis.	Análise Emergética
CAO; FENG, 2007	O artigo promoveu uma análise emergética da produção de biodiesel. A análise emergética pode analisar a utilização de recursos e a performance ambiental de um sistema.	Análise Emergética
GOH; LEE, 2010	Avaliação energética e emergética foram feitas neste trabalho para avaliar a sustentabilidade e a eficiência de uma refinaria baseada em biodiesel de palma que possui um alto conteúdo energético.	Análise emergética e energética
COCCO, 2007	Este artigo realizou um estudo comparativo da sustentabilidade energética da produção de biodiesel a partir de plantas oleaginosas (colza e girassol), de bioetanol (açúcar de beterraba e de sorgo) e da eletricidade de materiais lignocelulósicos.	Análise energética
LI et al.2011	Este artigo irá apresentar um método de avaliação de sustentabilidade, incorporando aspectos sociais, econômicos, ambientais e tecnológicos. A análise de eficiência é conduzida por meio da análise exergética, enquanto as considerações sociais são medidas por índice de segurança inerente. Tudo isto em conjunto com um método de análise de decisão multicritério, que irá promover um guia crítico para os desenvolvedores. A eficácia desta metodologia será demonstrada para um estudo de caso de um processo de produção de biodiesel. Os resultados mostram que os novos processos de catálise heterogênea são melhores que os processos tradicionais de catálise homogênea em todas as dimensões.	Análise exergética combinada com análise multicritério
RAGAGLINI et al., 2011	Simulação de cenários para produção de biodiesel a partir do girassol.	Análise integrada de sustentabilidade
PERIMENIS et al., 2011	Este artigo apresenta uma ferramenta de suporte à decisão na produção de biocombustíveis que leva em consideração toda a cadeia de valor em seus aspectos econômicos, sociais, ambientais e técnicos. A ferramenta consiste em uma parte individual que pode ser combinada com as preferências pessoais dos usuários.	Análise multicritério
LA ROVERE; SOARES; OLIVEIRA; LAURIA, 2010	O objetivo deste artigo é propor uma metodologia para analisar a sustentabilidade da expansão da geração de energia elétrica. A análise multicritério é proposta como uma ferramenta de avaliação. Isto será aplicado a uma situação que envolve a seleção das seguintes alternativas de expansão: pequenas hidrelétricas, energia eólica, geração de bagaço de cana-de-açúcar, biodiesel, resíduos sólidos urbanos, gás natural e energia nuclear. A metodologia envolveu o desenvolvimento de indicadores, englobando as dimensões econômicas, socioambientais e tecnológicas. Os resultados foram muito interessantes de um ponto de vista multicritério e na capacidade de internalizar os aspectos econômicos, socioambientais e tecnológicos no processo de tomada de decisão para expansão da geração de eletricidade.	Análise multicritério

Referência	Resumo	Metodologia
DINH; GUO; MANNAN, 2009	Este artigo descreve um método sistemático baseado na análise de processo hierárquica para comparar matérias-primas alternativas para produção de biodiesel, considerando os aspectos técnicos, econômicos e de sustentabilidade, por meio dos ciclos de vida da produção de biodiesel. Cinco matérias-primas foram avaliadas em uma avaliação quantificada: pinhão-manso, algas, óleo de palma, colza e soja. Entre estas alternativas e com uma estrutura de pontos recomendados, biodiesel de algas é mostrado a partir dos resultados calculados como o melhor substituto para o combustível diesel devido a melhor performance global nos aspectos ambientais, econômicos, de segurança, performance da matéria-prima e performance do combustível.	Análise multicritério
GIAMPIETRO; UGIATI, 2005	Trata-se de uma análise multicritério em que os conceitos de metabolismo social e metabolismo de ecossistemas são introduzidos para definir cinco critérios de performance para um setor energético abastecido por fontes alternativas. Foram analisados três sistemas: produção de etanol de milho; biodiesel de girassol e metanol. O artigo conclui que para que a biomassa tenha uma importante função social são necessários melhor entendimento sobre: (i) a função que o setor energético tem no metabolismo social; (ii) o impacto gerado no metabolismo do ecossistema pelo metabolismo social.	Análise Multicritério
RODRIGUES et al., 2009	O estudo tem como objetivo avaliar os impactos locais das cadeias produtivas de biodiesel estabelecidas na escala rural e promover a melhoria da performance ambiental de fazendas selecionadas, doravante propor unidades de demonstração de gerenciamento sustentável. As avaliações foram feitas com o sistema APOIA-NovoRural que integra 62 indicadores objetivos e quantitativos relacionados a cinco dimensões de sustentabilidade: i) paisagem ecológica; ii) qualidade ambiental (atmosfera, água e solo); iii) valores socioculturais; iv) valores econômicos e v) gerenciamento e administração. Estes arranjos produtivos localmente organizados demonstraram a influência forte da valorização dos recursos naturais e das metas ambientais, que são fundamentais se o desenvolvimento sustentável rural substituir o cenário agroenergético emergente.	APOIA-NovoRural
HUGGINS; KAROW; COLLINS; RANSOM, 2011	O resíduo agrícola irá impactar na matéria orgânica do solo, embora a natureza dos efeitos irá depender de cada situação. Nesta linha, o artigo sugere que uma avaliação econômica e ambiental deve levar em consideração os resíduos.	Avaliação de longo prazo de impactos
SORGUVEN; OZILGEN, 2010	Este artigo aponta a direção do desenvolvimento de uma nova tecnologia para diminuir a acumulação de CO2 na atmosfera com o uso de microalgas. O indicador de renovabilidade é positivo, mostrando que o ciclo de CO2 de produção de biodiesel a partir de algas é renovável.	Avaliação termodinâmica
LORA et al., 2011	Sugere e recomenda modificações nas ferramentas existentes para assegurar a produção sustentável de biocombustíveis, tais como: balanço energético do ciclo de vida, quantidade de energia fóssil substituída por hectare, alocação energética do coproduto, balanço de carbono no ciclo de vida, mudanças na utilização do solo, análise de ciclo de vida e análise ambiental integrada.	Comparação de metodologias
SOLOMON, 2010	Este artigo revisa os esforços e a literatura recente no contexto da ciência da sustentabilidade e economia ecológica. Diversas dimensões comuns para os biocombustíveis sustentáveis são discutidas: escala (análise dos recursos, disponibilidade de terra e práticas do uso da terra); eficiência (econômica e energia); equidade (distribuição geográfica de recursos e o debate alimentos versus combustíveis); questões socioeconômicas e efeitos ambientais e de emissões.	Conceitual

Referência	Resumo	Metodologia
GROOM; GRAY; TOWNSEND, 2008	O artigo trata de três princípios: primeiro, as matérias-primas de biocombustíveis devem crescer em um ambiente seguro e com práticas agrícolas que preservem a biodiversidade; segundo, a pegada ecológica de um biocombustível, em termos da área necessária para o crescimento deve ser minimizada; terceiro, os biocombustíveis de zero carbono em todo o ciclo de vida devem ter alta prioridade.	Conceitual
BONILLA et al. 2010	Trata da produção mais limpa e do desenvolvimento sustentável. Uma atenção especial é colocada em ferramentas metodológicas desenhadas para suportar tomada de decisão efetiva pertencente aos benefícios quantitativos da produção mais limpa.	Discute as metodologias existentes
NARAYANAN; ZHANG; MANNAN, 2007	Engenharia para o desenvolvimento sustentável é uma abordagem de sistemas integrada, que consiste em um processo de tomada de decisão multicritério que envolve a identificação do processo ótimo sustentável, que satisfaz os critérios sociais, ecológicos e econômicos como também os requisitos de saúde operacional. A engenharia para o desenvolvimento sustentável é dividida em três etapas: análise de ciclo de vida do processo; alternativas não-dominantes e finalmente a seleção do processo mais sustentável pelo emprego do processo de seleção de análise hierárquica. Neste artigo, a abordagem de análise e a métrica para o ESD são aplicadas para a produção de biodiesel.	Engenharia para o desenvolvimento sustentável
TOMEI et al., 2010	Este artigo analisa se o esquema de certificação da *Round Table on Responsible Soy* (RTRS) pode mitigar os impactos sociais e ambientais da produção de biodiesel de soja na Argentina. Conclui-se que os esquemas de certificação são incapazes de responder aos desafios institucionais associados com a implementação deles.	Impacto da certificação
SMYTH et al., 2010	Este artigo investiga os impactos da Diretiva Europeia 2009/28/EC na energia renovável na Irlanda. Somente biocombustíveis que reduzam em 60% as emissões de gases causadores do efeito estufa em 2020 contribuem para a meta de 10% de energia renovável em 2020. Nessa linha, a Irlanda pode atingir essa meta com uso de biometano de grama, biocombustíveis derivados de resíduos, veículos elétricos e biodiesel de colza.	Impacto da certificação
UPHAM et al., 2009	Trata-se de uma crítica aos requisitos da UK RFTO a partir do exame de cinco potenciais matérias-primas para a produção de biodiesel no Reino Unido com os valores propostos de intensidade de carbono. Somente o óleo de cozinha usado tem garantido os benefícios de sustentabilidade.	Impacto da certificação
WICKE et al., 2008	Este estudo segue a metodologia sugerida pela Comissão Cramer de biomassa sustentável para analisar as emissões de gases causadores do efeito estufa do óleo de palma cru e do ácido graxo destilado de palma no nordeste de Borneo (Malásia), o transporte deles para a Holanda e a queima conjunta com gás natural para produção de eletricidade. Os autores sugerem o uso de terras degradadas para a produção de óleo de palma e o gerenciamento ser melhorado.	Impacto da certificação
DE VRIES et al., 2010	O conjunto de 9 indicadores de sustentabilidade focados no uso eficiente de recursos, qualidade do solo, balanço de produção de energia e emissões de gases causadores de efeito estufa, desconsiderando aspectos socioeconômicos, de biodiversidade e de mudança do uso da terra. O biocombustível produzido de óleo de palma (Sudoeste Asiático), cana-de-açúcar (Brasil) e sorgo (China) parecem mais sustentáveis.	Indicadores de sustentabilidade
ADEYEMO; WISE; BRENT, 2011	Neste artigo, os impactos da produção de biodiesel na província Eastern Cape da África do Sul são avaliados por meio da aplicação de um modelo de equilíbrio parcial, usando a produção de canola como um "choque externo".	Modelo de equilíbrio parcial
OLIVEIRA et al., 2008	Este artigo apresenta uma metodologia para analisar a sustentabilidade do uso de resíduos da indústria elétrica brasileira.	Nova metodologia

Referência	Resumo	Metodologia
KHAN; CHHETRI; ISLAM, 2007	Este artigo introduz uma nova metodologia para posicionar uma definição mais ampla da sustentabilidade pelas variantes ambientais, econômicas e sociais para assegurar a sustentabilidade das tecnologias de biodiesel e energia direta solar.	Nova metodologia
HUANG; CHEN; FAN, 2010	Neste artigo, apresenta-se um modelo matemático que integra dimensões espaciais e temporais para o planejamento estratégico da cadeia de suprimentos do bioetanol.	Otimização multiestágio de cadeia de suprimentos
HALIM; SRINIVASAN, 2011	O *framework* tem sido desenvolvido pela combinação de diferentes metodologias de engenharia de sistemas de processo - uma abordagem para identificar a rota causadora de geração de resíduos, o método de desenho hierárquico para geração de alternativas de desenho, métricas de sustentabilidade e otimização multiobjetivo - dentro de um quadro coerente de otimização e simulação.	Otimização multiobjetivo
GERBENS-LEENES; HOEKSTRA; VAN DER MEER, 2009	Este estudo dá uma revisão das pegadas de água da bioenergia de 12 culturas que correntemente contribuem para produção agrícola global, traçando cenários. Os resultados podem ser usados para selecionar as culturas e os países podem produzir bioenergia do meio mais eficiente.	Pegada Ecológica
VACCARO et al., 2010	Este artigo apresenta um estudo baseado no Planejamento de Cenários e Sistemas de Pensamento com foco na cadeia produtiva do Estado do Rio Grande do Sul. O objetivo deste estudo foi identificar os elementos-chave para compreender a estrutura sistêmica de interação entre os atores da cadeia. Os autores, por intermédio da construção de 4 cenários, contribuíram para a discussão de competitividade e sustentabilidade das cadeias produtivas de biodiesel no Brasil.	Planejamento de Cenários e Sistemas de Pensamento
CHISTI, 2010		Visão bioeconômica
KHAN et al., 2009	O presente artigo tem como objetivo revisar o potencial de biodiesel de microalgas em comparação com outras culturas e sua prospecção na Índia.	Outros
ACHTEN et al., 2007	Os autores defendem a adoção do pinhão-manso para produção de biodiesel pelas seguintes razões: sua característica multipropósito; cadeia produtiva intensiva em trabalho (promoção do desenvolvimento rural) e o fato de o óleo não ser comestível.	Outros
GRANDA; ZHU; HOLTZAPPLE, 2007	Este artigo descreve a infraestrutura necessária para a implementação de biocombustíveis sustentáveis, discute os benefícios projetados, seus impactos ambientais e a logística necessária para a sustentabilidade.	Outros

Fonte: Apresentada no quadro.

b) Tecnologia de processamento – compreende melhorias no processo de produção dos biocombustíveis; de cultivo das matérias-primas; economia de energia e água; redução das emissões de gases por intermédio de mudanças no processo produtivo; novos catalisadores; processamento de novas fontes de matérias-primas; novos usos para o glicerol; e segurança operacional (Quadro 10). A Tabela 2 apresenta a classificação de acordo com os assuntos abordados pelos artigos. A maior parte dos artigos aborda o processamento de novas matérias-primas (22 artigos), ainda não utilizadas comercialmente como, por exemplo, o pinhão-manso.

Tabela 2 – Classificação por assuntos dos artigos sobre tecnologia de processamento

Classificação	Quantidade
Biorrefinarias	1
Catálise	2
Cultivo	3
Motores	6
Novas fontes de matérias-primas	22
Novos usos dos subprodutos	1
Novos usos para o glicerol	3
Otimização de processos	1
Processamento	3
Segurança Operacional	1
Total geral	**43**

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 10 – Análise dos artigos que tratam sobre tecnologia de processamento.

Referência	Resumo	Assunto
DEMIRBAS, 2009	Trata-se de um artigo de revisão sobre a importância das biorrefinarias para adicionar sustentabilidade econômica e ambiental à produção de biocombustíveis.	Biorrefinarias
CORDEIRO; DA SILVA; WYPYCH; RAMOS, 2011	É um artigo de revisão que versa sobre a estrutura, propriedades, síntese e performance de compostos que são catalisadores ativos em reações de esterificação e transesterificação.	Catálise
GRANADOS et al, 2009	Este trabalho investiga dois aspectos fundamentais da catálise heterogênea em fase líquida: lixiviação das espécies do sólido e a participação dessas espécies na reação catalítica. O estudo foca na transesterificação dos triglicerídeos com metanol catalisada pelo sólido CaO para produzir biodiesel. O estudo conclui que o sólido pode ser reutilizado um número razoável de vezes e que as espécies lixiviadas podem ser desprezadas no biodiesel.	Catálise
BASKETT et al., 2008	Este artigo apresenta a evidência dos efeitos da melhoria contínua da material de plantação da palma de óleo e a melhoria da rentabilidade da cultura.	Cultivo
SANTOS; MESSINA, 2008	O artigo trata da utilização do RADARSAT para monitorar a extensificação e intensificação da palma africana e explorar o seu ciclo de vida, evitando a substituição de florestas naturais com alta biodiversidade na Amazônia Equatoriana.	Cultivo
ZHELJAZKOV et al., 2008	O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos do N(0,67,134 e 202 kg ha(-1), do híbrido (DKF3875, DKF2990, DKF3510 e DKF3901) e as interações no rendimento de sementes, conteúdo de óleo e composição do óleo no crescimento do girassol em cinco localizações do Mississippi.	Cultivo
KALAM et al., 2011	O uso de óleo de cozinha residual derivado de palma e coco foi considerado mais sustentável do que o diesel fóssil com redução, tais como fumaça, monóxidos de carbono e óxidos de nitrogênio. Em contraposição, houve uma perda de potência de 1,2% a 0,7%.	Motores

Referência	Resumo	Assunto
SHRAKE et al., 2010	Em conjunção com o *Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT)* uma comparação de custo, propriedades do combustível a frio, performance do motor, economia de combustível, manutenção e reparos foi conduzida usando os dado obtidos por 3 anos em um estudo piloto. Os resultados encontrados do B5 foram iguais ou melhores que os do diesel com ultrabaixo teor de enxofre nas métricas medidas.	Motores
ZHANG; KONG, 2010	Neste trabalho, os autores propõem uma modelagem numérica das características de vaporização de misturas de combustível multi-componente. Durante o início da vaporização somente os componentes mais leves do diesel vaporizam. Os componentes do biodiesel não vaporizam até que tenha passado algum tempo do processo de vaporização.	Motores
KAPILAN; BABU; REDDY, 2009	Neste artigo, foram realizados testes de motores diesel de cilindros simples, usado na maquinaria agrícola. O teste dos motores com óleo de Mahua não-comestível foi comparado com o biodiesel de Mahua+GLP e diesel+GLP. O artigo conclui que o óleo de Mahua pode ser usado como uma fonte de combustível alternativa para o motor diesel.	Motores
LAPUERTA et al., 2009	Trata-se de artigo que busca avaliar as emissões do diesel misturado com biodiesel (30% de biodiesel e 70% de diesel). Os resultados mostram que o biodiesel reduz as emissões de hidrocarbonetos, opacidade da fumaça, material particulado, diâmetro médio da partícula, concentração de particulado total e a magnitude desses diminui de acordo com a origem do biodiesel. As emissões de NOx foram aumentadas quando comparadas ao diesel puro.	Motores
MIRAGLIA, 2007	Este estudo trata da avaliação em termos de poluentes do uso da mistura diesel/etanol no município de São Paulo.	Motores
RISMANI-YAZDI et al., 2011	Descreve os padrões e o sequenciamento genético da Dunaliella tertiolecta relacionados à produção de biodiesel.	Novas fontes de matérias-primas
ANTONI; ZVERLOV; SCHWARZ, 2007	Este artigo revê os biocombustíveis fabricados microbiologicamente que têm potencial para substituir os combustíveis atuais por mistura ou conversão química. Isto também resume a história dos biocombustíveis e provê insights da produção em países variados, revisando as políticas deles.	Novas fontes de matérias-primas
LUO et al., 2011	O artigo investigou a utilização de toda a planta da colza para a produção de multi-biocombustíveis dentro do conceito de biorrefinaria.	Novas fontes de matérias-primas
HARUN et al., 2011	Este trabalho por meio de uma análise técnica e econômica sugere que o resíduo das microalgas seja utilizado para geração de biogás o que pode reduzir o seu custo total e consequentemente viabilizar a produção de biodiesel.	Novas fontes de matérias-primas
LAM; LEE, 2011	Este artigo de revisão discute as várias tecnologias para converter o resíduo da Usina de óleo de palma em biometano e biohidrogênio em escala comercial. Além do mais, este resíduo para cultura de microalgas também foi avaliado para produção de biodiesel e bioetanol.	Novas fontes de matérias-primas
MAHAJANI et al., 2010	Trata da produção de biodiesel de algas expostas a condições estressantes.	Novas fontes de matérias-primas
PARAWIRA, 2010	Trata-se de um artigo de revisão sobre a produção de biodiesel a partir do pinhão-manso.	Novas fontes de matérias-primas

Referência	Resumo	Assunto
KUMAR et al., 2010	Este artigo de revisão examina as tecnologias atuais disponíveis para aumentar a fixação de CO2 pelas microalgas e especificamente explora a possibilidade de acoplar o tratamento de resíduos aquosos com o crescimento de microalgas para produção eventual de biocombustíveis e/ou produtos de valor agregado, com ênfase na produtividade. Finalmente, uma revisão de estudos de análise de ciclo de vida é apresentada e rotas para melhoria de processos existentes são sugeridas.	Novas fontes de matérias-primas
JARADAT, 2010	As modificações genéticas recentes têm como objetivo melhorar o rendimento de biomassa, qualidade e eficiência da conversão. As melhorias na composição e na estrutura bioquímica das culturas irão levar a produção de mais energia por tonelada de biomassa e irá melhorar seu poder calorífico e perfil de gases causadores do efeito estufa.	Novas fontes de matérias-primas
DEMIRBAS, 2010	Este artigo defende as biorrefinarias para diversificação das matérias-primas e dos produtos, adicionando a esses processos sustentabilidade, econômica e ambiental.	Novas fontes de matérias-primas
CHERUBINI, 2010	Este artigo provê uma descrição de um conceito da emergente biorrefinaria em comparação com a atual refinaria. O foco está no estado da arte da produção de bioquímicos e biocombustível, como também na discussão das matérias-primas mais importantes, tecnologias de conversão e produtos finais. O objetivo desta bio-indústria é ser competitiva no mercado e levar a progressiva substituição de produtos da refinaria de petróleo.	Novas fontes de matérias-primas
BRENNAN; OWENDE, 2010	Este estudo revisa as tecnologias subjacentes aos sistemas de microalgas a biocombustíveis, com foco na produção de biomassa, cultivo, tecnologias de conversão e a extração de co-produtos úteis.	Novas fontes de matérias-primas
GOH; LEE, 2010	O estudo sugere o cultivo de macroalgas tais como resíduos aquosos e água do mar que não utiliza terras aráveis e fertilizantes. Os carboidratos derivados dos resíduos aquosos contêm açúcares (hexoses) que são materiais susceptíveis para a fermentação e a produção de etanol. Este estudo oferece um conceito de biorrefinaria de bioetanol de terceira geração baseada em macroalgas para estimular a iniciação da exploração neste campo relacionado.	Novas fontes de matérias-primas
GOUVEIA; OLIVEIRA, 2009	Neste artigo, foi feita uma varredura das seguintes espécies de microalgas: Chlorella vulgaris, Spirulina maxima, Nannochloropsis sp. (microalga marinha) para produção de biodiesel em termos de qualidade e quantidade.	Novas fontes de matérias-primas
SCHENK et al., 2008	O artigo apresenta as principais vantagens dos sistemas de microalgas de segunda geração: 1) alta eficiência de conversão de fótons; 2) pode ser cultivada ao longo de todo o ano, assegurando suprimento contínuo de óleo; 3) pode utilizar águas residuais e com sais, reduzindo o uso de água doce; 4) pode acoplar produção de combustível neutro de CO2 com o sequestro de CO2; 5) produz biocombustíveis biodegradáveis e não-tóxicos. As limitações atuais estão relacionadas ao processo de cultivo e ao suprimento de CO2 para alta eficiência de produção.	Novas fontes de matérias-primas
SCOTT et al., 2008	Este artigo de revisão analisa e integra os atributos biológicos, químicos e genéticos da planta, promovendo a base para pesquisa futura da Pongamia pinnata nesta indústria emergente.	Novas fontes de matérias-primas
LI; DU; LIU, 2008	Este artigo de revisão visa prospectar os diferentes micro-organismos oleaginosos e quais óleos microbiológicos são	Novas fontes de matérias-primas

Referência	Resumo	Assunto
	usados para produção de biodiesel.	
PATIL; TRAN; GISELROD, 2008	O artigo tem como objetivo analisar e promover as abordagens de integração para produção de microalgas para biocombustíveis e alcançar as necessidades energéticas e ambientais da sociedade. A ênfase é na tecnologia de liquefação hidrotermal para conversão direta de biomassa de algas para combustível líquido.	Novas fontes de matérias-primas
BASTIANONI et al., 2008	O objetivo deste trabalho é avaliar o uso de dois tipos de matérias-primas oriundos de macroalgas, considerados como resíduos de um sistema aquático eutrofizado e de sementes de girassol. A comparação foi baseada na abordagem emergética para avaliar a sustentabilidade e a performance ambiental de ambos os processos. Os resultados mostram que, nas condições atuais e considerando os rendimentos de extração dos óleos, a produção de óleos de sementes de girassol é viável, por causa do baixo valor de transformação do produto final em comparação com as macroalgas. Na outra mão, os resultados demonstram que com as melhorias da metodologia de extração de óleo, as macroalgas seriam consideradas um bom resíduo de biomassa para produção de biocombustível.	Novas fontes de matérias-primas
CHHETRI et al., 2008	Neste artigo, as duas espécies de plantas - *Sapindus mukorossi* e *Jatropha curcas* - são discutidas como fontes mais novas de óleo para produção de biodiesel.	Novas fontes de matérias-primas
CHISTI, 2007	O artigo apresenta que o biodiesel de oleaginosas, óleo de fritura residual e gordura animal podem não satisfazer uma fração pequena da demanda existente para os combustíveis de transporte. Assim, o artigo defende o uso de microalgas que são mais eficientes na captação da energia solar. As abordagens para fazer biodiesel de microalgas economicamente competitivas com diesel fóssil são discutidas.	Novas fontes de matérias-primas
LAL, 2007	O artigo defende que os currículos da ciência do solo sejam revisitados, para promover o background necessário nas ciências básicas e aplicadas com foco na globalização. Apresenta a necessidade de combinar o gerenciamento dos recursos do solo nos agrossistemas com a sustentabilidade, levando-se em consideração que entre outros fatores a chamada plantação energética pode revolucionar a agricultura.	Novas fontes de matérias-primas
DEVAPPA; MAKKAR; BECKER, 2010	Este artigo de revisão teve como objetivo coletar informação sobre novas aplicações das proteínas presentes na planta do pinhão-manso, consequentemente contribuindo para alcançar a viabilidade financeira e sustentabilidade da indústria de biodiesel do pinhão-manso.	Novos usos dos subprodutos
KOGANTI et al., 2011	Propõe novos usos para o glicerol que é o principal sub-produto da produção de biodiesel.	Novos usos para o glicerol
CALVINO-CASILDA; GUERRERO-PEREZ; BANARES, 2010	A glicerina é o maior subproduto da produção de biodiesel, que precisa de um processo de valorização eficiente. Este estudo mostra como ambas a ativação térmica convencional e irradiação de micro-ondas são capazes de seletivamente transformar glicerina em acrilonitrila.	Novos usos para o glicerol

Referência	Resumo	Assunto
SEAY; EDEN, 2009	O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso ilustrativo da análise de impacto ambiental utilizada pela EPA incorporada ao design de processo conceitual. O estudo de caso ilustra uma metodologia baseada no processo de fabricar importantes compostos C3 da desidratação de glicerol. O estudo de caso selecionado é importante da perspectiva da sustentabilidade, porque o glicerol é produzido como um subproduto da produção de biodiesel de óleos vegetais.	Novos usos para o glicerol
SAHOO; DAS, 2009	Este artigo trata da otimização dos parâmetros de processo da produção de biodiesel pela transesterificação do pinhão-manso, karanga e polanga. As técnicas analíticas utilizadas foram HPLC, cromatografia gasosa e cromatografia de camada fina.	Otimização de processos
FAIRCLOTH; FERRELL; MAIN, 2008	Trata se de artigo sobre sistemas de controle de plantas daninhas para o amendoim cultivado como matéria-prima de biocombustíveis.	Processamento
BECHET et al., 2010	Este estudo apresenta o primeiro modelo mecanístico que descreve a temperatura do caldo em uma coluna de fotobiorreatores como uma função dos parâmetros da estática (localização, geometria do reator) e da dinâmica (irradiação da luz, temperatura do ar e velocidade do vento). O estudo conclui que uma questão significante do controle de temperatura deve ser respondida quando avaliamos as características técnicas, de custos e de sustentabilidade de uma produção em larga escala de algas.	Processamento
SPECCHIA et al., 2006	Trata-se de estudos de simulação baseados nos processadores de combustíveis hidrocarbonetos líquidos para produção de hidrogênio por membrana eletrolítica polimérica.	Processamento
MARLAIR et al., 2009	Trata das questões de segurança dos biocombustíveis para transporte. Claramente, uma análise mais profunda das questões de segurança é necessária e irão ocorrer mudanças significativas das tecnologias dos biocombustíveis no futuro.	Segurança Operacional

Fonte: Apresentadas no quadro.

Para melhor entender a área de tecnologia de processamento, foram feitas duas buscas nas seguintes bases de patentes: *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) e *European Patent Office* (Espacenet) com as seguintes palavras-chave até 7 de julho de 2011: *sustainability* AND *biodiesel* nos campos de busca título e resumo. Não foram recuperados documentos nesta busca nas duas bases.

Em seguida, foram feitas novas buscas, modificando-se as palavras-chave: *sustain** AND biodiesel. O USPTO não retornou documentos e o Espacenet retornou sete documentos que estão resumidos no quadro 11. Existem quatro patentes que tratam de novas fontes de matérias-primas com métodos de aproveitamento de produtos decorrentes das algas, principalmente. Outras duas patentes discutem sobre uma planta móvel de biodiesel e outra sobre o uso de biodiesel para aumentar a recuperação de petróleo. Destaque-se, também, uma patente sobre biorrefinarias a partir de uma planta de origem chinesa *yellowhorne*.

Quadro 11 – Análise das patentes levantadas no Espacenet.

Documento	Referência	Resumo	Assunto
CN101575619	DALIAN TECH, 2009	Trata-se de patente de uma biorrefinaria que tem como material de partida *yellowhorne* possui como produtos: biodiesel; uma pluralidade de produtos com alto valor agregado; produtos químicos; custo de processo reduzido.	Biorrefinarias
CN101831463	QINGDAO INST OF BIOENERGY AND BIOPROCESS TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES, 2010	Esta invenção provê um método de obtenção de energia para o resíduo do óleo extraído de algas e o método melhora a eficiência da utilização deste resíduo e possui importância para o desenvolvimento sustentável da indústria de biodiesel de microalgas. O método compreende as seguintes etapas: 1) pré-tratamento do resíduo do óleo extraído das algas; 2) realização da primeira fase de fermentação anaeróbica para produção de hidrogênio do resíduo pré-tratado, onde a fermentação para produção de hidrogênio anaeróbico é realizada entre 6,0 e 6,5 e a temperatura de fermentação entre 30 e 37°C; 3) realização da segunda fase da fermentação anaeróbica que consiste na fermentação do liquor para produzir metano. Na segunda fase, o pH é entre 7,0 e 8,0 e a temperatura de fermentação entre 30 e 37°C.	Novas fontes de matérias-primas
WO2010088686	UNIVERSITY SOUTHERN CALIFORNIA, 2010	Trata-se de patente sobre uma célula microbiótica fototrófica autossustentada para gerar eletricidade por meio da interação sintrófica entre micro-organismos fotossintéticos e bactérias heterotróficas em algas cultivas para produção de biodiesel. A célula combustível microbiótica está ajustada para continuamente produzir eletricidade sem entradas externas exógenas de matéria orgânica ou nutrientes.	Novas fontes de matérias-primas
MX2009007356	OURO FINO PARTICIPACOES E EMPR, 2009	Esta invenção refere-se a um processo produtivo de biodiesel e/ou óleo combustível a partir de óleos microbianos, biomassa de algas, resíduos de cana-de-açúcar e derivados. Os produtos obtidos são apropriados para uso direto em motores e geração de energia ou vapor. O processo integrado da presente patente compreende o uso da biomassa produzida de óleo microbiano obtido de resíduos de cana-de-açúcar e derivados, que é integrado com biomassa de algas e/ou glicerina. O processo tem como principais vantagens: não gerar nenhum tipo de resíduo e liberar quantidades consideráveis de oxigênio na atmosfera.	Novas fontes de matérias-primas
WO2009063296	TANTILLUS SYNERGY LTD, 2009	Trata-se de um sistema para produzir biocombustíveis de algas que pode ser acoplado a uma fonte produtora de CO2 de modo a reduzir ou eliminar completamente a saída de CO2. O sistema usa uma combinação de micróbios, nutrientes, água e luz solar para gerar compostos hidrocarbônicos que podem ser usados em quase todo tipo de motor.	Novas fontes de matérias-primas
WO2010085864	BIOMINAS IND DE DERIVADOS OLEA, 2010	Esta patente versa sobre uma planta de biodiesel móvel autossustentada e um método compacto de caracterização que reduz os resíduos e torna possível o reúso ou reciclo dos resíduos. O combustível produzido gera energia elétrica para toda a planta.	Outros
US2010006285	PETROBRAS, 2010	Esta patente apresenta um método de recuperação de petróleo utilizando biodiesel puro ou misturado injetado em uma formação geológica, resultando em uma mistura final (petróleo/biodiesel injetado), apresentando uma viscosidade mais baixa e uma fluidez muito maior que o petróleo original.	Outros

Fonte: Busca na base de dados Espacenet.

c) Política energética – essa área é composta pelos artigos que discutem/apresentam e propõem a adoção de políticas energéticas de uma forma global, regional ou local. A Tabela 3 apresenta o resultados dessa busca com destaque para os estudos globais com 8 artigos, para o Brasil que possui 5 artigos recuperados sobre o seu programa de biocombustíveis. Os artigos analisados e classificados pela localização estão apresentados no Quadro 12.

Tabela 3 – Classificação dos assuntos abordados pelos artigos que estão na área de política energética.

País	**Quantidade de assuntos**
Argentina	3
Brasil	5
Camarões	1
EUA	1
Global	8
Grécia	1
Índia	2
Langkawi	1
Malásia	1
Ohio	1
Reino Unido	1
Rússia	1
Tailândia	1
União Europeia	1
Total geral	**27**

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 12 – Artigos científicos oriundos de busca na base que tratam sobre a política energética.

Referência	**Resumo**	**Local**
SHINOJI ; RAJU; JOSHI, 2011	Trata do programa de biocombustíveis da Índia e da necessidade de se investir no pinhão-manso para produção de biodiesel.	Índia
MUELLER; ANDERSON; WALLINGTON, 2011	Explica que durante a crise de 2008 não houve relação entre o aumento da produção de biocombustíveis e o aumento dos preços dos alimentos. Sugere que seja investido em pesquisas em matérias-primas lignocelulósicas, para evitar que exista uma alta no preço dos alimentos, decorrente do aumento da produção de biocombustíveis.	Global
JUNGINGER et al., 2011	Este artigo, a partir das respostas de questionários de 141 respondentes, apresenta que os sistemas de certificação e as tarifas de importação são os principais entraves ao comércio internacional de biocombustíveis. Apresenta como soluções: abolição da tarifas de importação e harmonização dos padrões técnicos e requisitos de sustentabilidade.	Global
COVRIG; BOSCH-GUAL,	Busca responder quando os critérios de sustentabilidade	Global

Referência	Resumo	Local
2010	serão mais importantes que o preço.	
BERG; KELLER, 2010	Trata-se de estimativas sobre a recuperação da indústria de biocombustíveis em 2010.	Global
DEMIRBAS, 2010	O artigo trata dos dois principais biocombustíveis globais: etanol e biodiesel, apresentando seus pontos fortes e fracos.	Global
PEREIRA; LIMA, 2008	Este artigo tem como objetivo descrever a cadeia de biodiesel e investigar a rentabilidade da Brasil Ecodiesel pelo Método Du Pont entre 2006 e 2007. O estudo mostra as características do estudo de caso na companhia Brasil Ecodiesel e os resultados apresentam que a empresa teve margem negativa. Os resultados reforçam a tese que biodiesel e o biodiesel brasileiro, que tem baixa lucratividade.	Brasil
OLTRA, 2011	O objetivo deste artigo é discutir as percepções dos stakeholders sobre os biocombustíveis derivados de microalgas com relação às barreiras e oportunidades associadas com esta tecnologia emergente.	Global
DEMIRBAS; DEMIRBAS, 2007	O artigo discute os biocombustíveis e apresenta os seguintes benefícios: sustentabilidade; redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa; desenvolvimento regional; estrutura social e agricultura e segurança energética.	Global
KUMARAN, 2011	Produção de biodiesel em Langkawi oriundo do óleo residual de fritura.	Langkawi
ONG; MAHLIA; MASJUKI, 2011	Este estudo discute o cenário atual de energia e explora a energia alternativa como biomassa, energia solar, dos ventos e hidráulica para assegurar a confiança e a segurança do suprimento energético do País.	Malásia
HALL; MATOS, 2010	Trata-se de um estudo de caso baseado em entrevistas com os membros da cadeia de suprimentos do Brasil de biocombustíveis (etanol e biodiesel) em que estes reconhecem a importância de promover oportunidades para comunidades carentes, mas pouco têm explorado como aumentar a participação dessas comunidades.	Brasil
PRISTUPA; MOL; OOSTERVEER, 2010	O artigo busca investigar por que a discrepância entre o potencial de biocombustíveis e a falta de plantas especializadas para a produção de bioetanol e biodiesel na Rússia. Este artigo analisa o desenvolvimento nacional e investiga a dinâmica local por meio de um estudo de caso da região de Omsk. As razões para esta discrepância decorrem da baixa prioridade política e institucional dada a explotação de combustíveis renováveis e a falta de oportunidades de mercado.	Rússia
JAIN; SHARMA, 2010	Trata da dependência de petróleo da Índia que tem aumentado mais rapidamente que a taxa de aumento da demanda energética. O relatório apresenta a prevalência do combustível fóssil, as pesquisas sobre as propriedades do biodiesel, processos para sua produção, purificação e a preocupação com estabilidade do biodiesel.	Índia
MONTICO, 2009	O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade desta província para produção de bioenergia a partir da transformação de grãos em biocombustíveis e energia de biomassa e estima o impacto nos solos dos resíduos das culturas removidos. A remoção dos resíduos configura-se em um risco à produtividade agrícola, particularmente a conservação do solo e a estabilidade dos sistemas de produção e por consequência a sustentabilidade.	Santa Fé, Argentina

Referência	Resumo	Local
TOMEI; UPHAM, 2009	Este artigo explora o contexto ambiental, econômico e social e os impactos do aumento da demanda de biodiesel de soja na Argentina.	Argentina
RAGHAREUTAI; CHAVALPARIT; ONGWANDEE, 2010	Este trabalho tem como objetivo apresentar soluções ecológicas para os problemas ambientais encontrados na indústria da Tailândia, que consistem na geração de grande quantidade de água e resíduos aquosos. As soluções propostas são: recuperação do metanol, uso de metóxido como catalisador e reuso da água de lavagem final na etapa de purificação do éster metílico. Em adição, a água residual da produção de biodiesel pode ser tratada em um sistema de digestão anaeróbia para produzir biogás para geração elétrica.	Tailândia
SANTOS; RATHMANN, 2009	O objetivo deste artigo é identificar os impactos econômicos e sociais nas regiões em que são instaladas as cadeias produtivas de biodiesel. A estrutura analítica foi construída baseada nas teorias econômicas espaciais e regionais: coeficiente de localização e teorias de localização industrial. Uma análise preliminar identificou que um arranjo produtivo de biodiesel está emergindo no estado do Piauí, com a proposta de estimular o desenvolvimento regional. Entretanto, o projeto agrícola na cidade de Canto do Buriti/PI tem apresentado problemas de natureza cultural e produtiva. O estudo apresenta que existe um grande desafio a ser superado de estabelecer uma nova base produtiva em oposição à tradição produtiva.	Piauí, Brasil
SWINBANK, 2009	Este artigo discute as políticas energéticas da União Europeia e os potenciais conflitos com as políticas do Reino Unido.	União Europeia
GARCEZ; VIANNA, 2009	O objetivo deste artigo é analisar o Programa Brasileiro do Biodiesel e identificar os aspectos sociais e ambientais que estão presentes ou ausentes nele.	Brasil
MORRONE et al, 2009	Este artigo busca apresentar as vantagens de Ohio no fornecimento de milho para o etanol e soja para o biodiesel e os obstáculos políticos e econômicos relacionados a esta indústria principiante.	Ohio
SARANTOPOULOS et al., 2009	Neste estudo, está sendo avaliada a possibilidade de se instalar uma pequena planta de biodiesel em uma área rural de Camarões. O biodiesel produzido pode ser utilizado diretamente no mercado, levando a um aumento da renda.	Camarões
HOEKMAN, 2009	Este artigo resume a política e a regulação para os biocombustíveis nos EUA, descrevendo tendências de uso e projeções e os principais esforços em P&D para promover o desenvolvimento e a comercialização de biocombustíveis de 2ª geração.	EUA
DEMIRBAS, 2008	O artigo trata dos progressos nas matérias-primas renováveis, os usos de biomassa, a tendência de comércio de biocombustíveis, o aumento da capacidade de produção, aumento dos fluxos internacionais e o debate internacional sobre a sustentabilidade.	Global
PERRY; ROSILLO-CALLE, 2008	Este artigo analisa a política energética do Reino Unido com atenção particular à cogeração e aos combustíveis de transporte. Ambos os setores apresentam excelentes oportunidades para o comércio internacional de bioenergia, ao invés do potencial doméstico de produção, como demonstrado neste artigo.	Reino Unido

Referência	Resumo	Local
LAMERS; MCCORMICK; HILBERT, 2008	O objetivo deste artigo é descrever e avaliar a emergência dos mercados para biocombustíveis líquidos na Argentina.	Argentina
RAMOS; WILHELM, 2005	Este artigo discute os esforços para o desenvolvimento do Programa Brasileiro de Produção e Uso do Biodiesel no contexto das especificações técnicas como também das fontes oleaginosas potenciais.	Brasil

Fonte: Elaboração própria.

4.5 PRIORIZAÇÕES SUGERIDAS PARA O PROGRAMA BRASILEIRO DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL (PNPB)

Com base nos resultados obtidos a partir da leitura dos resumos dos artigos em âmbito internacional, pode-se constatar que a maior parte da pesquisa científica tem sido focada na questão da análise de sustentabilidade, e a maior parte dos artigos apresenta resultados diferentes para a Análise de Ciclo de Vida (ACV): metodologia mais utilizada para demonstrar a sustentabilidade/insustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel em comparação à cadeia de diesel fóssil para diferentes condições: diferentes matérias-primas, diferentes locais e valores estimados diversos de mudança direta/ indireta do uso da terra.

Quanto à análise de sustentabilidade, os esforços devem ser concentrados na harmonização da Análise de Ciclo de Vida, para que se obtenham parâmetros de comparação confiáveis entre as diferentes rotas produtivas. Por exemplo, como se pode determinar qual a rota mais sustentável entre soja, palma ou algas, se não existe paralelismo entre os estudos, se cada publicação adota valores diferentes para mudança indireta do uso da terra, por exemplo, ou diferentes condições de contorno para o sistema estudado?

Quanto à tecnologia de processamento, a maior parte dos artigos tem discutido a possibilidade de se processarem diferentes matérias-primas para obtenção de biodiesel, como algas e pinhão-manso e seus desafios. A busca por novas matérias-primas tem procurado óleos não-comestíveis, maiores produtividades e matérias-primas que permitam a produção de outros derivados, além do óleo para produção de biodiesel, dentro do contexto das biorrefinarias. Nesse tópico, o Brasil precisa fortalecer a pesquisa de outras matérias-primas, principalmente as regionais, como a macaúba, buriti e outras.

Quanto às políticas energéticas, a política brasileira tem se mostrado eficiente e os resultados positivos, principalmente no que se refere à expansão do PNPB com a criação de um mercado até então inexistente de biodiesel em apenas 5 anos. Entretanto, a política externa de harmonização das especificações e dos critérios de sustentabilidade precisa ser mais bem

realizada na medida em que o nosso parque produtivo hoje possui uma grande capacidade ociosa, pois o preço do biodiesel brasileiro é superior ao do biodiesel argentino[18], o que reduz a competitividade internacional, e ainda não concorre com o diesel fóssil.

4.6 CONCLUSÃO

Este capítulo apresentou um estudo sobre o foco das publicações relacionadas à produção sustentável de biodiesel e as tendências acadêmicas. Os resultados apontam que três grandes áreas precisam ser priorizadas no PNPB: análise de sustentabilidade (particularmente, a ACV); tecnologia de processamento (investimentos no processamento de matérias-primas alternativas, com maior produtividade e que não concorrem com a indústria alimentícia) e política energética (principalmente, o desenvolvimento de uma política externa consistente para harmonização das especificações e dos critérios de sustentabilidade do biodiesel). Estes resultados são aplicáveis aos elos agrícola e industrial, mas não foi encontrada correlação com o elo de distribuição.

A metodologia utilizada mostrou-se adequada e a classificação utilizada permitiu um melhor entendimento sobre os rumos a serem priorizados para assegurar a produção sustentável de biodiesel, evitando-se impacto no preço dos alimentos; emissões de gases causadores de efeito estufa decorrentes da mudança direta e indireta do uso da terra, entre outros.

[18] O biodiesel argentino apresenta preço inferior ao brasileiro, pois a lei argentina estimula a exportação de produtos acabados, enquanto que a Lei Kandir estimula a exportação do grão.

5 A CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL

5.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar os gargalos relacionados à cadeia produtiva do biodiesel no Brasil a partir dos dados de mercado, para subsidiar a elaboração de políticas públicas no País, visando à sustentabilidade do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Para tanto, a partir da revisão bibliográfica, foram mapeados os gargalos em cada elo da cadeia produtiva.

A metodologia deste capítulo pode ser dividida em 3 etapas:

1ª etapa: Definição do problema que consiste no estudo da cadeia produtiva do biodiesel em três elos: agrícola, industrial e distribuição.

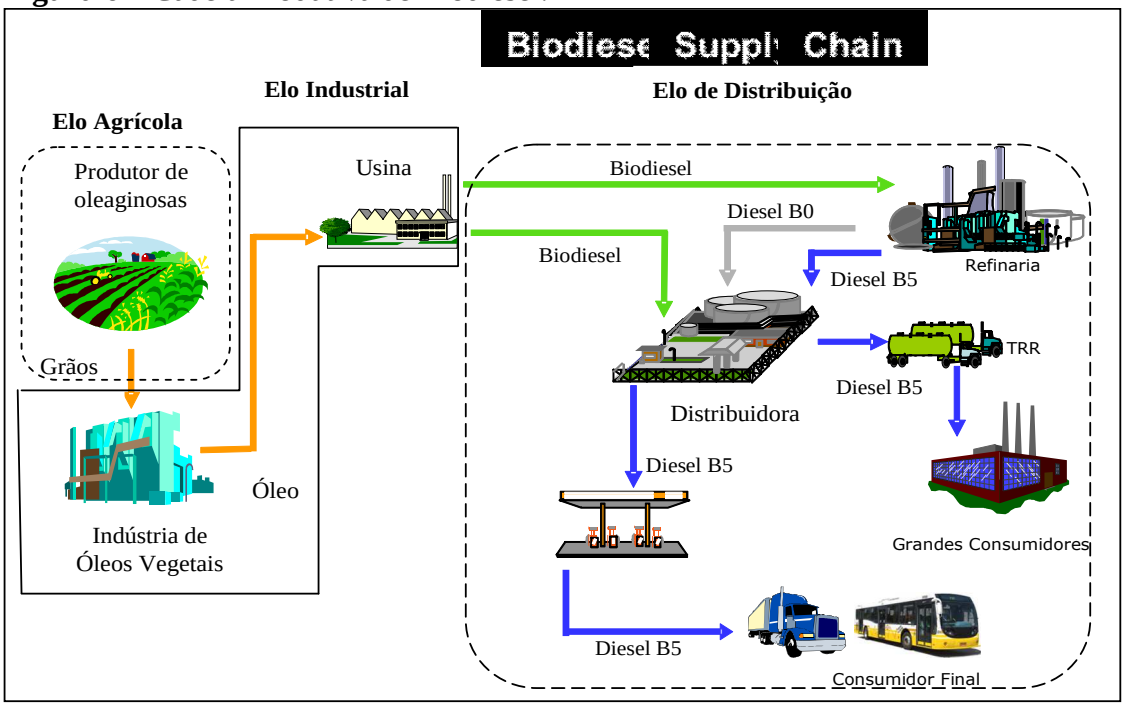
2ª etapa: Determinação dos gargalos por elo, a partir da revisão bibliográfica na base de artigos indexados *Web of Science* do Portal Capes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) com as palavras-chave: biodiesel e *sustainability* até maio de 2011.

3ª etapa: Estruturação do problema partindo-se dos critérios (elos da cadeia produtiva) para os seus respectivos subcritérios (gargalos).

5.2 CADEIA PRODUTIVA

A cadeia produtiva do biodiesel pode ser dividida em três elos: agrícola, industrial e distribuição, considerando-se que as fontes de matérias-primas para a produção de biodiesel são predominantemente de origem vegetal (80% de óleo de soja). O elo agrícola compreende a escolha da oleaginosa (levando-se em consideração a produção de alimentos, desmatamento e a biodiversidade) e o sistema de produção agrícola usado (incluindo, a capacidade produtiva da terra, insumos de produção e acesso à terra); o elo de produção envolve as indústrias de esmagamento e a extração de óleo dos grãos, as Usinas de Biodiesel, abrangendo a rota tecnológica de produção e os requisitos normativos; o elo de distribuição engloba a venda do biodiesel puro (B100), a distribuição e a chegada da mistura diesel/ biodiesel na proporção de 5% de biodiesel (B5) aos consumidores (Figura 6).

Figura 6 – Cadeia Produtiva de Biodiesel.



Fonte: Adaptado de AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (2011).

A cadeia produtiva de biodiesel de origem vegetal possui um grande número de atores que contribui, de modo direto ou indireto, para produção do biodiesel (ZONIN, 2008). Os atores podem ser divididos em quatros grandes grupos: governo; agentes econômicos; instituições de pesquisa e organizações não-governamentais. Os principais atores envolvidos são a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), responsável pela regulação do setor; Petrobras (responsável pela compra do biodiesel e também produtora); produtores de biodiesel (a principal entidade representativa é a União Brasileira dos Produtores de Biodiesel e Bioquerosene - UBRABIO); fornecedores de matérias-primas oleaginosas (destaca-se a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE), entre outros.

Há interação com o governo em todos os elos da cadeia: no elo agrícola, os entes governamentais envolvidos são o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA); no industrial e de comercialização, o Ministério de Minas e Energia (MME) e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Nessa participação governamental na cadeia produtiva, dois instrumentos se destacam: o Selo Combustível Social, concedido pelo MDA

às Usinas que compram uma quantidade mínima da matéria-prima de agricultores familiares e o leilão de biodiesel que obriga a Petrobras/ Refap (refinarias responsáveis pela produção de 98% do diesel consumido no País) a comprar biodiesel das Usinas como forma de assegurar a adição de 5% de biodiesel ao diesel fóssil.

5.2.1 Elo agrícola

A fonte de matérias-primas para a produção de biodiesel é escolhida de acordo com a disponibilidade em cada região ou País. A escolha do óleo para a produção de biodiesel depende da disponibilidade local e da correspondente acessibilidade. Qualquer fonte de ácido graxo pode ser usada para preparar biodiesel. Os fatores como tipo da matéria-prima, preço, disponibilidade e logística determinam se uma matéria-prima potencial é normalmente adotada para a produção comercial de combustíveis. (HAAS; FOGLIA, 2005).

O produtor de biodiesel deve celebrar previamente contratos com todos os agricultores familiares ou com as cooperativas agropecuárias de quem adquira matérias-primas, além de prestar serviços de acompanhamento técnico e de formação dos agricultores familiares, com vistas a contribuir para a sua melhor inserção na cadeia produtiva (BRASIL, 2005c).

As empresas que desejem usufruir dos benefícios tributários direcionados à inclusão social e ao desenvolvimento regional (geração de emprego e renda para agricultores familiares, especialmente aqueles provenientes das regiões mais carentes do País), devem obter, adicionalmente, o Selo Combustível Social. O Selo Combustível Social, regulamentado pelo Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, constitui o instrumento da inserção da agricultura familiar na cadeia produtiva do biodiesel. O selo é um componente de identificação concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário ao produtor de biodiesel que cumpre certos critérios explicados na Instrução Normativa nº 01, de 19 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009).

No País, o óleo de soja tem sido a matéria-prima mais utilizada para a fabricação de biodiesel, com participação da ordem de 80%. O Brasil é o segundo maior produtor mundial dessa matéria-prima, atrás apenas dos Estados Unidos. A logística é favorável ao uso da soja, pois a maioria das usinas se encontra perto de áreas de plantio de soja e sua cadeia produtiva já está estruturada (BRASIL, 2011).

A segunda matéria-prima mais utilizada é o sebo bovino, com aproximadamente 15% do total. O algodão e os outros materiais graxos têm um menor uso na produção de biodiesel, cerca de 5% (BRASIL, 2011).

A soja e o sebo possuem os preços mais competitivos, o que explica a maior utilização desses insumos. Acredita-se que, com o Programa Palma de Óleo, o óleo de palma apresente redução de preço e também se torne competitivo no Brasil (BRASIL, 2011).

Quanto ao fornecimento de óleos e gorduras no Brasil, há clara concentração do fornecimento na soja nas duas principais regiões produtoras de soja do País: Rio Grande do Sul e Mato Grosso, contrariando o objetivo de promover o desenvolvimento regional das regiões norte e nordeste (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2011).

5.2.1.1 Gargalos do Elo Agrícola

Os principais gargalos do elo agrícola podem ser divididos em dois níveis:

1. No nível global, as polêmicas biocombustíveis *versus* alimentos e desmatamento para plantação de oleaginosas para produção de biodiesel, com as consequentes mudanças direta e indireta do uso da terra (CHIAVARI, 2010; MAJER et al, 2009; PATTERSON; DINSDALE; ESTEVES, 2008; TAKAHASHI; ORTEGA, 2010; SMYTH et al, 2010; UPHAM et al, 2009; WICKE et al, 2008; GARCEZ, VIANNA, 2009; SOLOMON, 2010; LAPOLA et al, 2010).
2. No nível nacional, o principal gargalo tem sido uma participação tímida da agricultura familiar na cadeia produtiva com 110 mil famílias das quais 55 mil famílias estão inseridas na cadeia produtiva das Usinas da Petrobras Biocombustíveis. Uma das principais explicações para este problema está na natureza cultural e produtiva no norte e no nordeste brasileiro, sendo necessário estabelecer uma nova base produtiva em oposição à tradição produtiva (ACCARINNI, 2011; SHEEHAN, 2009; VACCARO et al, 2010; SANTOS; RATHMANN, 2009; GARCEZ, VIANNA, 2009).

5.2.1.2 Soluções

As soluções para as polêmicas ligadas à disponibilidade de terras seriam:

- Produção de biodiesel a partir de resíduos, como o sebo e óleo de fritura residual (THAMSIRIROJ; MURPHY, 2011);

- Pesquisas para aumentar o rendimento da produção e adoção de práticas de gerenciamento para minimizar os impactos e maximizar os benefícios (CHIAVARI, 2010);

- Investimentos na produção de biodiesel a partir do óleo de palma, devido ao seu alto conteúdo energético (GOH; LEE, 2010);

- Modificações genéticas para melhorar o rendimento de biomassa, qualidade e eficiência da conversão, com a produção de mais energia por tonelada de biomassa, maior poder calorífico e perfil de gases causadores do efeito estufa (JARADAT, 2010);

- Cultivo e uso de microalgas de segunda geração que apresentam as seguintes vantagens: alta eficiência de conversão de fótons; pode ser cultivada ao longo de todo o ano; uso de águas residuais e com sais; acoplar produção de combustível neutro de CO_2 com o seqüestro de CO_2 (SCHENK *et al*, 2008).

No que se refere à maior inclusão da agricultura familiar, apresentadas no II Seminário Biodiesel (fonte de energia das oleaginosas em Pernambuco) realizado em maio de 2010 seriam:

- Revitalização das Empresas Estaduais de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATERs);
- Qualificação e criação de vagas para extensionistas[19];
- Implementação de uma cultura de trabalho em Cooperativas nos Norte e Nordeste brasileiros (SANTOS; RATHMANN, 2009).

5.2.2 Elo Industrial

O elo de produção envolve o esmagamento e a extração dos óleos dos grãos, as Usinas de Biodiesel e compreende a rota tecnológica de produção e os requisitos normativos. Esses fatores se inter-relacionam para assegurar que o biodiesel produzido esteja dentro das especificações da ANP.

O Brasil possui 67 usinas de biodiesel com autorização para produção de biodiesel e destas 62 possuem autorização de comercialização de biodiesel. A capacidade nominal de

[19]Extensionista é o profissional que atua em extensão rural, sendo responsável por transferir conhecimento agrícola e de economia doméstica aos agricultores e seus familiares.

produção de biodiesel é de 520 mil m^3 por mês, sendo a ociosidade da capacidade produtiva das plantas em torno de 60%. A Tabela 4 mostra a relação entre capacidade nominal, produção de biodiesel (B100), vendas de diesel B5 e a relação entre a produção de B100/vendas B5 por região do País. Notadamente, as regiões centro-oeste e sul são exportadoras de biodiesel, enquanto que a região mais deficitária é a região sudeste, cuja produção só atenderia um B1.

Tabela 4 – Capacidade Nominal e Produção de Biodiesel (B100), Vendas de Diesel (B5), por Região, para o mês de junho de 2011

Região	Capacidade Nominal (m^3)	Produção de biodiesel (m^3)	Vendas Diesel B5 (m^3)	Produção B100/Vendas B5 (%)
Norte	17.550	8.480	409.419	2,07
Nordeste	61.744	13.576	644.275	2,11
Centro-Oeste	218.255	70.403	508.009	13,86
Sudeste	93.040	25.978	1.894.392	1,37
Sul	128.890	94.244	766.211	12,30
Brasil	519.478	212.683	4.222.062	5,04

Fonte: Adaptado de AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2011.

5.2.2.1 Esmagamento dos grãos

A Tabela 5 mostra a capacidade de esmagamento de soja (principal cultura usada na produção do biodiesel) em grãos. Note-se que, em 2003, o Brasil já tinha capacidade instalada para esmagar 115 mil toneladas de grãos por dia, passando, em 2009, para 165 mil toneladas, representando um aumento de 44% em relação a 2003, o que está relacionado ao aumento da produção e uso do biodiesel e a maior demanda pelo óleo. Vale ressaltar que o mercado externo adquire, em sua maior parte, grãos.

O Gráfico 10 mostra a concentração da capacidade de esmagamento em duas regiões do País: a Sul e Centro-Oeste, concentrando 78% da capacidade de esmagamento[20], o que

[20] O controle do setor de esmagamento tem ficado nas mãos de grandes grupos econômicos internacionais, chamado grupo ABCD (ADM, Bunge, Cargill e Dreyfuss), devido às restrições à entrada de novas empresas. No caso de produção do biodiesel, essa tendência deve-se manter, pois as melhores oportunidades de melhoria futura da competitividade do complexo-soja estão no segmento de produção de óleo (YOSHINAGA et al., 2007).

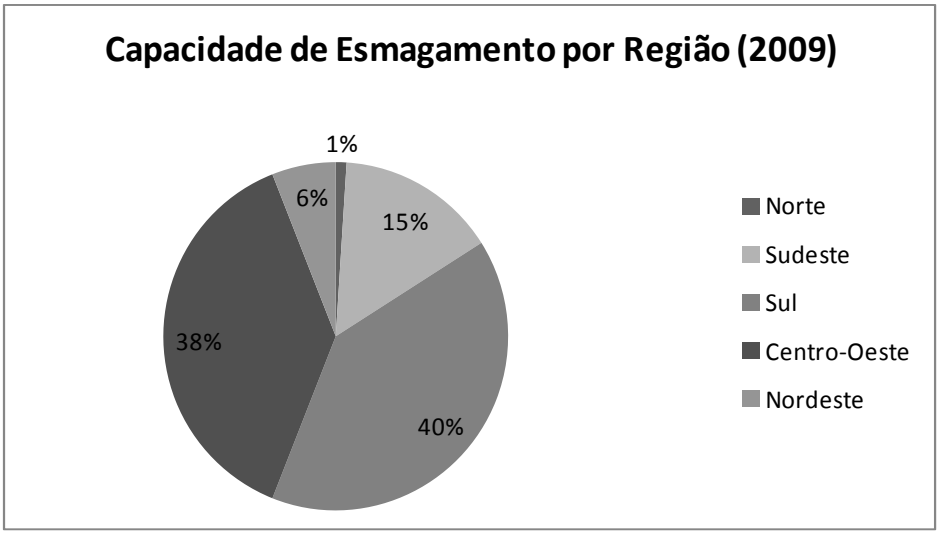
justifica o porquê dessas regiões serem as duas principais regiões produtoras de biodiesel, haja vista que a maior disponibilidade de óleo de soja tem levado as Usinas a se instalarem nessas regiões.

Tabela 5 – Capacidade de esmagamento de soja nas indústrias de óleo no Brasil 2001 a 2009 (ton/dia)

Ano	Capacidade de esmagamento (ton/dia)	Variação (%)
2001	107.950	-
2002	110.560	2,42
2003	115.270	4,26
2004	131.768	14,31
2005	137.098	4,04
2006	143.504	4,67
2007	149.504	4,18
2008	155.449	3,98
2009	165.299	6,34

Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS, 2011

Gráfico 10 – Capacidade de esmagamento por região (2009).



Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS, 2011.

Na safra 2010/11, foram processados quase 30 milhões de toneladas, enquanto que a capacidade de processamento anual do parque brasileiro é de 60 milhões de toneladas,

aproximadamente. Isso significa que há 50% da capacidade podendo ser adicionada na produção demais óleos vegetais.

5.2.2.2 Processos de Extração

Os três processos mais comuns para recuperação de óleos de sementes são a prensa hidráulica por batelada, prensa mecânica contínua (também chamadas de *expeller*) e extração por solventes (NIRANJAN *et al.*, 1996).

Para grãos de soja, uma extração simples com solvente é empregada devido ao baixo conteúdo relativo de óleo. O processo com solvente consiste da extração pelas lavagens em contracorrente sucessivas com hexano do material oleaginoso previamente quebrado, prensado ou em flocos. A torta extraída é, então, levada para uma unidade de recuperação de solvente em vasos fechados pelo uso de jaqueta ou vapor injetado. O hexano é removido do óleo em evaporadores de película crescente e, finalmente, por destilação a vácuo[21] (NIRANJAN et al., 1996).

Em seguida à extração, o óleo cru é submetido a um processo de refino para remover impurezas solúveis e insolúveis em óleo. O processo de refino inclui diversas operações: a etapa de degomagem, que remove fosfatídeos e resinas de goma que, quando hidratadas, tornam-se insolúveis em óleo; ácidos graxos livres, substâncias coloridas e pró-oxidantes metálicos são removidos numa etapa de alcalinização; tratamento de óleo refinado com um absorvente branqueador, que remove mais pigmentos e sabões residuais e melhora o sabor do óleo; e permanecem *off-flavors*, que são removidos com destilação a vapor sob alto vácuo na etapa de desodorização (NIRANJAN *et al.*, 1996).

5.2.2.3 Aspectos Técnicos

Os problemas relacionados à substituição do diesel por triglicerídeos são, normalmente, associados com a alta viscosidade, baixa volatilidade e características poli-insaturadas. Nessa linha, a transesterificação com metanol/etanol tem sido feita para se obter

[21] Ressalvas devem ser feitas ao uso do hexano sobre as suas emissões de compostos orgânicos voláteis (VOCs), pois podem reagir na atmosfera, com outros poluentes para produzir ozônio (NIRANJAN *et al.*, 1996).

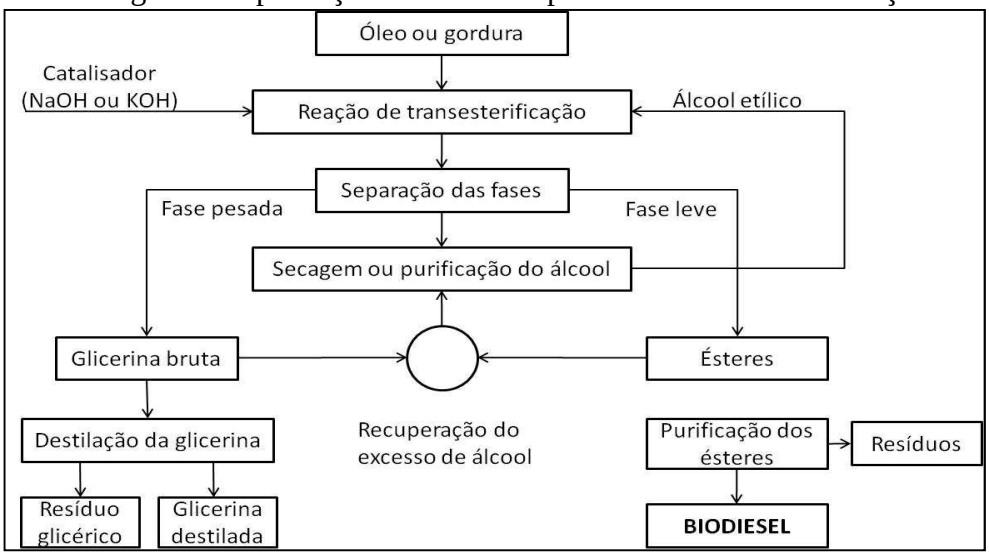
derivados de óleos vegetais, que possuam as propriedades e a performance dos combustíveis diesel baseados em hidrocarbonetos.

A transesterificação é o termo geral usado para descrever uma classe importante de reações orgânicas, onde um éster é transformado em outro por meio da troca de uma função alcóxi e pode ser entendida como o deslocamento do álcool de um éster por outro álcool. É um método para reduzir a alta viscosidade de óleos vegetais, capacitando-os ao seu uso em motores diesel comuns sem problemas operacionais, como a formação de depósitos (MORRISON; BOYD, 1981).

No caso do biodiesel, a transesterificação envolve a retirada da glicerina de ácidos graxos com um catalisador, como hidróxido de sódio ou de potássio e a substituição por um álcool anidro, usualmente metanol. O produto resultante é, então, centrifugado e lavado com água para remoção das impurezas (SINGH *et al.*, 2006).

Os triglicerídeos são normalmente transesterificados em batelada na presença de um catalisador alcalino à pressão atmosférica e na temperatura de aproximadamente 60 a 70ºC com um excesso de metanol. A mistura, no final da reação, é decantada. A camada de glicerina mais baixa é drenada, enquanto que a camada de biodiesel é lavada para remover a glicerina impregnada. O excesso de metanol é recuperado no condensador, enviado para uma coluna de retificação para purificação e reciclado. O fluxograma do processo está representado na Figura 7 (SRIVASTAVA; PRASAD, 2000).

Figura 7 – Fluxograma de produção do biodiesel pela rota da transesterificação.



Fonte: SILVA; FREITAS, 2008.

5.2.2.4 Escolha do álcool

O metanol e o etanol não são miscíveis com triglicerídeos à temperatura ambiente e as misturas de reação são, normalmente, mecanicamente misturadas para que se consiga a transferência de massa. Durante o curso da reação, as emulsões são, normalmente, formadas com uma camada mais baixa rica em glicerol e uma camada mais alta rica em éster metílico. Para a metanólise, essas emulsões são rapidamente quebradas. Na etanólise, essas emulsões são mais estáveis e complicam a separação e a purificação dos ésteres (MEHER *et al*., 2006).

Em consequência das dificuldades técnicas, decorrentes do uso de etanol na transesterificação, os produtores no Brasil têm utilizado preferencialmente a rota metílica. Além disto, o preço do metanol, desde março de 2008, é inferior ao preço do etanol, com a consequente vantagem econômica daquele (BRASIL, 2011).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Química, existem três produtores de metanol no Brasil: a GPC Química, no Rio de Janeiro, a Fosfértil, em Cubatão, e a Copenor, em São Paulo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA, 2011).

Segundo Holanda (2004, p. 87), a política brasileira de preço de Gás Natural, como matéria-prima petroquímica, com preço inferior ao praticado no uso alternativo como combustível, não foi suficiente para viabilizar a implantação de grandes plantas industriais de metanol competitivas internacionalmente. Em consequência, a capacidade instalada do metanol nacional restringe-se a 257 mil t/ ano, constituída pela GPC (RJ), COPENOR (BA) e FOSFÉRTIL (esta de reduzida pureza) – além do metanol recuperado na produção de poliéster (em SP).

Na atual conjuntura, com 95% do álcool utilizado na produção de biodiesel sendo o metanol (na sua maioria, importado da Methanex no Chile), deve-se discutir de que maneira a política energética pode estimular a adoção da rota etílica em detrimento da rota metílica, como forma de reduzir a dependência externa, promover a produção de um combustível 100% verde e valorizar o etanol brasileiro de cana.

5.2.2.5 Requisitos Regulatórios

A planta produtora de biodiesel é definida como a instalação industrial que tem como objetivo principal a produção de Biodiesel. Não há restrição na escolha da rota produtiva, nem

das matérias-primas desde que o biodiesel atenda a especificação contida no Regulamento Técnico, parte integrante da Resolução ANP nº 14/2012.

A Resolução nº 25, de 02 de setembro de 2008, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP trata dos requisitos para regulamentação da atividade de produção de biodiesel, abrangendo a construção, modificação, ampliação de capacidade, operação de planta produtora e comercialização.

Cada etapa é autorizada pela ANP para as usinas com capacidade de produção acima de 30.000 (trinta mil) litros mensais de biodiesel. As Usinas com capacidade de produção de até 30.000 (trinta mil) litros mensais de biodiesel são autorizadas a construir ou modificar e a operar planta de biodiesel desde que a produção seja destinada, exclusivamente, a consumo próprio ou a fins de pesquisa, conforme art. 4º, da Resolução ANP nº 25/2008.

O art. 5º, da Resolução ANP n° 25/2008, estabelece que a autorização é concedida em três etapas:

I - Autorização para Construção de novas unidades, Ampliação de Capacidade ou Modificação de plantas existentes;

II - Autorização para Operação e

III - Autorização para Comercialização.

A autorização para operação é concedida após a vistoria técnica das instalações industriais das usinas pela ANP. O art. 11, da Resolução ANP nº 25/2008 que reza: "A vistoria técnica das instalações industriais das Requerentes interessadas no exercício da atividade de produção de Biodiesel é instrumento prévio a emissão da Autorização para Operação".

O art. 27, da Resolução ANP nº 25/2008, concede ao produtor de biodiesel autorizado o prazo de 90 (noventa) dias para apresentação do certificado da qualidade do produto final (B100) para a obtenção da Autorização para Comercialização. Caso o biodiesel não atenda às especificações da Resolução ANP nº 14/2012, fica caracterizada a impossibilidade de comercialização, do produto produzido, como biodiesel especificado (B100), nos termos do art.19, da Resolução ANP nº 25/2008.

Outra exigência da Resolução ANP nº 25/2008 está na necessidade de tancagem para armazenamento do produto final acabado, compatível com, no mínimo, 5 (cinco) dias de autonomia de produção de biodiesel, tomada como base a capacidade máxima de produção autorizada pela ANP, conforme o Art. 23, da Resolução ANP nº 25/2008.

A tancagem do produto final acabado (B100) deve permanecer segregada, não podendo ser utilizada por produtos intermediários ou mesmo outros insumos utilizados no

processo produtivo. Havendo necessidade de utilização do espaço mínimo exclusivo para armazenamento da produção de biodiesel, a requerente deverá solicitar aprovação da ANP com as devidas justificativas. Em caso de ampliação de capacidade das plantas autorizadas, a empresa deve, obrigatoriamente, atender ao novo volume mínimo exclusivo referido no caput deste artigo.

As Usinas com autorização de produção e comercialização de biodiesel da ANP, registro especial da Secretaria Especial da Receita Federal podem participar do lote 2 (20% do volume) do leilão de biodiesel, e as Usinas que possuem adicionalmente o selo combustível social podem participar também do Lote 1 (80% do volume).

O Quadro 13 resume as principais normas ligadas ao setor. Assim, o produtor de biodiesel deve ter autorização de comercialização e produção, conforme a Resolução ANP nº 25/2008, o registro especial na Secretaria da Receita Federal (SRF), de acordo com a Instrução Normativa RFB nº 1053/2010, produzir o biodiesel segundo a Resolução ANP nº 14/2012. A comercialização deve ser feita nos moldes da Resolução ANP nº 33/2007, que regulamenta os leilões de biodiesel. Caso a Unidade deseje o selo combustível social, precisa atender à Instrução Normativa MDA nº 01/2009. A Resolução ANP nº 2/2008 trata da regulamentação de teores de B100 maiores do que o B5 em frotas cativas e a Resolução ANP nº 18, de novos combustíveis em teste, que excedam o consumo mensal de 10.000 litros.

Quadro 13 – Principais Normas da Indústria do Biodiesel

Órgão	Normas	Objetivo
ANP	Resolução ANP nº 2, de 29.1.2008	Regulamenta a utilização de teores de B100 diversos do autorizado em frotas cativas.
ANP	Resolução ANP nº 18, de 22.6.2007	Regulamenta autorização prévia, caso o consumo mensal exceda 10.000 litros de combustíveis experimentais.
ANP	Resolução ANP nº 33, de 30.10.2007	Regulamenta os leilões de biodiesel.
ANP	Resolução ANP nº 45, de 11.12.2007	Regulamenta o estoque mensal de biodiesel pela REFAP e pela PETROBRAS.
ANP	Resolução ANP nº 14, de 11.5.2012	Regulamenta a especificação do biodiesel.
ANP	Resolução ANP nº 25, de 2.9.2008	Regulamenta as atividades de produção e comercialização do biodiesel.
SRF	Instrução Normativa RFB nº 1.053, de 12 de julho de 2010	Regulamenta o registro especial dos produtores de biodiesel.
MDA	Instrução Normativa MDA nº 01, de 19-02-2009	Regulamenta os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do selo combustível social.

5.2.2.6 Gargalos do Elo Industrial

No elo industrial, os seguintes gargalos têm sido apresentados:

- Problemas na qualidade do biodiesel (RAMOS; WILHELM, 2005; JAIN; SHARMA, 2010; AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2011);
- Utilização da rota metílica ao invés da etílica, pois aumenta o impacto ambiental do uso de biodiesel, conforme a análise de ciclo de vida, tendo em vista que o metanol é de origem fóssil (WEI; MAY; NGAN, 2010; MENDES et al, 2009).

Os segmentos de distribuição e revenda reclamam que, após os aumentos dos teores de biodiesel (B100) ao diesel, chegando-se aos atuais 5% de biodiesel adicionados ao diesel, começaram a surgir reclamações sobre a formação de borra nos tanques de armazenamento, com a necessidade de uma maior troca de filtros nos postos revendedores e de limpeza dos tanques.

Nessa linha, a ANP, tendo em vista a sua atribuição regimental, criou três grupos de trabalho para assegurar a qualidade do biodiesel e de suas misturas ao longo da cadeia produtiva: grupo de trabalho 1 (qualidade na armazenagem), grupo de trabalho 2 (qualidade no transporte) e grupo de trabalho 3 (especificação).

A principal causa apontada para formação de borra (principal problema) seria a água residual do processo e as contaminações decorrentes do transporte e da armazenagem do biodiesel ao longo da cadeia de distribuição. Além disso, foram apontados problemas decorrentes da estratificação do biodiesel na mistura com o óleo diesel de origem fóssil, o que explicaria, segundo os agentes econômicos, os problemas relacionados ao percentual de mistura encontrado no PMQC.

5.2.2.7 Soluções

As soluções apresentadas pelos grupos foram: reduzir o teor máximo da água dos atuais 500 ppm para 300 ppm; elaboração de um guia de boas práticas voluntário para o manuseio, armazenagem e transporte do biodiesel; revisão da ABNT NBR 15512 - Biodiesel - Armazenamento, transporte, abastecimento e controle de qualidade e/ou mistura óleo diesel/biodiesel.

Adicionalmente, a ANP se manifestou sobre a idéia de contratar uma empresa certificadora que assegure/comprove a qualidade do B100, em uma tentativa de se reduzir as resistências a uma maior utilização do B100 face aos problemas de qualidade (LIMA, 2011).

A substituição da rota metílica pela etílica implicaria um combustível 100% renovável, pois o metanol é obtido a partir do gás natural e seria justificada, pois o Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo. Entretanto, ocorrem dois entraves para isso: rendimentos superiores quando se utiliza o metanol e o preço do etanol.

5.2.3 Elo de Distribuição

O elo de distribuição compreende a compra do biodiesel pelas refinarias e a sua revenda às distribuidoras; a retirada do biodiesel das Usinas pelas Distribuidoras; a sua mistura ao diesel nas bases destas e a entrega da mistura nos postos revendedores, chegando ao consumidor final. Os fatores mais importantes para esse elo são: o preço, a logística de distribuição e a disponibilidade do biodiesel.

O PNPB só se desenvolveu devido à sua obrigatoriedade legal de misturar o biodiesel ao diesel, pois o preço do biodiesel sempre foi superior ao do diesel mineral, tornando-o pouco competitivo. A diferença entre o biodiesel e o diesel mineral já chegou a ser maior que um real por litro desde o início do programa (MENDES; DA COSTA, 2010).

A comercialização do biodiesel é feita, por meio dos leilões, realizado pela ANP trimestralmente. O Ministério de Minas e Energia (MME) determina o volume a ser leiloado. A ANP, a partir dessa determinação, divide o volume em lotes por região do País, os lotes em itens, calcula o preço máximo de referência e os fatores logísticos (fatores para equalização de custos logísticos e das características entre as diferentes regiões do País). A partir dessas informações, a ANP realiza o leilão. É um leilão de menor preço, em que a Usina que oferecer o menor preço arremata o item (MENDES; BARROS, D’AVILA, 2010).

Após a homologação do certame pela ANP, a Petrobras e pela Refinaria Alberto Pasqualini – REFAP são obrigadas a comprar os volumes de cada Usina no preço determinado no leilão. Em seguida, as duas refinarias revendem o biodiesel às distribuidoras de combustíveis em um leilão realizado por instrumento próprio, conhecido como Leilão de Revenda ou Re-Leilão (MENDES; BARROS, D’AVILA, 2010).

Neste re-leilão, a ANP informa o volume que cada distribuidora poderá adquirir para atender a seu mercado, por base de distribuição primária e secundária. Com a demanda total, a

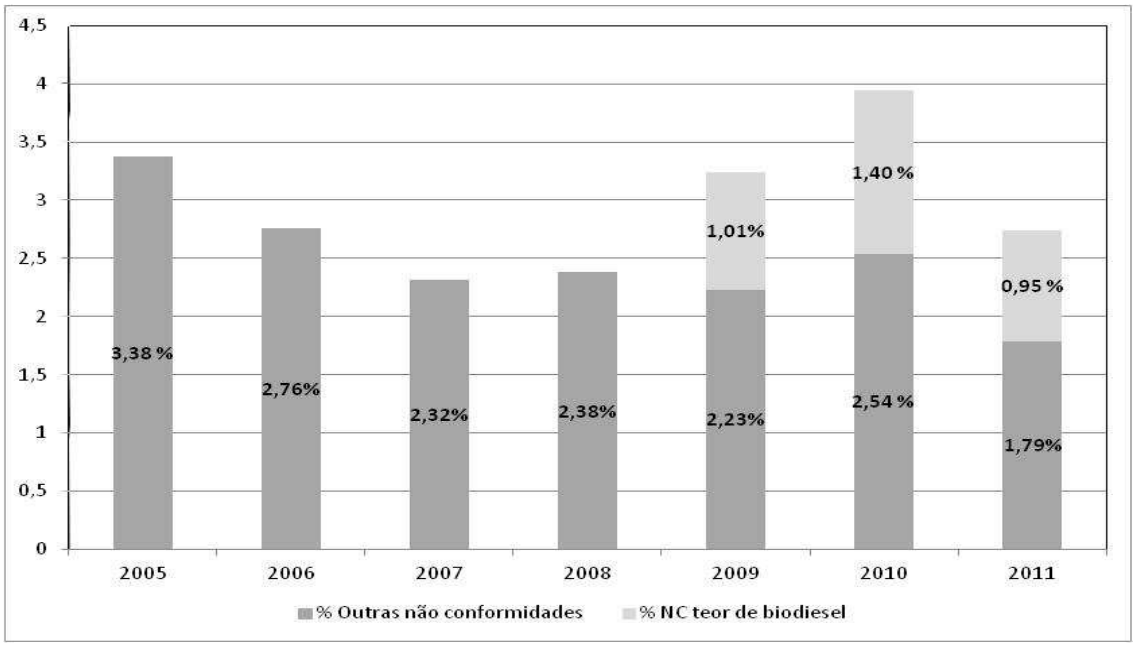
Petrobras e a REFAP dividem o território nacional em setores para otimizar a logística de suprimento, com o objetivo de associar a demanda local ao volume ofertado pelas usinas da região. Este procedimento, além de garantir o suprimento nacional de biodiesel, serve como ferramenta de controle para que a ANP tenha condição de fiscalizar o cumprimento da mistura obrigatória de biodiesel no diesel mineral (MENDES; BARROS, D'AVILA, 2010).

5.2.3.1 Qualidade do Biodiesel

A ANP realiza o monitoramento do óleo diesel B (óleo diesel A, óleo diesel de origem fóssil, com 5% de biodiesel). Nessa linha, coordena o Programa Nacional do Monitoramento da Qualidade de Combustíveis (PMQC) para atender ao disposto no artigo 8º da Lei 9.478/1997, regulamentado pela Resolução ANP n° 29/2006, que analisa as amostras de óleo diesel B, por meio do laboratório da própria ANP (localizado em Brasília), Universidades e Institutos de Pesquisa contratados.

Os resultados para o Brasil indicam um aumento da não conformidade para o óleo diesel depois da introdução do biodiesel na matriz energética (em 2007 era de 2,32% e foi para 3,94% em 2010). Isto pode ser explicado pela introdução de um novo parâmetro de análise que é o teor de biodiesel no diesel, que não configura um problema de qualidade do biodiesel. Caso sejam considerados apenas os parâmetros que já eram medidos no óleo diesel, houve um aumento de 0,22% (Gráfico 11).

Gráfico 11 – Não conformidades do óleo diesel B até setembro de 2011.



Fonte: Adaptado de BRASIL, 2011.

5.2.3.2 Gargalos do Elo de Distribuição

O elo de distribuição apresenta três gargalos:

- Entraves logísticos à distribuição do biodiesel (GRANDA; ZHU; HOLTZAPPLE, 2007; MARCONDES, 2010; MARTINS, 2007);
- Alto custo do biodiesel frente ao diesel de petróleo (DEMIRBAS, 2009; TAO; DAI; JIANG, 2009; DEMIRBAS, 2010);
- Falta de uma metodologia analítica simples para detectar o correto percentual de mistura de biodiesel no diesel (GUARIEIRO *et al*, 2008).

A logística do biodiesel tem sido problemática, pois o modal utilizado tem sido o rodoviário e faltam dutos, ferrovias e hidrovias para escoamento da produção. Segundo estudo do SINDICOM, o tempo médio de coleta do biodiesel em 2010 pelas distribuidoras nas usinas de biodiesel é de 5,5 dias com a distância média percorrida de 1.304 km. No caso do diesel fóssil, o produto é bombeado por duto diretamente da refinaria para as bases primárias das distribuidoras (MARCONDES, 2010).

5.2.3.3 Soluções

Com relação aos entraves logísticos, deve-se buscar reduzir a concentração da produção de biodiesel, basicamente nas Regiões Sul e Centro-Oeste, promovendo-se o desenvolvimento de outras regiões. Além disso, sugere-se a construção de dutos e de corredores de escoamento do biodiesel.

No que se refere à competitividade econômica com o diesel, a maior parte dos autores tem apontado a necessidade de se investir em biorrefinarias, que também produzem produtos químicos, como forma de se reduzir os custos do biodiesel. Outra corrente defende a agregação de valor ao glicerol e derivados, como forma de se reduzirem os custos (LUO et al, 2011; KUMAR et al, 2010; DEMIRBAS, 2010; CHERUBINI, 2010; CALVINO-CASILDA; GUERRERO-PEREZ; BANARES, 2010; SEAY; EDEN, 2009).

Quanto ao gargalo referente à ausência de uma metodologia analítica simples para detecção do teor de biodiesel no diesel, como a que existe para determinar o teor de álcool na gasolina C ("teste da proveta"), resultados preliminares sobre método de análise semiquantitativa de biodiesel em diesel, aplicável em campo, parecem promissores (SANTOS et al, 2012).

5.3 CONCLUSÃO

O objetivo do capítulo foi atingido com a metodologia aplicada, sendo possível determinar os gargalos relacionados à cadeia produtiva do biodiesel no Brasil, para subsidiar a elaboração de políticas públicas no País, visando à sustentabilidade do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Para tanto, a partir da revisão bibliográfica, foram mapeados os seguintes gargalos em cada elo da cadeia produtiva:

- Elo agrícola: disponibilidade de terra; participação da agricultura familiar na cadeia produtiva.
- Elo industrial: problemas na qualidade do biodiesel; utilização da rota metílica ao invés da etílica.
- Elo de distribuição: entraves logísticos à distribuição do biodiesel; alto custo do biodiesel frente ao diesel de petróleo; falta de uma metodologia analítica simples para detectar o correto percentual de mistura de biodiesel no diesel.

6 ESCOLHA DO MÉTODO PARA PRIORIZAÇÃO DOS FATORES DETERMINANTES PARA SUSTENTABILIDADE DO PNPB

6.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o conceito de tomada de decisão, os métodos de tomada de decisão aplicados à cadeia produtiva de energia, que inclui a cadeia produtiva do biodiesel. Em seguida, apresenta-se a escolha do método, levando-se em consideração que nos capítulos anteriores foram determinados os fatores determinantes a partir da revisão de artigos científicos, de dados de mercado, das legislações e das iniciativas voluntárias de sustentabilidade.

Com o método definido, a condição de sustentabilidade do PNPB é estruturada e é, conforme o método escolhido, construída uma matriz de comparações a ser submetida aos atores que de alguma forma atuam na cadeia produtiva do biodiesel.

6.2 TOMADA DE DECISÃO

O método de tomada de decisão[22] pode ser entendido como um processo complexo e difícil, devido à existência de diferentes componentes para solução específica de um problema, como recursos tecnológicos, materiais e de desenvolvimento humano (ALBERTYN, 2010).

Para Godinho (2007, p. 54),

> (...) o processo de apoio à decisão é um sistema aberto de que são componentes os atores e seus valores, e as ações e suas características. A atividade de apoio à decisão pode então ser vista como um processo de interação com uma situação problemática "mal estruturada", onde os elementos e suas relações emergem de forma mais ou menos caótica.

Para entender o processo de tomada de decisão, é necessário apresentar algumas definições de termos gerais:

[22] Etimologicamente, decisão significa parar de cortar ou deixar fluir. Uma decisão precisa ser tomada sempre que se esteja diante de um problema com mais de uma opção para solução. Mesmo que haja uma única ação a tomar para solucionar um problema, existe a possibilidade de tomar ou não esta ação e, portanto, concentrar-se no problema certo possibilitará direcionar corretamente todo o processo (COITINHO, 2007).

- Tomada de decisão: a) processo de decidir o que é importante pela realização de escolhas entre alternativas diferentes e, então, alcançar uma conclusão específica (ALBERTYN, 2010);

  b) processo cognitivo de seleção de um resultado ou uma ação dentre uma lista de alternativas possíveis. O resultado é uma resposta a um estímulo. Por essa razão, pode ser explicada como um processo racional para tratar problemas atuais baseados em todos os dados sensoriais e a memória presente do sistema (BELDEK, 2009);

- Decisão: ato ou efeito de decidir(-se); resolução, determinação, deliberação (FERREIRA, 2002);
- Métodos de tomada de decisão: conjunto de procedimentos ou métodos de análise que visam assegurar a coerência, a eficácia e a eficiência das decisões tomadas em função das informações disponíveis, antevendo os possíveis cenários (COITINHO, 2007).

Para a tomada de decisão, fazem-se necessários subsídios, sendo difícil definir quais aspectos diferentes devem ser levados em consideração. Nessa linha, se o método de tomada de decisão usado é organizado, e a tomada de decisão feita de forma sistemática, há probabilidade maior de se tomarem boas decisões. As decisões ruins estão relacionadas a dados insuficientes e à sua análise insuficiente. Existe uma faixa ampla de variáveis que pode influenciar a decisão. Se um processo de tomada de decisão bem definido é seguido, são identificadas boas alternativas; as avaliações são bem feitas, então, pode-se obter resultado de qualidade (SAATY, 1990).

Os benefícios dos métodos de apoio à decisão proporcionam meios estruturados para a análise e avaliação de problemas complexos; mecanismos para a organização de problemas com uma estrutura facilitadora de identificação de alternativas de ação; organização de valores e objetivos fundamentais relacionados à decisão (COITINHO, 2007).

Os problemas de tomada de decisão podem ser classificados na resolução de três tipos de problemas: estruturados, semiestruturados e não estruturados (MURAKAMI, 2003; PINHO, 2006).

Os problemas estruturados são aqueles cuja solução pode ser alcançada por intermédio de processos lógicos e bem definidos. Os semiestruturados usam determinados procedimentos matemáticos nas partes estruturadas do problema analisado. Os não estruturados são aqueles para os quais não existem processos lógicos e bem definidos para resolução (COITINHO, 2007).

Quanto ao tipo, uma decisão pode se basear em:

1) Escolha: eleger uma alternativa dentre um conjunto de alternativas viáveis;
2) Classificação: classificar um conjunto de alternativas em subconjuntos;
3) Ordenação: ordenar as alternativas conforme um determinado critério;
4) Priorização: estabelecer uma ordem de prioridade para os elementos de um conjunto de alternativas (PINHO, 2006).

Quanto ao número de critérios, a decisão pode ser monocritério (considera um único critério de decisão) e multicritério (conjunto de critérios de decisão simultaneamente).

6.3 MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO PARA SUSTENTABILIDADE DO PNPB

Revisando a literatura em cadeias produtivas de energia, incluída a cadeia produtiva do biodiesel, são mais utilizados os métodos de priorização de decisão. Os quatro principais métodos de tomada de decisão usados para cadeia produtiva de energia são programação linear, programação não linear, programação dinâmica e análise de decisão multicritério (THERY; ZARATE, 2009).

A escolha de cada um desses métodos deve levar em consideração os seguintes parâmetros:

- Horizonte: curto, médio e longo;
- Período: dia, semana, mês, ano, década;
- Tipo de ação possível: medidas de emergência, gerenciamento, desenvolvimento de infraestruturas e promoção/restrição das tecnologias dadas;
- Proposta: modelar um sistema existente, modelar um sistema que poderia ser modificado e modelagem de um sistema que poderia ser modificado e projeção de integração sobre as tecnologias futuras;
- Critérios: custo, meio ambiente, maturidade tecnológica[23], aceitação social, segurança, entre outros (THERY; ZARATE, 2009).

Os próximos subitens explicam cada método.

[23] A maturidade tecnológica para cadeia produtiva do biodiesel se relaciona a dois fatores: produção de matérias-primas e tecnologia de conversão. A maturidade é atingida para produção de matérias-primas quando a terra é altamente produtiva, reduzindo, por consequência, a quantidade de terra requerida. A tecnologia de conversão é avaliada pelo rendimento do combustível por terra requerida. Grandes rendimentos indicam a maturidade tecnológica da conversão (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2012).

6.3.1 Programação Linear

A programação linear é um ramo da pesquisa operacional que otimiza diversas variáveis, segundo uma função linear de efetividade, considerando um conjunto de restrições lineares para essas variáveis (PRADO, 1999).

A programação linear pode ser usada para modelar um sistema existente ou um sistema que pode ser modificado. O uso dessa ferramenta é indicado para problemas de curto prazo (1 ano) ou de médio prazo (1 a 15 anos). Os critérios normalmente usados, nessa modelagem, incluem custo e meio ambiente, não sendo consideradas a maturidade tecnológica, a aceitação social e a segurança (THERY; ZARATE, 2009).

6.3.2 Programação Não Linear

A programação não linear tem por finalidade resolver problemas que envolvem funções constituídas de variáveis que compartilham relações desproporcionais entre si (não linearidade) (MINEIRO, 2007).

A programação não linear pode ser usada para modelar um sistema existente. O uso dessa ferramenta é indicado para problemas de curto prazo (1 ano). Os critérios normalmente usados nessa modelagem incluem custo (sempre) e meio ambiente (raramente), não sendo consideradas a maturidade tecnológica, a aceitação social e a segurança (THERY; ZARATE, 2009).

6.3.3 Programação Dinâmica

A programação dinâmica é uma técnica de otimização, quando, em um problema, nem todas as variáveis envolvidas estão inter-relacionadas simultaneamente (SANTOS, 2008).

A programação dinâmica pode ser usada para modelar um sistema existente que pode ser modificado. O uso dessa ferramenta é indicado para problemas de médio prazo (1 a 15 anos). Os critérios normalmente usados, nessa modelagem, incluem custo (sempre) e meio ambiente (raramente), não sendo consideradas a maturidade tecnológica, a aceitação social e a segurança (THERY; ZARATE, 2009).

6.3.4 Análise Multicritério

O método de análise multicritério[24] é **um método de análise** frente a um problema complexo com critérios subjetivos e conflitos múltiplos (Ex.: seleção de localização ou investimento, ranqueamento de projetos etc). Os diversos métodos de análise multicritério são baseados em quatro etapas: modelagem do problema, valoração dos pesos, agregação dos pesos e análise sensitiva (ISHIZAKA; LABIB, 2011).

A análise de decisão multicritério pode ser usada para modelar um sistema existente que pode ser modificado, sendo indicada para problemas de médio (1 a 15 anos) e longo prazos (mais de 15 anos). Os critérios normalmente usados, nessa modelagem, incluem custos (sempre) e meio ambiente (sempre) e podem ser consideradas a maturidade tecnológica, a aceitação social e a segurança (THERY; ZARATE, 2009).

Cumpre ressaltar que a análise de decisão multicritério possui os seguintes métodos de ponderação dos critérios para determinação de pesos dos critérios e limites de discriminação, conforme Godinho (2007, p. 58 e 59):

> Muitos métodos multicriteriais vem sendo utilizados no auxílio à tomada de decisão, dentre os quais, os mais citados são: TOPISIS (*Technique Order Preference by Similarity to Ideal Solution*); AHP (*Analytic Hierarchy Process*); ELECTRE (*Elimination et Choix Traduissant la Realité*); MAC (Método de Análise de Concordância); PROMETHEE (*Preference Ranking Organizational Method*); TODIM (Tomada de Decisão Interativa e Multicritério).

Dentre os métodos de ponderação dos critérios, o método de análise hierárquica tem sido o método mais largamente usado dentre as ferramentas de tomada de decisão cujas aplicações incluem planejamento, priorização, alocações de recursos, resolução de conflitos e otimização (VAIDYA; KUMAR, 2006).

Nessa linha, Coitinho (2007, p. 30) explica:

> O processo de análise do AHP permite estruturar hierarquicamente qualquer problema complexo, com múltiplos critérios e múltiplos decisores. Trata-se de um processo flexível, que usa a lógica e ao mesmo tempo a intuição. O ingrediente principal que tem levado as aplicações com o AHP a terem sucesso, é a capacidade de incluir e medir fatores importantes, qualitativos ou quantitativos sejam eles, tangíveis ou intangíveis, além da facilidade de uso. Na aplicação consideram-se as diferenças e os conflitos de opiniões. O problema da decisão em escolher a alternativa que melhor satisfaz o conjunto total dos objetivos. Além disso, torna-se necessário determinar a força com a qual os vários elementos de um certo nível influenciam os elementos do nível mais alto seguinte, para que se possam computar as forças relativas dos impactos dos elementos sobre o nível mais baixo e sobre os objetivos gerais.

---

[24] O uso de múltiplos critérios não é uma simples generalização das abordagens tradicionais, mas constitui-se em um novo paradigma para analisar contextos decisórios e auxiliar à tomada de decisão (GODINHO, 2007).

6.4 ESCOLHA DO MÉTODO A SER APLICADO AO PNPB

Após a análise dos métodos, concluiu-se que o método mais adequado à proposta desta tese é o de análise multicritério pelas seguintes razões: a tese trata da cadeia produtiva do biodiesel e se propõe a analisá-la sob a ótica da sustentabilidade; o estudo proposto tem como objetivo valorizar a participação dos atores na cadeia produtiva; o horizonte das mudanças necessárias na cadeia produtiva de biodiesel é de 1 a 15 anos (médio prazo); existem estudos que estão de acordo com a ideia de que, para a resolução dos problemas de sustentabilidade, deve-se utilizar o método de análise multicritério.

Adicionalmente, estes métodos multicritérios são recomendados para apoiar e conduzir grupos de decisores na avaliação e escolha da alternativa com a solução em relação ao conjunto de decisões factíveis e não factíveis para dado problema (COITINHO, 2007).

Conforme revisado nos capítulos anteriores, existem muitos fatores determinantes para a sustentabilidade do PNPB, incluindo tangíveis ou intangíveis e muitos atores com diferentes interesses e conflitos de opiniões, razão pela qual se justifica a escolha do método de análise hierárquica.

Segundo Sipahi e Timor (2010, p. 775), o uso do método de análise hierárquica tem aumentado significativamente (de 27 artigos em 2005 a 58 artigos em 2009), sendo a metodologia útil para incorporar os julgamentos de forma que as questões estejam articuladas, avaliadas e priorizadas (MURAKAMI, 2003).

Os componentes de um sistema bioenergético, incluído o PNPB, incluem produção de matéria-prima, tecnologia de conversão e alocação da energia. Esses processos estão inseridos em um contexto social, econômico e ambiental. Os diferentes atores, com perspectivas diversas, participam da produção de biodiesel, incluindo os produtores de biomassa, engenheiros das usinas, pesquisadores, reguladores e comunidades locais. As diferentes perspectivas desses atores criam barreiras que tornam a comunicação difícil. Consequentemente, os atores apresentam valores divergentes de como tomar decisões sobre a melhor solução dos problemas que são identificados. A informação usada em tomada de decisão em volta desses sistemas é normalmente subjetiva. Nessa linha, para promover uma cadeia produtiva do biodiesel sustentável, é necessário promover projetos sustentáveis (BUCHHOLZ *et al*, 2009).

As decisões sobre os componentes variados dos sistemas bioenergéticos são, em geral, feitas por especialistas objetivos, com foco em uma solução ótima e aplicação da análise

custo-benefício, enquanto se negligenciam o planejamento holístico e o suporte dos atores (BUCHHOLZ *et al*, 2009).

Na mesma linha, Linkov *et al* (2009, p. 5199) defendem que a comunidade científica tem operado longamente, sem um processo transparente e definido para integração de fontes de informação conflituosas, sem chegar a uma conclusão sobre questão ou fenômeno específico. Enquanto esses elementos comuns trazem contribuições importantes para todo o processo de decisão, eles não representam uma abordagem estruturada e compreensiva para informação integrada. Assim, o processo de sintetizar informação heterogênea e formar conclusões requer exercício de julgamento na visão de problemas complexos.

Jeon (2007, p. 80) preconiza que o estado da arte atual da medida da sustentabilidade é feito por meio dos sistemas de indicadores de performance para capturar temas relevantes e as dimensões da sustentabilidade. A natureza multidimensional da sustentabilidade indica que os métodos multicritérios ou multiobjetivos seriam mais apropriados para avaliações de sustentabilidade que métodos de critérios simples.

No caso de cadeias produtivas, Woolley (2010, p.7) defende que, para lhes promover a sustentabilidade, se utilize o método de decisão multicritério, pois os grupos multifuncionais (organizações e atores) possuem um papel nas decisões das organizações e do meio ambiente natural. Os demais métodos não seriam capazes de captar, de forma adequada, o comportamento humano.

Nessa linha, foram feitas buscas no campo tópicos na base de dados do *Web of Science*, em 30 de outubro de 2011, disponível no Portal Capes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) com as seguintes palavras-chave: a) Biodiesel AND *linear programming*; b) Biodiesel AND *non linear programming*; c) Biodiesel AND *dynamic programming*; d) Biodiesel AND *multicriteria decision making*.

No que se refere à programação linear, foram encontrados três artigos:

a) Oliveira e Antunes (2011, p. 2856) utilizaram um modelo multiobjetivo de programação linear para realizar uma análise prospectiva das mudanças na estrutura econômica e nos sistemas energéticos, em Portugal, considerando os correspondentes impactos ambientais, promovendo subsídios para a formulação de políticas públicas. As recomendações do estudo possuem uma incerteza decorrente dos dados usados para a construção do modelo. O modelo de estímulo e resposta, adotado no estudo de Oliveira e Antunes (2011, p. 2864), apresenta forte antagonismo entre o crescimento econômico e bem-estar social de um lado e os impactos ambientais de outro. Todos os cenários obtidos indicam que, para Portugal atender ao Protocolo de Kyoto, é necessário reduzir a intensidade energética da economia.

b) Haslenda e Jamaludin (2011, p. 713) construíram um modelo, utilizando a programação linear, para otimização da produção e revenda dos subprodutos gerados durante os processos de refinamento do óleo de palma cru com o intuito de aumentar a rentabilidade da refinaria. Os fatores cruciais determinados pelo estudo são:

(1) Valor de revenda dos subprodutos;

(2) Custo de armazenagem;

(3) Custo de entrega.

c) Lim e Kuby (2010, p. 51), em seu artigo *Heuristic algorithms for siting alternative-fuel stations using the Flow-Refueling Location Model*, apresentam as seguintes limitações para o uso da programação linear:

- É efetiva apenas para redes menores e não propõe soluções de problemas reais;
- Necessita de um submodelo que gere todas as combinações possíveis para o problema estudado;
- Um grande número de critérios torna pouco prático gerar e resolver problemas com métodos de programação linear.

Para a programação não linear, foram encontrados dois artigos:

a) Panichelli e Gnansounou (2008, p. 1017) desenvolveram o modelo de programação não linear para testar os efeitos das diferentes estratégias de produção de biocombustíveis das emissões dos gases causadores de efeito estufa. O modelo permite: 1) Encontrar a melhor combinação da produção de biocombustíveis e matérias-primas para minimizar as emissões de gases causadores de efeito estufa no País; 2) Avaliar os impactos de uma dada estratégia de redução das emissões dos gases causadores do efeito estufa como foco na mudança indireta do uso da terra; 3) Subsidiar a elaboração de políticas e estratégias da produção de biocombustíveis; 4) Auxiliar a negociação dos processos entre as estratégias ótimas para cada País, determinando a solução global.

b) Kralj (2008, p. 1972) utilizou a programação não linear para promover a integração de processos de produção de biodiesel com a redução da energia usada e emissões. O método inclui correntes de diferentes processos que são aquecidas ou resfriadas somente por uma utilidade. Assim, essas utilidades podem ser integradas com a redução das unidades de aquecimento e resfriamento pela integração de processos simulados de produção de biodiesel.

Riley *et al* (2010, p. 609) aplicaram a programação dinâmica para modelar e analisar a reação química do sistema de produção do biodiesel, usando sistemas híbridos estocásticos para capturar os sistemas químicos. Esse modelo foi considerado ideal por incorporar a

dinâmica probabilística em sistemas híbridos, o que possibilitou capturar a natureza estocástica inerente dos sistemas bioquímicos.

Para análise multicritério, dois artigos foram encontrados:

a) Dinh; Guo e Mannan (2009, p. 38) fizeram uma avaliação quantitativa de cinco matérias-primas diferentes para produção de biodiesel: pinhão-manso, algas, óleo de palma, colza e soja, usando um método sistemático baseado no processo de análise hierárquica. Os seguintes parâmetros foram considerados: ambiental, econômico, segurança, performances da matéria-prima e do combustível. As algas foram a melhor matéria-prima apontada.

b) La Rovere *et al* (2010, p. 422) usaram a análise multicritério para avaliar as alternativas para expansão do setor elétrico: pequenas centrais hidrelétricas, energia eólica, bagaço de cana, biodiesel, resíduos sólidos urbanos, gás natural e energia nuclear. A ferramenta foi capaz de internalizar aspectos econômicos, ambientais e tecnológicos no processo de tomada de decisão.

A partir da análise da revisão da literatura, pode-se constatar que não foram encontrados artigos que tenham combinado a análise multicritério à cadeia produtiva do biodiesel com foco na sustentabilidade, o que demonstra a novidade da aplicação deste método ao PNPB.

O próximo subitem explica com maiores detalhes o método escolhido e o respectivo método de ponderação de critérios, que será usado para priorizar os elos, fatores e alternativas relacionados à sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

6.4.1 Detalhamento do Método Multicritério: Análise Hierárquica

O método de análise hierárquica, que é um método de ponderação de critérios do método de análise multicritério, foi desenvolvido na década de 70 do século passado, nos Estados Unidos, por Thomas L. Saaty. A ideia[25] básica foi a criação de um procedimento de decomposição do problema de decisão por hierarquias, seguido da síntese pela identificação de relações por meio da escolha consciente (SAATY, 1990).

A análise multicritério, incluído o método de análise hierárquica, é desenvolvida nas seguintes etapas (GODINHO, 2007):

[25] A ideia que originou o método reflete a forma pela qual a mente humana usualmente reage a um problema complexo. Diante de um grande número de elementos a serem considerados, ela tende a dividi-los em grupos, segundo propriedades comuns, para hierarquizá-los, decompondo a complexidade encontrada, descobrir relações entre eles e tornar a sintetizá-los (COITINHO, 2007).

1ª etapa – Formulação do problema (O que se quer decidir?);

2ª etapa – Determinação de um conjunto de ações potenciais (Quais as alternativas para o problema colocado?);

3ª etapa – Elaboração de uma família coerente de critérios (Quais os critérios e os subcritérios correspondentes?);

4ª etapa – Avaliação dos critérios (Quais critérios e subcritérios devem ser priorizados?);

5ª etapa – Determinação de pesos dos critérios e limites de discriminação (Qual método de ponderação de critérios vai se utilizar? Pode ser análise hierárquica, notação, distribuição de pesos, entre outros);

6ª etapa – Agregação dos critérios (Como realizar-se-ão as ponderações e os valores relativos de cada ação?).

Dessa forma, a metodologia de análise hierárquica consiste em hierarquizar as alternativas, obtidas pela submissão das preferências pessoais dos decisores, por intermédio da análise individual de cada decisor (CRUZ, 2007).

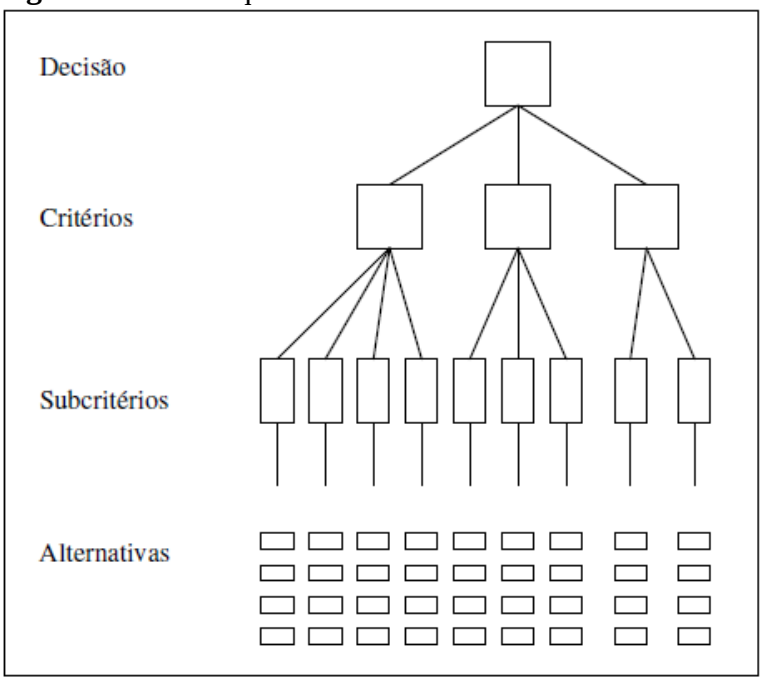
A seguir, apresentam-se algumas definições para compreensão do referido método (COITINHO, 2007):

- Decisores – indivíduos que fazem escolhas;
- Modelo – conjunto de regras e operações matemáticas para transformar as escolhas em um resultado quantitativo;
- Alternativas – ações globais que podem ser avaliadas isoladamente;
- Critérios – ferramentas para auxiliar a comparação das ações em relação aos pontos de vistas particulares;
- Elementos de decisão – critérios, alternativas e subcritérios de uma estrutura hierárquica.

A hierarquia tem pelo menos três níveis:

- Superior – onde está localizado o objetivo principal do processo decisório;
- Intermediário – contém os múltiplos que avaliarão as alternativas propostas;
- Inferior – composto por essas alternativas (Figura 8).

Figura 8 – Hierarquia da decisão.



Fonte: MURAKAMI, 2003.

Segundo Pinho (2006, p. 47 e 48),

> (...) algumas vantagens da estrutura hierárquica:
> - A representação hierárquica de um problema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam a prioridade dos níveis mais baixos.
> - É estável e flexível. Estável porque pequenas modificações têm efeitos pequenos; e flexíveis porque adições a uma hierarquia bem estruturada, em geral, não perturbam o desempenho global.
> - Sistemas naturais montados hierarquicamente, através de construção modular e montagem final de módulos, desenvolve-se muito mais eficientemente do que aqueles montados de um modo geral.

Desse modo, para tomar uma decisão, em processo em meio organizado, para gerar prioridades, segundo o método de análise hierárquica, decompõe-se a decisão nos seguintes passos:

1) Definição do problema[26] e determinação do tipo de conhecimento necessário;

2) Estruturação da decisão hierarquicamente do topo para os objetivos da decisão, ou seja, estruturar os objetivos de uma perspectiva ampla, por meio dos níveis intermediários (critérios com os elementos subsequentes dependentes) até o nível mais baixo (que, usualmente, é um conjunto de alternativas);

[26] Para Coitinho (2007, p. 31), "desenha-se um modelo formal representando o objeto de decisão ou o problema que se deseja solucionar".

3) Construção de um conjunto de matrizes de comparações pareadas. Cada elemento em nível mais alto é usado para comparar os elementos em nível imediatamente abaixo com respeito a esse;

4) Uso das prioridades obtidas das comparações para ponderar as prioridades nos níveis imediatamente abaixo para todos os elementos. Então, para cada elemento em nível abaixo adicionam-se os valores ponderados e obtém-se a prioridade global. Continua-se esse processo de ponderação e de adição até as prioridades finais das alternativas no nível mais baixo serem obtidas (SAATY, 2008).

Após essa etapa, há a realização do julgamento, feita par a par de cada elemento de um nível hierárquico, reportando-se à seguinte pergunta: qual elemento satisfaz mais e o quanto mais? Assim, é criada uma matriz quadrada de comparações paritárias que representa as prioridades entre os elementos comparados entre si (PINHO, 2006).

Para fazer comparações, é necessária uma escala de número que indica quantas vezes é mais importante ou dominante um elemento em relação ao outro com respeito ao critério ou propriedade, em relação ao que eles foram comparados. O Quadro 14 exibe a escala adaptada por Saaty (2008, p. 86).

Quadro 14– Escala adaptada dos números absolutos.

Intensidade de importância	**Definição**	**Explicação**
1	Igual ou quase igual importância	Duas atividades contribuem igualmente ou praticamente igualmente para o objetivo.
5	Moderadamente mais importante	Experiência ou julgamento favorável a uma atividade em relação à outra.
9	Extremamente mais importante	A evidência favorece uma atividade sobre a outra, sendo a possibilidade mais alta de se afirmar.

Fonte: Adaptado de SAATY, 2008.

As prioridades são obtidas pela soma de cada linha na matriz e sua divisão pela soma total de todas as linhas. Procede-se a uma normalização dos pesos por coluna, isto é, divide-se o peso de cada elemento da matriz em uma determinada coluna pelo total de pesos naquela coluna. O grau de importância normalizado p_{ij} é dado por:

$$p_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^{n} a_{kj}}, j = 1, \ldots\ldots, n, \quad i = 1, \ldots\ldots n$$

Para obter as prioridades dos critérios e de seus subcritérios, deve-se multiplicar cada *ranking* de prioridade pelo seu critério ou subcritério e adicionar os resultados ponderados

para cada alternativa, que é a prioridade final. O grau de importância médio normalizado (vetor prioridade) é uma medida de importância dos critérios e terá a seguinte forma:

$$\overline{p}_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} p_{ij} \quad j=1,\ldots\ldots\ldots,n$$

Finalmente, torna-se necessário agregar os julgamentos individuais para um julgamento representativo simples, ou seja, combinar os julgamentos de indivíduos diversos para obter um julgamento simples do grupo. Para Saaty (2008, p.95), a média geométrica, não a média aritmética, frequentemente usada, é o único meio de se obter essa agregação. Se os indivíduos possuem prioridades diferentes de importância, os julgamentos deles são elevados à potência de suas prioridades e, então, a média geométrica é formada.

Em seguida, é calculada a medida de consistência do julgamento para se verificar a proporcionalidade das preferências, o que permite retornar aos julgamentos e modificá-los a fim de melhorar a consistência geral (PINHO, 2006).

Para a realização da medida de consistência, deve-se realizar um teste de consistência da matriz. Saaty (1977, p. 235) tem proposto um índice de consistência (IC), que está relacionado ao método do autovalor:

$$IC = \frac{\lambda\, max - n}{n-1}$$

onde n é a dimensão da matriz; λ_{max} é o máximo do autovalor.

A razão de consistência consiste na divisão do índice de consistência (IC) pelo índice randômico (IR) e é dada por:

$$CR = \frac{IC}{IR}$$

onde *IR* é o índice randômico. Caso o CR seja menor do que 10%, pode-se considerar que existe uma consistência aceitável. A tabela 6 resume os índices randômicos calculados por Saaty (ISHIZAKA; LABIB, 2011).

Tabela 6 – Índices randômicos de Saaty (1977)

n	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: ISHIZAKA; LABIB (2011).

A questão da consistência na tomada de decisão tem sido criticada por Herbert Simon quando apresentou sua teoria de racionalidade limitada. Para ele, o processamento de

informações pelas pessoas é limitado e, geralmente, busca-se uma aproximação satisfatória dos resultados. Simon defende que uma alternativa só é ótima se existir um conjunto de critérios que permite que todas as alternativas sejam comparadas e a alternativa for escolhida segundo esses critérios, o que reforça a importância do método de análise hierárquica (BALESTRIN, 2012).

6.5 ESTRUTURAÇÃO DA CONDIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DO PNPB

A produção sustentável do biodiesel é complexa e multidimensional e envolve aspectos materiais, sociais e econômicos (depende de governo, ONGs, instituições de pesquisa, empresas). A revisão da literatura busca analisar fatores de mercado, da literatura científica, das legislações e das iniciativas voluntárias.

Para pesquisa junto aos atores envolvidos na produção de biodiesel, combinam-se três estratégias. A primeira, a partir da cadeia produtiva do biodiesel, sendo os fatores determinados elo por elo (capítulo 5). A segunda, a partir da análise das publicações que relacionam biodiesel a sustentabilidade, determinando-se as tendências (capítulo 4). A terceira, a partir dos critérios de sustentabilidade para produção de biodiesel, existentes na legislação e nas iniciativas voluntárias de sustentabilidade (capítulo 3).

6.5.1 Estruturação da Condição de Referência

A condição de referência consiste em se determinarem os fatores necessários para atender ao objetivo da sustentabilidade na cadeia produtiva. A noção de um objetivo definido é talvez a mais comum. Isto permite aos tomadores de decisão julgar o *gap* ou distância entre o que é e o que deveria ser (GILBERT, 1996).

Para se determinar a condição de referência, inicialmente, deve-se revisitar os capítulos da revisão da literatura, em particular o capítulo 3 (legislação e iniciativas voluntárias de sustentabilidade), capítulo 4 (publicações científicas relacionadas à biodiesel e sustentabilidade) e capítulo 5 (gargalos da cadeia produtiva determinados por elo).

No capítulo 3 foram obtidos 20 critérios (fatores), que estão reapresentados no Quadro 15, organizados por elo da cadeia produtiva.

Quadro 15 – Critérios de sustentabilidade por elo da cadeia produtiva do biodiesel e com a respectiva frequência na legislação e em iniciativas voluntárias de sustentabilidade para produção de biocombustíveis.

Elos	Critérios	Global Bioenergy Partnership	Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB)	International Sustainability & Carbon Certification (ISCC)	Basel Criteria for Responsible Soy Production (BCRSP)	Roundtable on Responsible Soy (RTRS)	Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)	Diretiva de Energia Renovável da União Europeia	Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO), UK	Selo Combustível Social (Brasil)	Testing Framework for Sustainable Biomass (Cramer Criteria) (The Netherlands)	Total
Agrícola	1.1 Mudanças do uso da terra, incluindo efeitos indiretos	X		X	X	X	X	X			X	7
	1.2 Biodiversidade	X	X	X	X	X	X	X	X		X	9
	1.3 Capacidade Produtiva da terra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
	1.4 Proteção de culturas e uso de agroquímicos	X	X	X	X	X	X		X		X	8
	1.5 Acesso à terra	X	X	X	X	X	X	X	X		X	9
	1.6 Desenvolvimento rural e social	X	X	X	X	X	X		X	X	X	9
	1.7 Disponibilidade de alimentos	X	X	X				X			X	5
	1.8 Acesso a alimentos	X	X	X		X		X			X	6
	1.9 Utilização de alimentos		X		X	X	X		X		X	6
	1.10 Estabilidade alimentar		X							X		2
Agrícola e industrial	2.1 Qualidade e disponibilidade da água	X	X	X	X	X	X	X	X		X	9
Agrícola, industrial e distribuição	3.1 Emissões de GEE	X	X			X	X	X	X		X	7
	3.2 Qualidade do Ar	X	X		X	X	X	X	X		X	8
	3.3 Gerenciamento de resíduos	X	X	X	X	X	X		X		X	8
	3.4 Criação de empregos e condições de trabalho	X	X	X	X	X	X	X	X			8
	3.5 Segurança humana e saúde	X			X	X					X	4
	3.6 Segurança energética	X				X	X				X	4
	3.7 Conformidade legal	X	X		X	X	X			X	X	7
	3.8 Sistemas de governança			X								1
	3.9 Participação e transparência	X	X	X	X	X	X		X	X	X	9

Fonte: Adaptado de ISMAIL; ROSSI (2010).

No capítulo 4, chegaram-se as seguintes tendências de publicações científicas para os elos agrícola e industrial (vide item 4.5):

a) Análise de Ciclo de Vida (ACV) - metodologia mais utilizada para demonstrar a sustentabilidade/insustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel em comparação à cadeia

de diesel fóssil para diferentes condições: diferentes matérias-primas, diferentes locais e valores estimados diversos de mudança direta/ indireta do uso da terra;

b) Tecnologia de processamento, em particular, a questão mais abordada dos investimentos para viabilizar o processamento de novas matérias-primas (que não competem com a produção de alimentos e apresentam maiores produtividades).

O capítulo 5, a partir de dados de mercado, discute cada elo da cadeia produtiva com enfoque no caso brasileiro (vide item 5.3) com os seguintes gargalos por elo:

- Elo agrícola: disponibilidade de terra; participação da agricultura familiar na cadeia produtiva.
- Elo industrial: problemas na qualidade do biodiesel; utilização da rota metílica ao invés da etílica.
- Elo de distribuição: entraves logísticos à distribuição do biodiesel; alto custo do biodiesel frente ao diesel de petróleo; falta de uma metodologia analítica simples para detectar o correto percentual de mistura de biodiesel no diesel.

6.5.1.1 Condição de Referência por Elos

A condição de referência compreende o cenário ideal da produção do biodiesel no que tange o elo agrícola teria como fatores impactantes: o uso da terra e o sistema de produção, e assim, deve ser assegurada a segurança alimentar; não deve haver desmatamento e a biodiversidade deve ser preservada. O sistema de produção deve utilizar oleaginosas com a máxima capacidade produtiva; redução dos insumos de produção (água, fertilizantes e defensivos agrícolas) e o acesso à terra deve permitir o desenvolvimento rural e social; a criação de empregos e as condições de trabalho (Quadro 16).

Quadro 16 – Cenário ideal do elo agrícola.

Elos (Critérios)	Fatores (Subcritérios)	Alternativas	Fontes
Agrícola	Uso da Terra (Análise de Ciclo de Vida)	Alimentos	item 5.2, item 3.4.3, quadro 9 e item 4.5
		Desmatamento	item 5.2, item 3.4.3, quadro 9 e item 4.5
		Biodiversidade	item 5.2, item 3.4.3, quadro 9 e item 4.5
	Sistema de Produção	Capacidade produtiva da terra	item 5.2, item 3.4.3 e quadro 9

		Insumos de produção (água, fertilizantes e defensivos agrícolas)	item 5.2, item 3.4.3 e quadro 9
		Acesso à terra: desenvolvimento rural e social, criação de empregos e condições de trabalho.	item 5.2, item 3.4.3 e quadro 9

No que se refere ao elo industrial, os fatores principais são a disponibilidade de matérias-primas, de tecnologia e o uso da tecnologia. Para a disponibilidade de matérias-primas, devem-se buscar matérias-primas que possuam grandes quantidades, com uma indústria de esmagamento bem estabelecida e preço baixo. Para a disponibilidade de tecnologia, devem-se buscar a redução da utilização de derivados fósseis (metanol X etanol) e o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o processamento de diferentes matérias-primas (oleaginosas, sebo e algas). O uso da tecnologia deve gerar o máximo aproveitamento dos subprodutos e a redução do descarte de resíduos, assim como a produção de biodiesel com a qualidade em conformidade com os requisitos legais, que possibilite a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa e com estabilidade suficiente para armazenagem e para o elo seguinte de distribuição (Quadro 17).

Quadro 17 – Cenário ideal do elo industrial.

Elos (Critérios)	**Fatores (Subcritérios)**	**Alternativas**	**Fontes**
Industrial	Disponibilidade de matérias-primas	Quantidade	item 5.2
		Indústria de esmagamento com escala para atender a demanda	item 5.2
		Preço	item 5.2
	Disponibilidade da tecnologia	Álcoois diferentes (etanol X metanol)	item 5.3
		Matérias-primas diferentes (oleaginosas, sebo e algas)	item 4.5
	Uso da Tecnologia	Subprodutos (aproveitamento e/ou descarte de resíduos)	item 4.5
		Qualidade do biodiesel (armazenagem, conformidade legal e emissões de GEE)	item 3.4.3 e quadro 9 e item 5.3

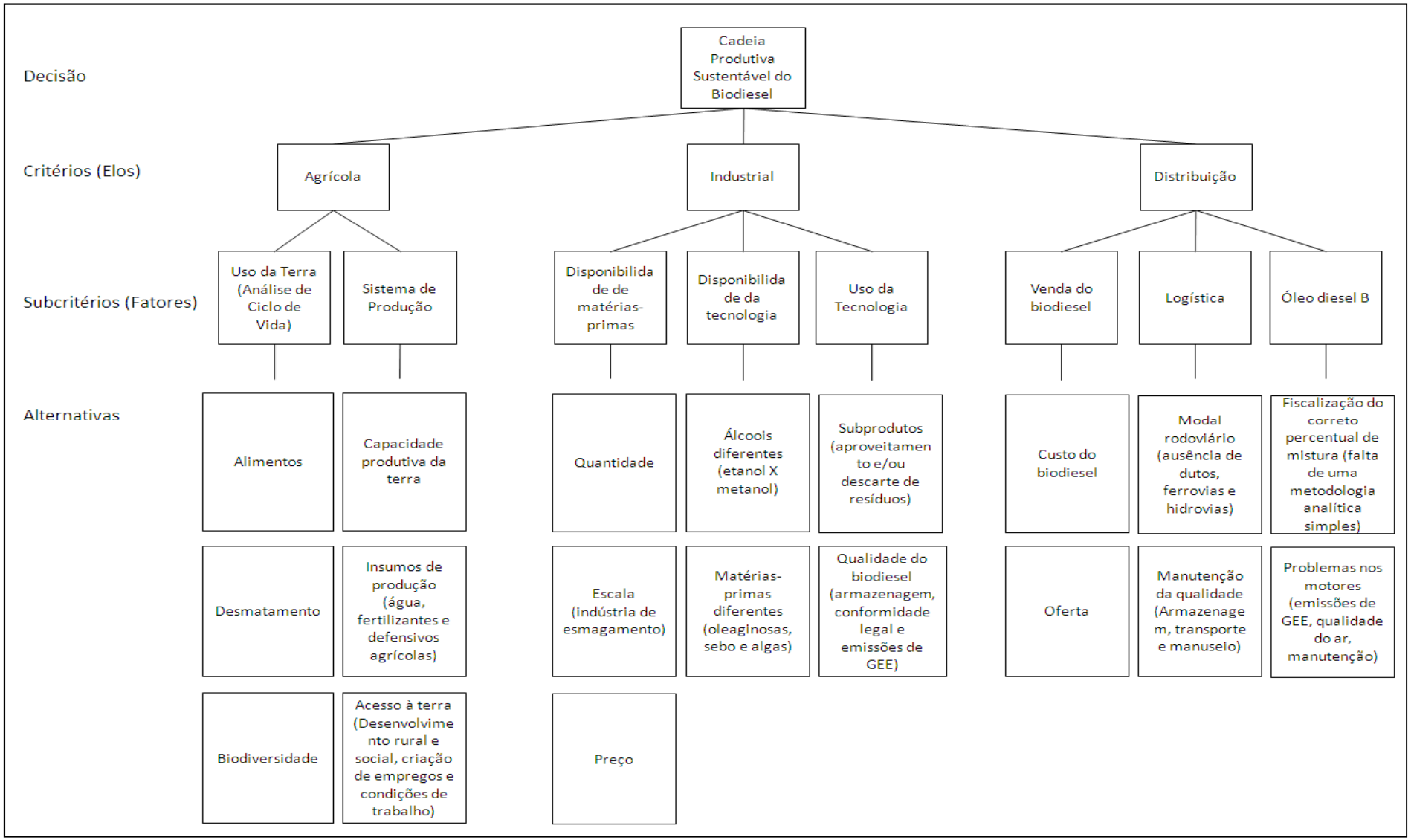
O elo de distribuição tem como fatores importantes a comercialização do biodiesel (venda), a logística e a comercialização do óleo diesel B. A venda do biodiesel deve ser feita de modo que o custo do biodiesel seja o menos impeditivo para a mistura com o óleo diesel A e com oferta suficiente. A logística deve ser feita de modo que seja diversificada a oferta de modais (dutos, ferrovias e hidrovias) e que seja mantida a qualidade da Usina até o posto revendedor (armazenagem, transporte e manuseio). Especificamente, no que se refere ao óleo diesel B, é necessária a fiscalização do correto percentual de mistura que exige o desenvolvimento de uma metodologia analítica simples, o combate a possíveis fraudes na mistura e a qualidade assegurada do óleo diesel B de forma a se reduzir as emissões de GEE (gases causadores do efeito estufa), com a preservação da qualidade do ar e a manutenção do correto funcionamento dos motores (Quadro 18).

Quadro 18 – Cenário ideal do elo de distribuição.

Elos (Critérios)	**Fatores (Subcritérios)**	**Alternativas**	**Fontes**
Distribuição	Venda do biodiesel	Custo do biodiesel	item 6.3
		Oferta	item 6.3
	Logística	Modal rodoviário (ausência de dutos, ferrovias e hidrovias)	item 6.2.3.2
		Manutenção da qualidade (Armazenagem, transporte e manuseio)	item 6.2.2.6
	Óleo diesel B	Fiscalização do correto percentual de mistura (falta de uma metodologia analítica simples)	item 6.2.3.1
		Fraudes na mistura	item 6.2.3.1
		Problemas nos motores (emissões de GEE, qualidade do ar, manutenção)	item 4.4.3 e quadro 9 e item 6.3

A estruturação do problema, de acordo com o método de análise hierárquica, a partir do estabelecimento da condição de referência está apresentada na Figura 9, que consolida todos os elos com os respectivos fatores e alternativas.

Figura 9 – Estruturação da condição de referência, em conformidade com o método de análise hierárquica, dos elos, fatores e alternativas determinantes da sustentabilidade da Cadeia Produtiva Sustentável do Biodiesel.



6.6 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA JUNTO AOS ATORES PARA PRIORIZAR OS FATORES DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL

Utilizando a análise hierárquica, foi construída a matriz de comparação pareada, sendo dividida em quatorze blocos com 26 comparações pareadas (Anexo V). Nos primeiro e segundo blocos, buscam-se a qualificação do decisor com o nome e área a que o ator está vinculado e o nível de conhecimento do elo do ator (Quadro 19).

Quadro 19 – Qualificação do decisor e área do ator.

MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAREADA DOS ELOS, FATORES E ALTERNATIVAS PARA ASSEGURAR A SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL	
Bloco 1: Qualificação do decisor	
Nome:	
Área:	( ) Governo ( ) ONG ( ) Empresa ( ) Instituição de Pesquisa
Bloco 2: Nível de conhecimento do Elo	
Agrícola	( ) Especialista ( ) Razoável ( ) Básico
Industrial	( ) Especialista ( ) Razoável ( ) Básico
Distribuição	( ) Especialista ( ) Razoável ( ) Básico

No bloco 3, tem início a comparação pareada do nível mais alto, que é o de comparação dos elos, que corresponde no método de análise hierárquica aos critérios (Quadro 20).

Quadro 20 – Matriz de comparação dos elos.

Bloco 3: Priorização do elo. Qual o elo da Cadeia Produtiva do Biodiesel que precisa de mais investimentos para assegurar a sustentabilidade?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Agrícola						Industrial
Agrícola						Distribuição
Industrial						Distribuição

No bloco 4, são comparados os fatores relacionados ao elo agrícola: uso da terra e sistema de produção (Quadro 21).

Quadro 21 – Comparação dos fatores do elo agrícola.

Bloco 4: Qual fator deve ser priorizado no elo agrícola para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Uso da terra (Análise de Ciclo de Vida)						Sistema de Produção

No bloco 5, são comparadas as alternativas que devem ser priorizadas para o uso da terra: alimentos, desmatamento e biodiversidade (Quadro 22).

Quadro 22 – Comparação das alternativas para o uso da terra.

Bloco 5: Qual alternativa para o uso da terra deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Alimentos						Desmatamento
Alimentos						Biodiversidade
Desmatamento						Biodiversidade

No bloco 6, são comparadas as alternativas para o sistema de produção do PNPB: capacidade produtiva de terra, insumos de produção e acesso à terra (Quadro 23).

Quadro 23 – Comparação das alternativas para o sistema de produção.

Bloco 6: Qual alternativa para o sistema de produção deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Capacidade produtiva da terra						Insumos de produção (água, fertilizantes e defensivos agrícolas)
Capacidade produtiva da terra						Acesso à terra (desenvolvimento rural e social, criação de empregos e condições de trabalho)
Insumos de produção (água, fertilizantes e defensivos agrícolas)						Acesso à terra (desenvolvimento rural e social, criação de empregos e condições de trabalho)

No bloco 7, são comparados os fatores referentes ao elo industrial: disponibilidade de matérias-primas, disponibilidade de tecnologia e uso da tecnologia (Quadro 24).

Quadro 24 – Comparação dos fatores para o elo industrial.

Bloco 7: Qual fator deve ser priorizado no elo industrial para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Disponibilidade de matérias-primas						Disponibilidade de tecnologia
Disponibilidade de matérias-primas						Uso da tecnologia
Disponibilidade de tecnologia						Uso da tecnologia

No bloco 8, são comparadas as alternativas para disponibilidade de matérias-primas para sustentabilidade do PNPB: quantidade de matéria-prima, escala (indústria de esmagamento) e preço (Quadro 25).

Quadro 25 – Comparação das alternativas para disponibilidade de matérias-primas.

Bloco 8: Qual alternativa para disponibilidade de matérias-primas deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Quantidade						Escala (indústria de esmagamento)
Quantidade						Preço
Escala (indústria de esmagamento)						Preço

No bloco 9, são comparadas as alternativas para disponibilidade de tecnologia: etanol X metanol e matérias-primas diferentes (oleaginosas, sebo e algas, por exemplo) (Quadro 26).

Quadro 26 – Comparação das alternativas para disponibilidade de tecnologia.

Bloco 9: Qual alternativa para disponibilidade de tecnologia deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Etanol X Metanol						Matérias-primas diferentes (oleaginosas, sebo e algas, p.ex.)

No bloco 10, são comparadas para uso da tecnologia: subprodutos (aproveitamento e/ou descarte de resíduos) e qualidade do biodiesel (conformidade legal e emissões de GEE) (Quadro 27).

Quadro 27 – Comparação das alternativas para uso da tecnologia.

Bloco 10: Qual alternativa para uso da tecnologia deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Subprodutos (aproveitamento e/ou descarte de resíduos)						Qualidade do biodiesel (conformidade legal e emissões de GEE)

No bloco 11, são comparados os fatores priorizados no elo de distribuição: venda do biodiesel, logística e óleo diesel B (Quadro 28).

Quadro 28 – Comparação dos fatores para o elo de distribuição do PNPB.

Bloco 11: Qual fator deve ser priorizado no elo de distribuição para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Venda do biodiesel						Logística
Venda do biodiesel						Óleo diesel B
Logística						Óleo diesel B

No bloco 12, são comparadas as alternativas para a venda do biodiesel: custo do biodiesel e oferta (Quadro 29).

Quadro 29 – Comparação das alternativas para a venda do biodiesel.

Bloco 12: Qual alternativa para venda do biodiesel deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Custo do biodiesel						Oferta

No bloco 13, são comparadas as alternativas para a logística do biodiesel: modal rodoviário e manutenção da qualidade (Quadro 30).

Quadro 30 – Alternativas para logística do biodiesel.

Bloco 13: Qual alternativa para logística do biodiesel deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Modal rodoviário (ausência de dutos, ferrovias e hidrovias)						Manutenção da qualidade (armazenagem, transporte e manuseio)

No bloco 14, são comparadas as alternativas para o óleo diesel B: fiscalização do correto percentual de mistura (falta de uma metodologia analítica simples), combate às fraudes na mistura e problemas nos motores (Quadro 31).

Quadro 31 – Alternativas para o óleo diesel B.

Bloco 14: Qual alternativa para o óleo diesel B deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Fiscalização do correto percentual de mistura (falta de uma metodologia analítica simples)						Fraudes na mistura
Fiscalização do correto percentual de mistura (falta de uma metodologia analítica simples)						Problemas nos motores (emissões de GEE, qualidade do ar e manutenção)
Fraudes na mistura						Problemas nos motores (emissões de GEE, qualidade do ar e manutenção)

6.7 ESCOLHA DOS ATORES

Os atores foram escolhidos de forma a se contemplarem a iniciativa privada (composta por agentes econômicos, sindicatos de empresas e comitês de qualidade envolvidos na cadeia produtiva), o governo (agência reguladora e outros órgãos) e pesquisadores (universidades e empresas de pesquisa).

Para escolha dos atores foi usada a metodologia descrita por Hansen (2010, p. 1960-1961), em que o processo de contato com os *stakeholders* se divide em duas etapas. Primeiro, os contatos foram feitos com *stakeholders* e especialistas (ONG, acadêmicos, reguladores, indústria, etc.) que tinham publicamente expressado suas visões sobre a forma de tornar mais sustentável a cadeia produtiva do biodiesel. Segundo, todos os entrevistados foram questionados para auxiliar a identificar *stakeholders* relevantes para a pesquisa. O nome dos entrevistados é mantido anônimo para assegurar que os decisores pudessem falar livremente as visões deles, baseadas na experiência pessoal deles e no *background* institucional sem medo de serem identificados. Um total de 50 *stakeholders* foram consultados e 20 concordaram em ser entrevistados (HANSEN, 2010).

6.8 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo, são apresentados os conceitos relacionados ao processo de tomada de decisão e à necessidade desse processo ser organizado e feito de forma sistemática.

Após a análise dos métodos, concluiu-se que o método mais adequado à proposta desta tese é o de análise multicritério, sendo escolhida a análise hierárquica como método de ponderação dos critérios.

Para escolha da análise multicritério, são levadas em consideração as seguintes razões:

- a tese trata da cadeia produtiva do biodiesel e se propõe a analisá-la sob a ótica da sustentabilidade;
- o estudo proposto tem como objetivo valorizar a participação dos atores na cadeia produtiva;
- a revisão dos artigos científicos, dos dados de mercado, dos elos da cadeia produtiva do biodiesel, das legislações correlatas e das iniciativas voluntárias de sustentabilidade geraram fatores tangíveis e intangíveis, sendo necessário uma organização deles de forma a submeter às preferências dos decisores;

- o horizonte das mudanças necessárias na cadeia produtiva de biodiesel é de 1 a 15 anos (médio prazo);
- existem estudos que estão de acordo com a ideia de que, para a resolução dos problemas de sustentabilidade, deve-se utilizar a metodologia de análise multicritério.

No que se refere à escolha do método de análise hierárquica, foram determinantes:

- a capacidade de incluir e medir fatores importantes, qualitativos ou quantitativos sejam eles, tangíveis ou intangíveis;
- a facilidade de uso;
- o fato de serem considerados diferentes atores (decisores) e os conflitos de opiniões.

Em seguida, utilizando-se o método de análise hierárquica foi estruturado o problema e construída a matriz de comparação pareada para ser submetida aos decisores.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a pesquisa de campo e a análise dos resultados em três grupos: grupo de pesquisa (atores ligados às pesquisa da academia e de instituições de pesquisa), iniciativa privada (atores vinculados a empresas e instituições de classe, como sindicato de empresas e associações) e governo (funcionários públicos da agência reguladora do setor, de ministérios e de instituições governamentais). Em seguida, são apresentados os testes de consistência de uma forma individual e por grupos, de acordo com o método de análise hierárquica (MAH).

Na sequência, são apresentados os resultados das priorizações feitas pelos *stakeholders* por elos (agrícola, industrial e de distribuição), fatores e alternativas com a discussão das opiniões dos decisores. Com base nesse resultado dos três grupos envolvidos, pode-se verificar a prioridade média global (PMG) para cada alternativa estudada relacionada à sustentabilidade do biodiesel.

7.2 PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo contemplou 20 especialistas ligados à iniciativa privada, governo e instituições de pesquisa. A divisão em grupos ficou da seguinte forma: 7 especialistas da área do governo, 7 especialistas da área da iniciativa privada e 6 especialistas ligados ao grupo de pesquisa.

Para realização dos cálculos de teste de consistência, prioridades locais e globais, os especialistas foram classificados em três níveis, sendo que, por exemplo, conforme o método de análise hierárquica (MAH), um especialista classificado como nível 3 tem suas respostas elevadas à terceira potência, um especialista classificado como nível 2 tem suas respostas elevadas à segunda potência e um especialista classificado como nível 1 tem sua resposta elevada à primeira potência (SAATY, 2008). O quadro 32 resume os critérios usados para classificação em cada nível.

Quadro 32 – Critérios de classificação por níveis.

Nível	Critério
1	Profissionais com 3 anos de experiência na cadeia produtiva do biodiesel com no mínimo especialização.
2	Profissionais com no mínimo 5 anos de experiência na cadeia produtiva do biodiesel com no mínimo título de especialista.
3	Profissionais que ocupam posição sênior em algum dos grupos (iniciativa privada, governo e pesquisa).

As principais questões encontradas durante a realização da pesquisa de campo foram:

- Problemas de segurança da informação e receio de publicação das informações como sendo uma resposta oficial das instituições a que se vinculam os atores, com o consequente excesso de burocracia, o que acabou por inviabilizar determinadas respostas;
- Dificuldade em responder sobre assuntos ligados a diferentes elos da cadeia produtiva, sendo que os especialistas alegavam conhecimento parcial dos assuntos, pois são extremamente especializados em um tópico.

7.3 TESTES DE CONSISTÊNCIA

O teste de consistência verifica se o decisor foi coerente nas suas respostas. Supondo três alternativas para serem priorizadas, A, B e C, o decisor, na comparação entre A e B, entende que A é igual B. Na comparação entre A e C, o decisor prioriza A em relação à C. Logo, como A é igual a B, então, por coerência, na comparação entre B e C, o decisor deveria priorizar B. Deste modo, se o decisor, para esta hipótese, priorizar C em relação à B, o resultado do teste seria inconsistente. A metodologia do teste de consistência está descrita no item 6.4.1.

Os resultados do teste de consistência para a matriz referente à comparação dos elos estão apresentados na tabela 7. Dos 20 decisores, 11 tiveram resultado consistente e 9 inconsistentes. Dos 9 inconsistentes, 2 tiveram resultado próximo a 10%, sendo considerado aceitáveis. A inconsistência dos 7 restantes pode ser explicada pela grande complexidade de se hierarquizar muitas alternativas.

Tabela 7 – Resultados do teste de consistência dos decisores.

Decisor	Grau de consistência (%)	Resultado
Decisor1	0,0	Consistente
Decisor2	0,0	Consistente
Decisor3	0,0	Consistente
Decisor4	0,0	Consistente
Decisor5	0,0	Consistente
Decisor6	0,0	Consistente
Decisor7	0,0	Consistente
Decisor8	0,0	Consistente
Decisor9	0,0	Consistente
Decisor10	3,3	Consistente
Decisor11	3,4	Consistente
Decisor12	10,3	Inconsistente
Decisor13	10,3	Inconsistente
Decisor14	25,9	Inconsistente
Decisor15	25,9	Inconsistente
Decisor16	26,5	Inconsistente
Decisor17	26,7	Inconsistente
Decisor18	26,7	Inconsistente
Decisor19	27,4	Inconsistente
Decisor20	27,4	Inconsistente

Em seguida, foram realizados os testes de consistência dos decisores agrupados para a matriz de comparação dos elos: iniciativa privada (com 7 participantes), governamental (com 7 participantes) e grupo de pesquisa (com 6 participantes). Os resultados obtidos pelas médias geométricas indicam que as respostas dos grupos são consistentes, com os seguintes graus de consistência médios: pesquisa (6,25%), iniciativa privada (7,31%) e governo (0,13%), o que pode ser explicado pela ponderação entre as respostas, de acordo com o nível do ator. Deste modo, segundo a metodologia de Saaty, os resultados são válidos (com grau de consistência médio inferior a 10%) e serão apresentados de forma agrupada (Tabela 8).

Tabela 8 – Resultados do teste de consistência dos decisores agrupados.

Grupo	Grau de consistência médio (%)	Resultado
Grupo de Pesquisa	6,25	Consistente
Iniciativa privada	7,31	Consistente
Governo	0,13	Consistente

7.4 PRIORIZAÇÃO DOS ELOS DA CADEIA PRODUTIVA

Os resultados das priorizações dos elos da cadeia produtiva estão apresentados no Gráfico 12. Para a realização da priorização de uma forma geral, os resultados consolidados dos grupos de iniciativa privada, governo e grupo de pesquisa foram obtidos a partir da média geométrica. O elo agrícola para o resultado geral foi priorizado com 55%, seguido pelo elo de distribuição com 24% e pelo elo industrial com 21%.

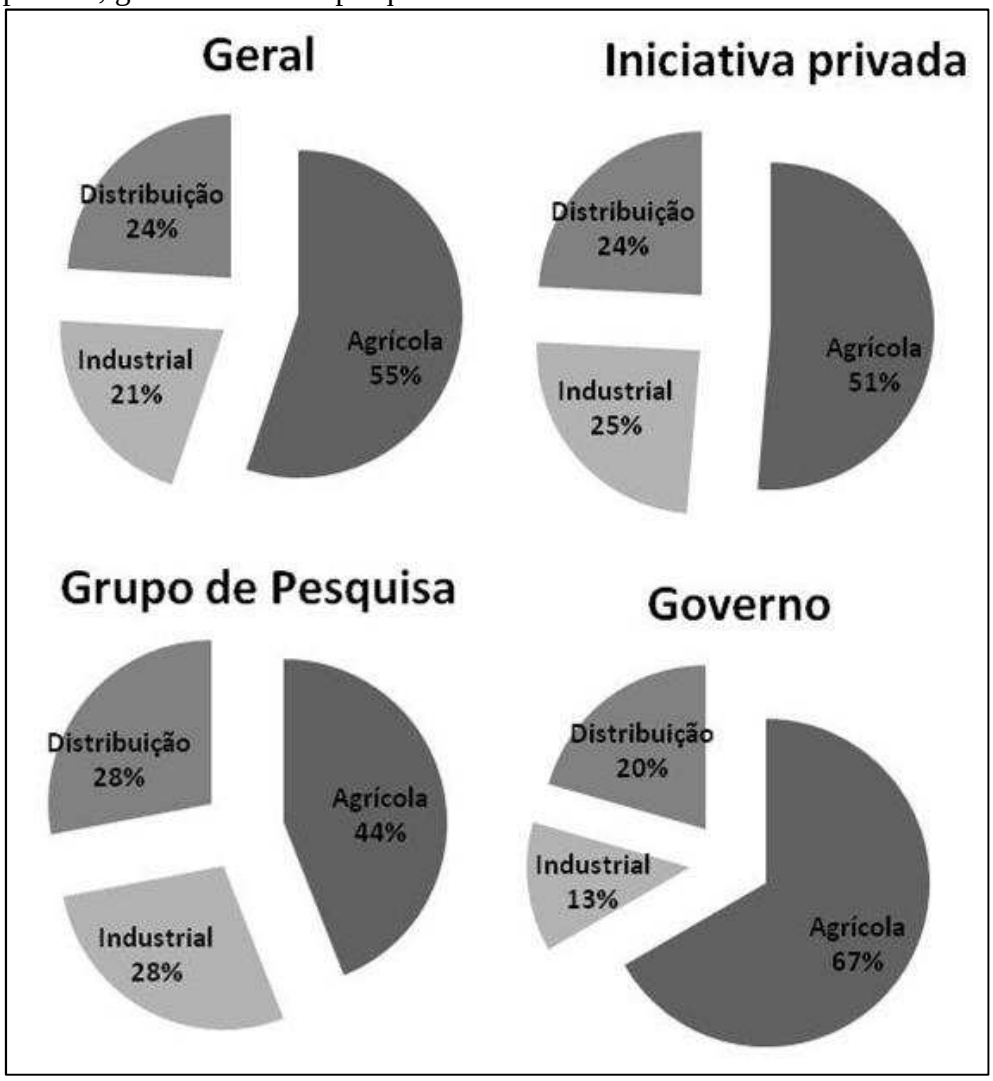
O elo agrícola para o grupo de pesquisa foi o que apresentou o menor percentual de priorização com 44%, enquanto que o grupo composto por atores vinculados ao governo apresentou o maior percentual de priorização para o elo agrícola, com 67%, o que pode ser explicado pela maior preocupação do governo com a inclusão do agricultor familiar na cadeia produtiva do biodiesel. Para o grupo de pesquisa, durante as entrevistas, a maior parte dos entrevistados evidenciou preocupação com os problemas de qualidade do B100, o que explica um menor percentual para o elo agrícola.

No caso da iniciativa privada, a menor preocupação com o elo agrícola pode ser explicada pela ideia de que a cadeia produtiva do biodiesel, no que se refere à participação da agricultura familiar, está vinculada aos agricultores familiares da Região Sul do País e não constitui, em princípio, um gargalo tão significativo, como para os atores do governo, mantidos as atuais 5% de biodiesel adicionado ao diesel.

Nesse ponto, alguns dos atores da iniciativa privada acreditam que a Região Sul está próxima do seu limite de fornecimento de grãos para o PNPB e que urge a necessidade de se flexibilizar o percentual de fornecimento de grãos oriundos das Regiões Norte e Nordeste, para aumento dos percentuais de mistura de biodiesel ao diesel, pois, antes de se discutir nessas Regiões, a inclusão dos agricultores na cadeia produtiva do biodiesel, é necessário investir em cidadania, como, por exemplo, saneamento básico e organização de cooperativas (faltam lideranças nos arranjos produtivos situados nas Regiões Norte e Nordeste), por exemplo.

Adicionalmente, outra dificuldade encontrada nessas Regiões apontada pela iniciativa privada seria a falta de credibilidade dos agricultores familiares no PNPB, o que leva ao descumprimento dos contratos de fornecimento de matérias-primas.

Gráfico 12 – Resultados de priorização dos elos de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.



7.5 PRIORIZAÇÕES NO ELO AGRÍCOLA

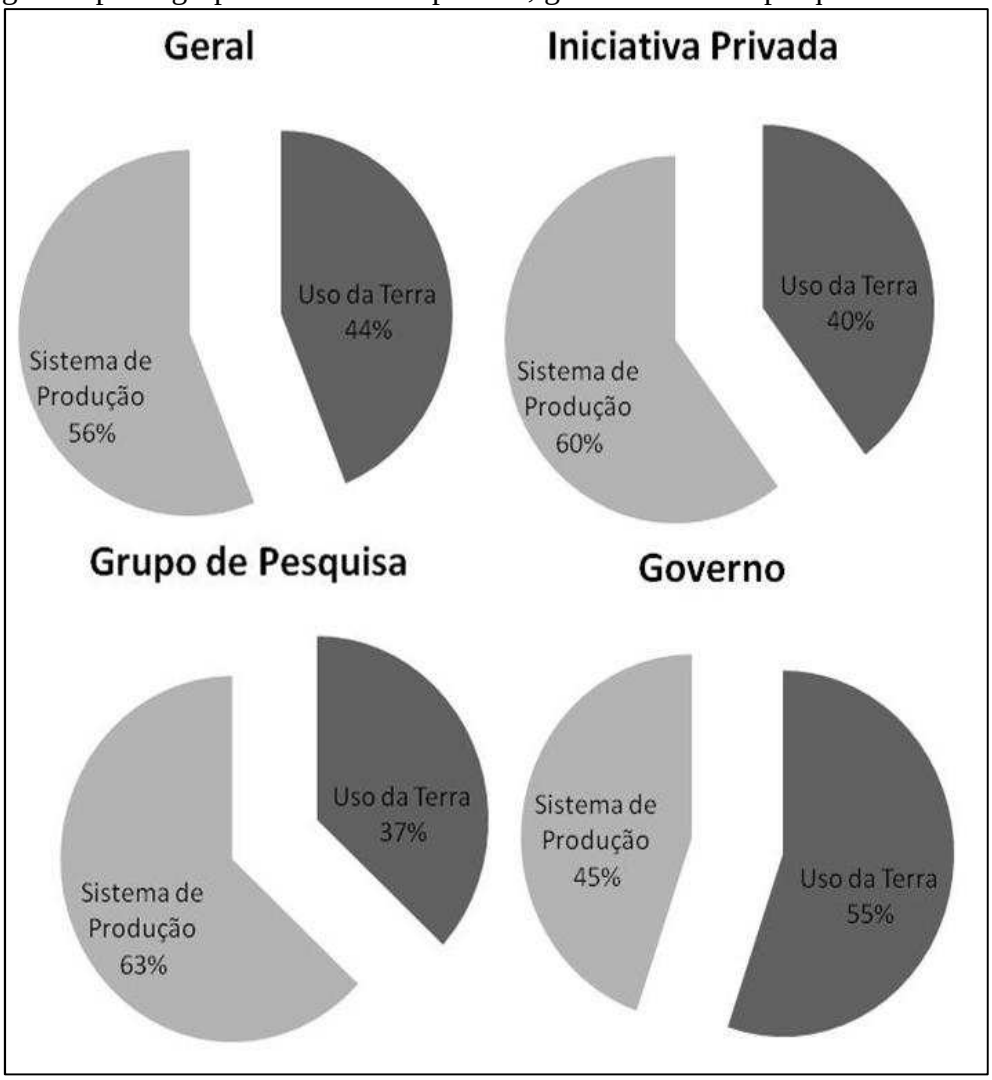
Os resultados das priorizações dos fatores determinantes para a sustentabilidade no elo agrícola apresentam que no resultado geral foi priorizado o sistema de produção (que corresponde as alternativas de acesso à terra, insumos de produção e capacidade produtiva da terra) com 56% em relação ao uso da terra (que corresponde à biodiversidade, produção de alimentos e o não-desmatamento) com 44%.

Houve uma diferença entre as priorizações da iniciativa privada e pesquisa em relação ao governo. Para os entrevistados ligados ao governo, o uso da terra deve ser priorizado em comparação ao sistema de produção, diferentemente das priorizações da iniciativa privada e da pesquisa (Gráfico 13).

A maior preocupação do governo com o uso da terra contrasta com a ideia principal apresentada pelos atores ao escolher o elo agrícola durante a entrevista de estarem mais preocupados com a agricultura familiar (alternativa do fator de sistema de produção). Dessa forma, os decisores do grupo governo, ao serem confrontados, com outras alternativas não priorizaram o fator de acesso à terra (que inclui a agricultura familiar).

Os próximos subitens tratam do detalhamento dos fatores uso da terra e sistema de produção.

Gráfico 13 – Resultados de priorização dos fatores relacionados ao elo agrícola de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.



7.5.1 Uso da Terra

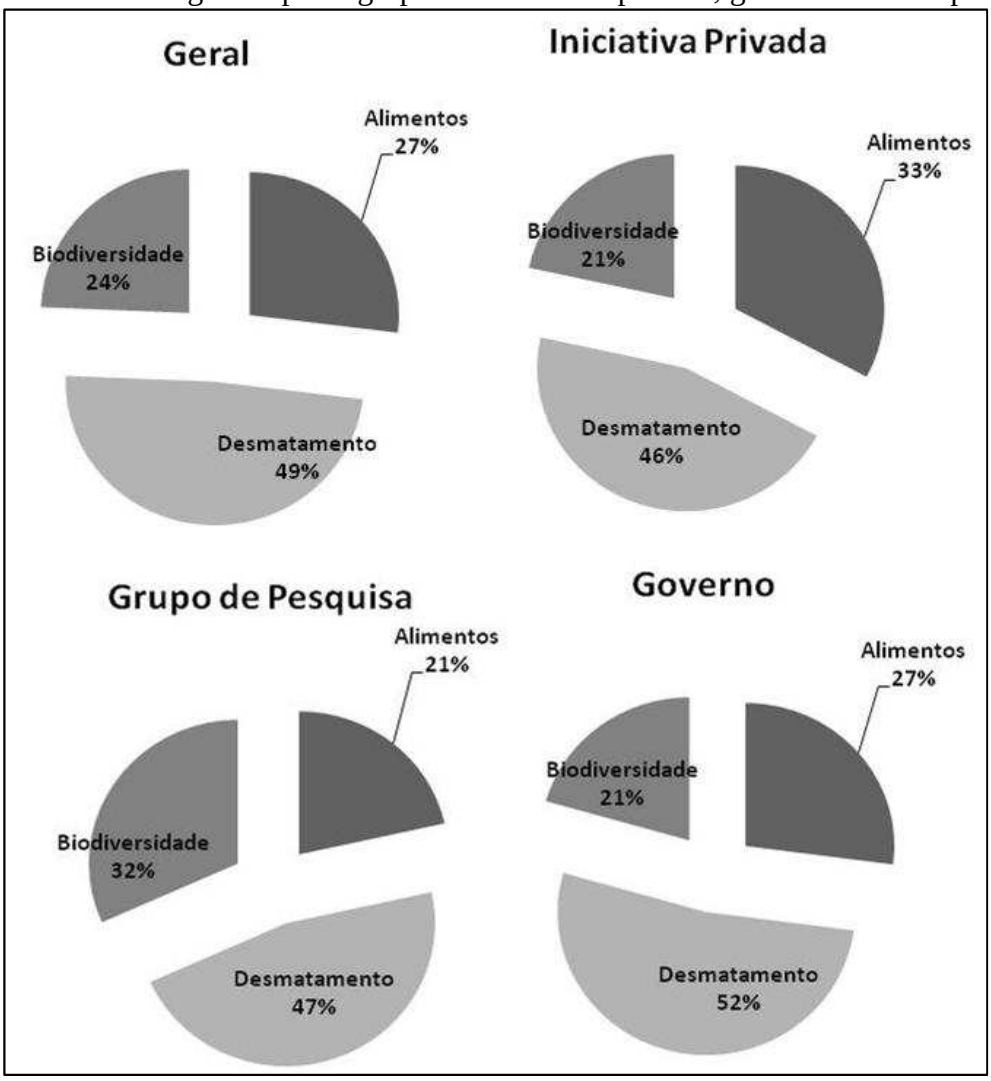
As alternativas submetidas para priorização do fator de uso da terra foram os impactos da produção de biodiesel na biodiversidade, produção de alimentos e desmatamento. Ao

contrário da priorização dos fatores uso da terra e sistema de produção, em que houve divergência entre os grupos, para avaliação dessas alternativas, ficou evidenciada a convergência na priorização do não desmatamento em relação à biodiversidade e produção de alimentos (Gráfico 14).

Nessas comparações, a maioria dos decisores apresentou dificuldades entre comparar biodiversidade e desmatamento, pois estaria de alguma forma relacionada, sendo explicado que a preservação da biodiversidade envolve a manutenção das áreas de alto valor de biodiversidade (Pantanal e Amazônia, por exemplo) que podem ser degradadas pela ação do homem para produção de grãos destinados à produção de biodiesel. Já o desmatamento seria a destruição de florestas que não possuem necessariamente alto valor agregado de biodiversidade.

No caso da comparação entre a preservação da biodiversidade e a produção de alimentos, de forma geral, a produção de alimentos (27%) foi priorizada em relação à biodiversidade (24%). Entretanto, são observadas as seguintes diferenças nas priorizações na iniciativa privada (produção de alimentos 33% *versus* preservação da biodiversidade 21%), pesquisa (preservação da biodiversidade 32% *versus* produção de alimentos 21%) e governo (preservação da biodiversidade 21% *versus* produção de alimentos 27%).

Gráfico 14 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator uso da terra do elo agrícola de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.



7.5.2 Sistemas de Produção

As alternativas submetidas para priorização do fator de sistemas de produção foram capacidade produtiva de terra, insumos de produção e acesso à terra (que engloba a agricultura familiar, as condições de trabalho e o desenvolvimento social decorrente da produção de grãos destinados à produção de biodiesel). Durante a realização das entrevistas, houve dúvidas quanto à conceituação da capacidade produtiva da terra, que foi explicado como a necessidade de se investir no aumento do rendimento em óleo/hectare na produção agrícola.

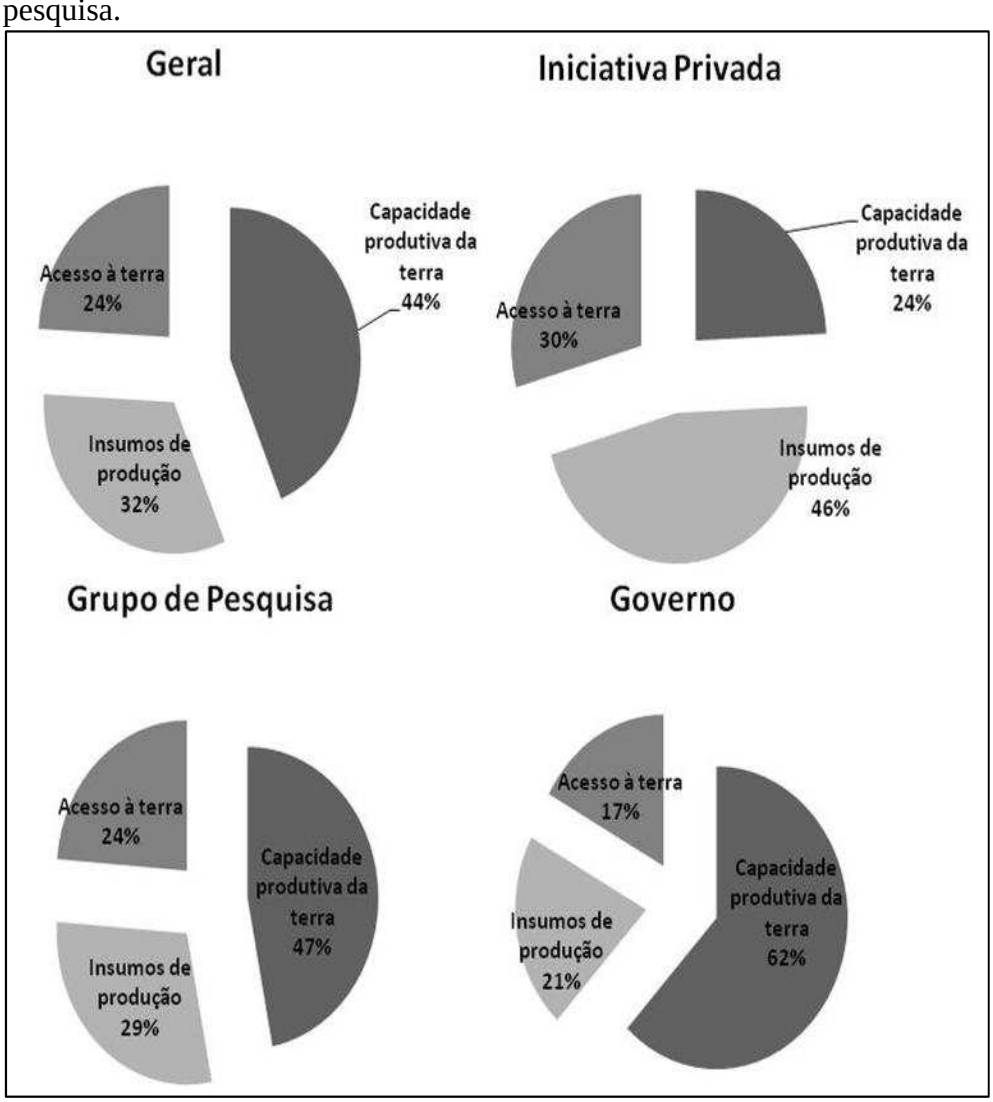
Quanto ao resultado geral, a ordem da priorização foi a seguinte: capacidade produtiva de terra (44%), seguido pelos insumos de produção (32%) e pelo acesso à terra (24%). Os

resultados por grupos são interessantes, pois a iniciativa privada aponta a seguinte ordem de priorização: insumos de produção (46%), acesso à terra (30%) e capacidade produtiva da terra (24%). Já o grupo da pesquisa aponta a seguinte ordem de priorização decrescente, idêntica a do governo: capacidade produtiva da terra, insumos de produção e acesso à terra. Deste modo, para nenhum dos grupos a alternativa mais preocupante para o fator de sistema de produção é a agricultura familiar (representada pelo acesso à terra). Isto diverge da justificativa apresentada para escolha do elo agrícola, o que retrata a importância de outras alternativas frente à agricultura familiar quando é realizada a comparação pareada e reforça a importância da utilização do método (Gráfico 15).

Adicionalmente, o grupo do governo foi o mais preocupado com a questão da capacidade produtiva da terra (62%), o que está relacionado ao próprio sucesso do programa de inclusão social do PNPB, pois os agricultores familiares ao produzirem com altas produtividades acabam tornando sustentável a sua produção e podem ficar fixados no campo, já que tem condições de competir com as grandes plantações.

Por fim, a escolha da capacidade produtiva da terra reflete de uma forma indireta a preocupação com a agricultura familiar.

Gráfico 15 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de sistemas de produção do elo agrícola de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.



7.6 PRIORIZAÇÕES NO ELO INDUSTRIAL

Os resultados das priorizações dos fatores determinantes para a sustentabilidade no elo industrial apresentam que, no resultado geral, considerando todas as respostas, foi priorizada a disponibilidade de matérias-primas (41%), seguida pela disponibilidade de tecnologia (35%) e pelo uso da tecnologia (24%), conforme apresentado no Gráfico 16.

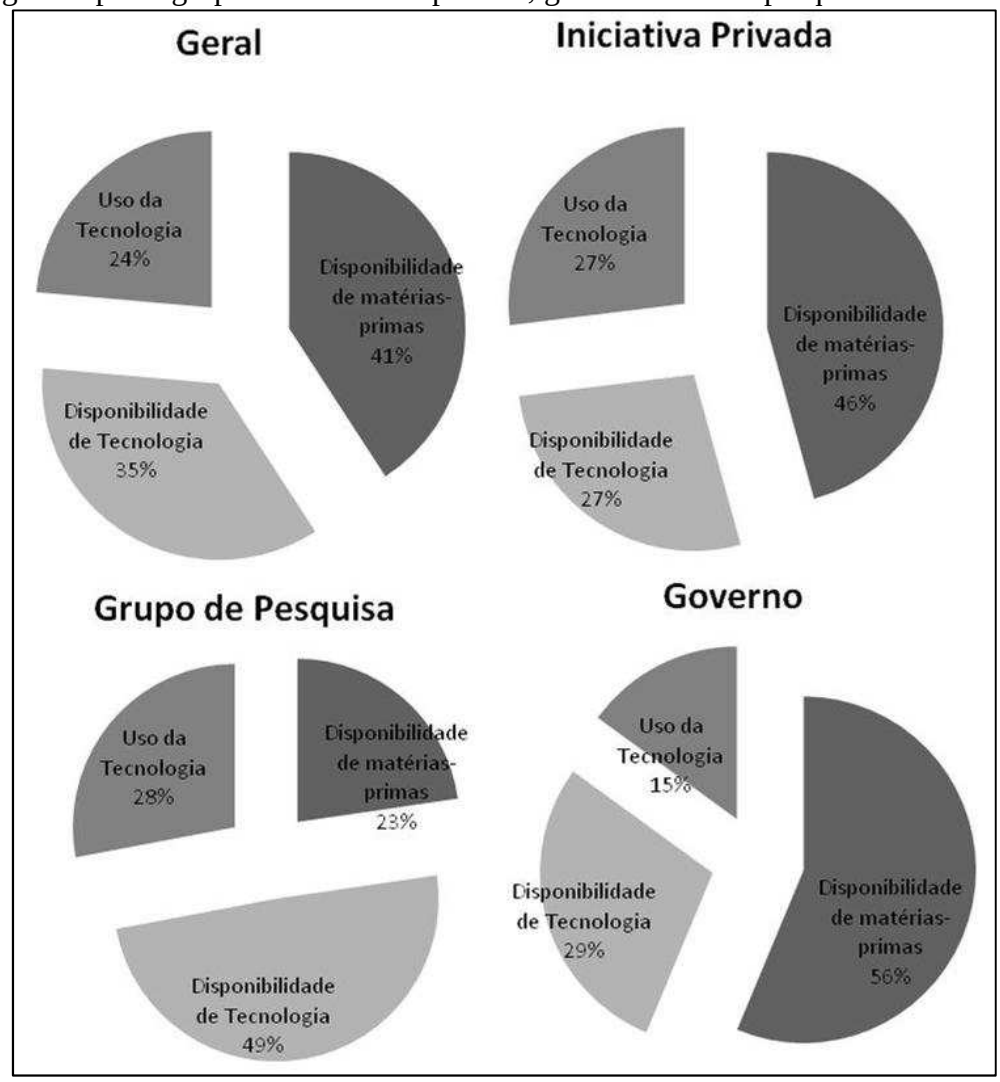
Para a iniciativa privada e governo, deve ser priorizada a disponibilidade de matérias-primas com 46% e 56%, respectivamente. Enquanto que para os pesquisadores, deve ser priorizada a disponibilidade de tecnologia (49%). Isto pode ser explicado pela maior preocupação da academia com a produção de biodiesel (transesterificado com etanol ao invés do metanol) e no processamento de matérias-primas diferentes (algas e outras oleaginosas,

como o pinhão-manso). No caso do governo e da iniciativa privada, existe uma maior preocupação com a redução do custo da matéria-prima e, por consequência, com a disponibilidade da mesma.

Outro fator interessante está relacionado ao uso da tecnologia, pois embora a questão da qualidade do biodiesel esteja sendo muito discutida com a revisão da norma ABNT 15512, ao serem submetidos aos decisores a comparação com outros fatores, está acabou sendo menos priorizada. Este fato é interessante, pois espontaneamente a qualidade do biodiesel sempre é apresentada como um fator crítico.

Neste elo, um dos decisores ligado ao grupo da iniciativa privada argumentou que deveria existir um fator de logística, assim como no elo de distribuição, pois a logística da matéria-prima é muito complicada e de alto custo, haja vista a concentração da produção de soja nas regiões Sul e Centro-Oeste.

Gráfico 16 – Resultados de priorização dos fatores relacionados ao elo industrial de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.

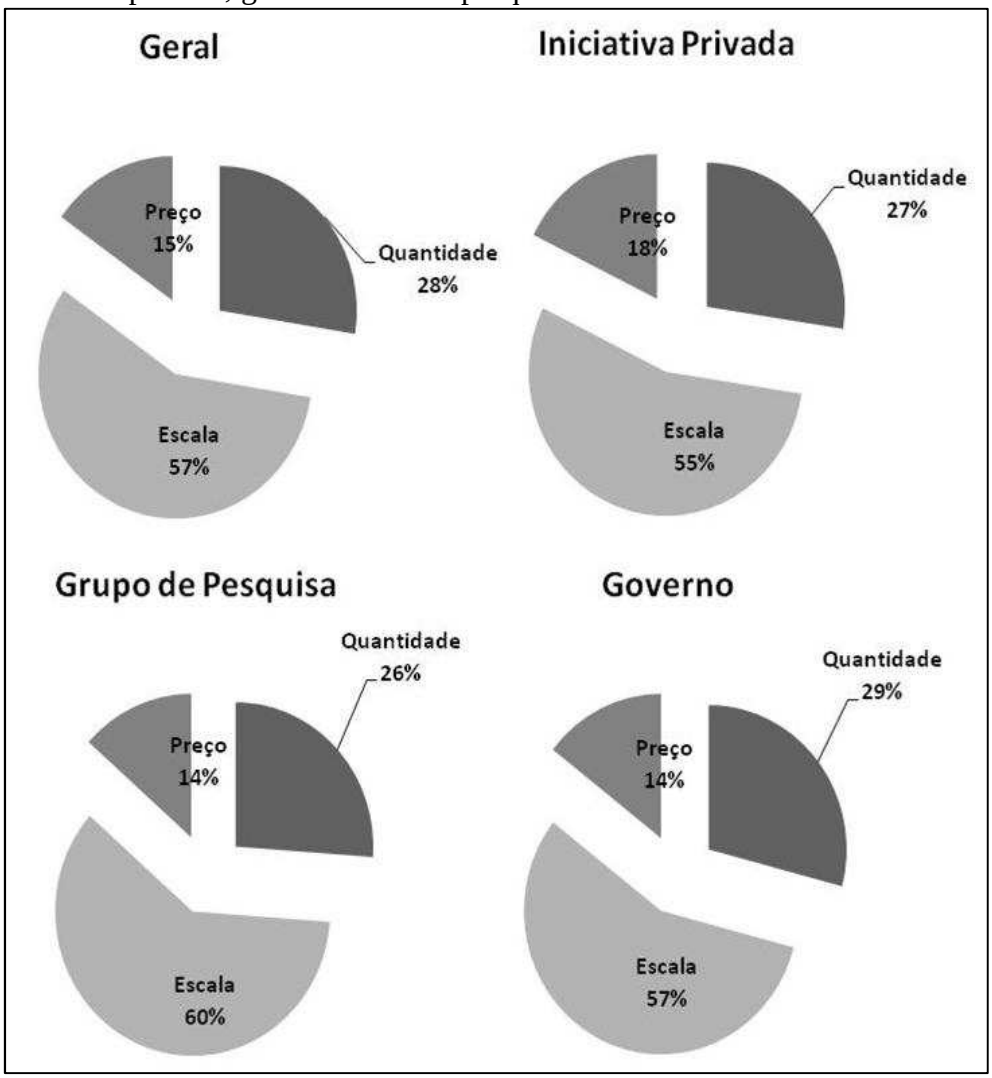


7.6.1 Disponibilidade de Matérias-Primas

Os resultados das priorizações para as alternativas do fator de disponibilidade de matérias-primas apresentam a seguinte ordem de preferência de uma forma geral e para todos os atores (iniciativa privada, pesquisa e governo): escala da indústria de esmagamento (57%), quantidade (28%) e preço (15%), conforme apresentado no gráfico 17.

Os atores, dessa forma, priorizaram o desenvolvimento da produção de óleo, tendo em vista que os benefícios concedidos pela Lei Kandir estimulam a produção e exportação de grãos e não seu beneficiamento, o que explica o menor custo do óleo na Argentina, tendo em vista que a tributação da Argentina prioriza o produção de óleo.

Gráfico 17 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de disponibilidade de matérias-primas do elo industrial de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.



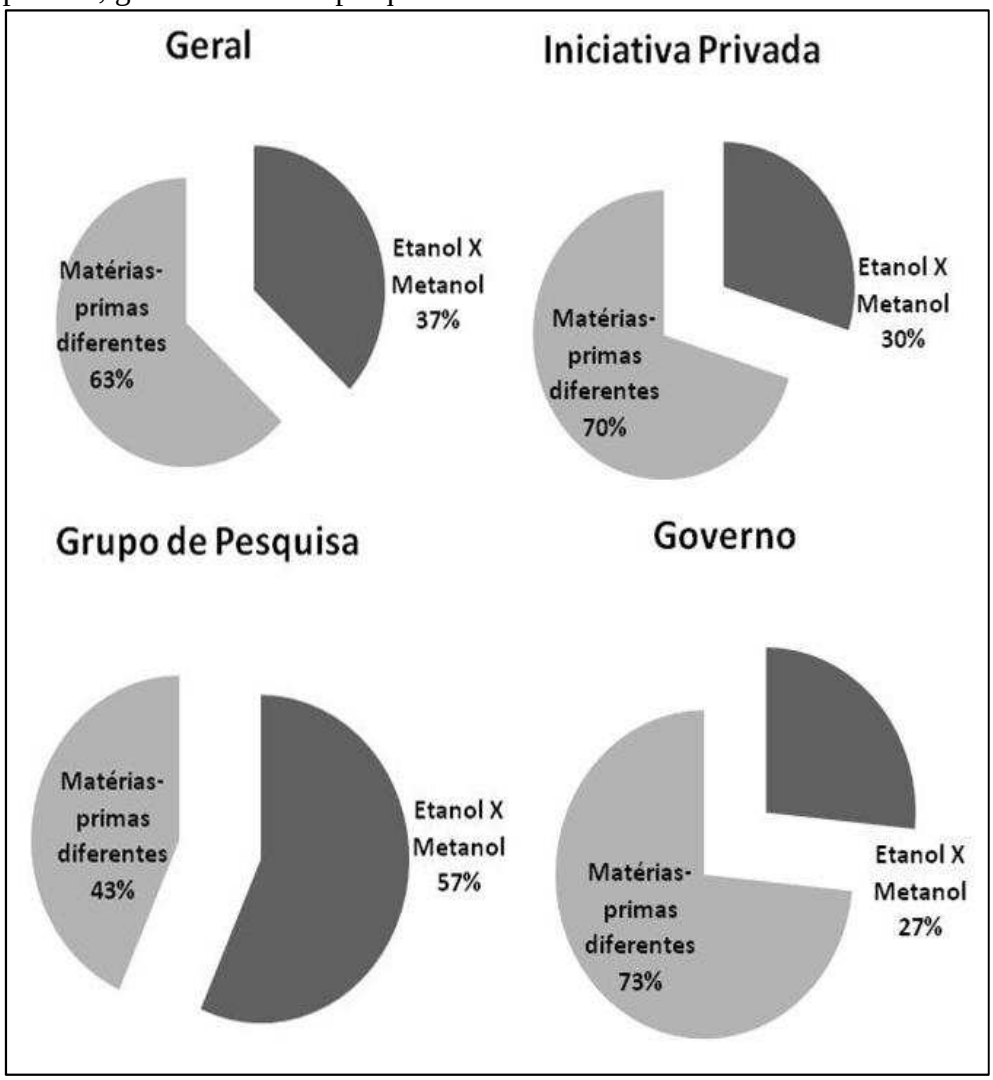
7.6.2 Disponibilidade de Tecnologia

Os resultados das priorizações para as alternativas do fator de disponibilidade de tecnologia apresentam a seguinte ordem de preferência de uma forma geral: matérias-primas diferentes (63%) e etanol vs metanol (37%), conforme apresentado no gráfico 18.

Os atores, ligados a grupos de pesquisa, apresentaram uma priorização diferente dos demais, escolhem matérias-primas diferentes (43%) e etanol vs metanol (57%). Isto pode ser explicado pela maior preocupação do grupo de pesquisa com a produção de biodiesel a partir de alcoóis renováveis, como etanol ou metanol oriundo de biomassa (como sugerido por um dos atores do grupo de pesquisa, a partir da rota BTL – *Biomass to Liquids*).

Os atores, ligados ao Governo e Iniciativa Privada, entenderam ser mais relevante investimentos em pesquisa no processamento de matérias-primas diferentes como o pinhão-manso e algas.

Gráfico 18 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de disponibilidade de tecnologia do elo industrial de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.

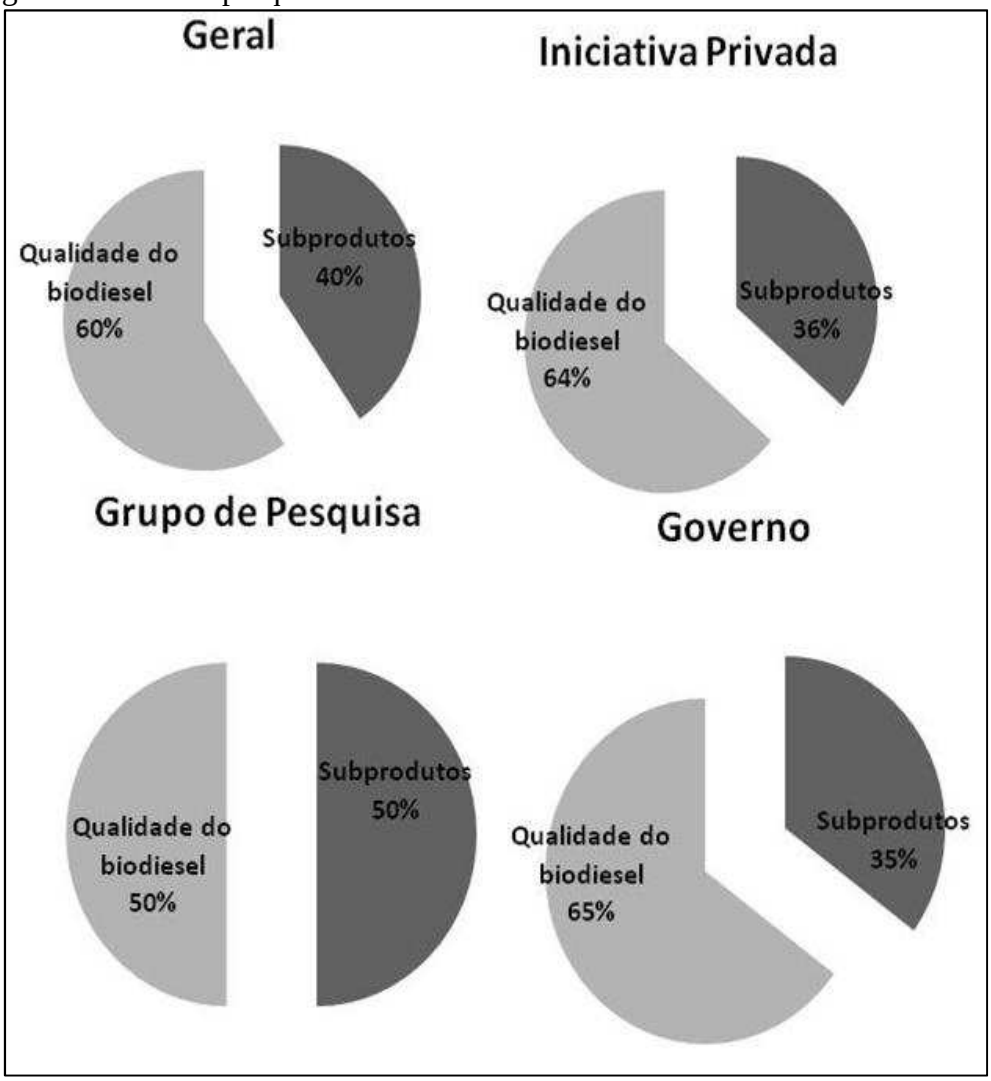


7.6.3 Uso da Tecnologia

Os resultados das priorizações para as alternativas do fator de uso da tecnologia apresentam a seguinte ordem de preferência de uma forma geral: qualidade do biodiesel (60%) e subprodutos (40%), conforme apresentado no gráfico 19.

O grupo de pesquisa entende que a priorização deve ser a mesma, ou seja, os esforços na produção de biodiesel, em conformidade legal, e no aproveitamento e/ou descarte de resíduos. Entretanto, demonstram preocupação com a qualidade do biodiesel a iniciativa privada e o governo.

Gráfico 19 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de uso da tecnologia do elo industrial de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.

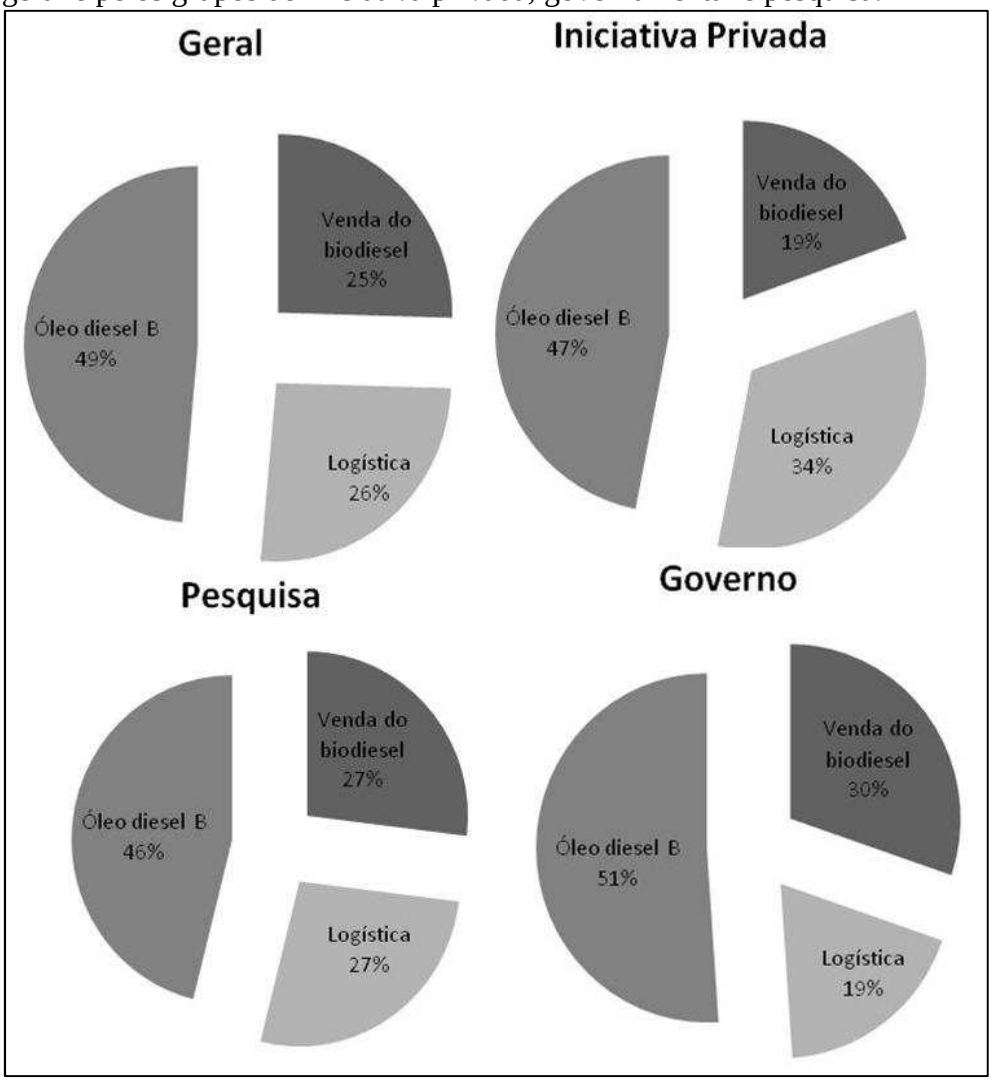


7.7 PRIORIZAÇÕES NO ELO DE DISTRIBUIÇÃO

Os resultados das priorizações dos fatores determinantes para a sustentabilidade no elo de distribuição apresentam que, no resultado geral, deve ser priorizado o óleo diesel B (49%), seguido pela logística (26%) e pela venda do biodiesel (25%), conforme apresentado no Gráfico 20.

A maior preocupação com o óleo diesel B foi explicada por um ator do grupo da iniciativa privada devido ao grande número de autuações que os postos revendedores estão recebendo da ANP, pois não tem como verificar se o óleo diesel B apresenta o correto teor de biodiesel no diesel.

Gráfico 20 – Resultados de priorização dos fatores relacionados ao elo agrícola de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.

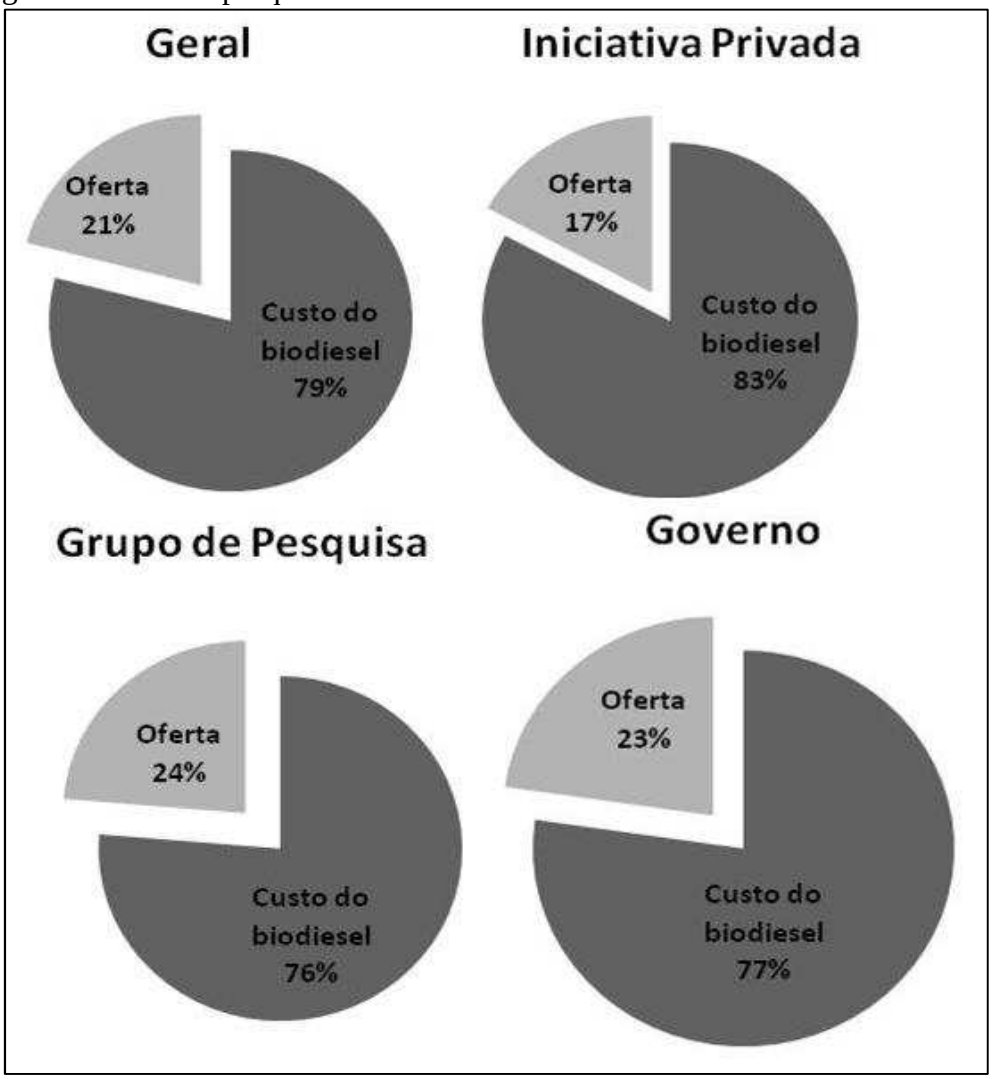


7.7.1 Venda do biodiesel

Os resultados das priorizações para as alternativas do fator de venda do biodiesel apresentam a seguinte ordem de preferência de uma forma geral: custo do biodiesel (79%) e oferta (21%), conforme apresentado no gráfico 21.

O custo do biodiesel pode ser entendido como um fator limitante a expansão do biodiesel na matriz energética, pois não há estímulo econômico aos atores da cadeia para aumentar o percentual de biodiesel no diesel. Além disso, o preço do diesel faz parte da cesta de produtos que compõem o índice que mede a inflação e, em decorrência, o aumento do percentual de biodiesel ocasionaria aumento da mesma.

Gráfico 21 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de venda do biodiesel do elo de distribuição de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.



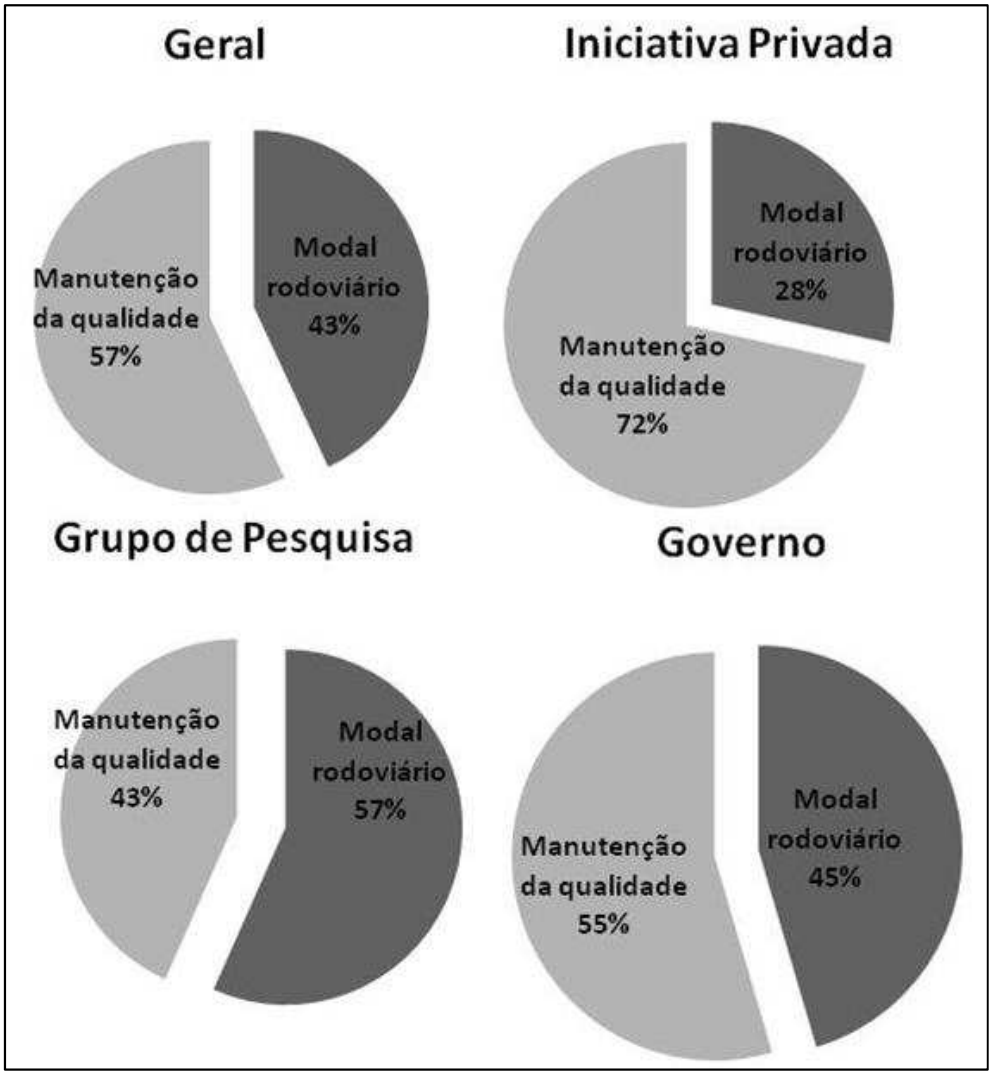
7.7.2 Logística

Os resultados das priorizações para as alternativas do fator de logística do biodiesel apresentam a seguinte ordem de preferência de uma forma geral: manutenção da qualidade (57%) e modal rodoviário (43%), conforme apresentado no gráfico 22.

O grupo de pesquisa apresentou resultado diferente de priorização dos grupos de governo e da iniciativa privada com priorização do modal rodoviário (57%) e manutenção da qualidade (43%). Entretanto, o governo e a iniciativa privada mais preocupados com a

questão da qualidade em função das reclamações do mercado não foram tão sensíveis à diversificação dos modais de transporte.

Gráfico 22 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator de logística do biodiesel do elo de distribuição de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e de pesquisa.

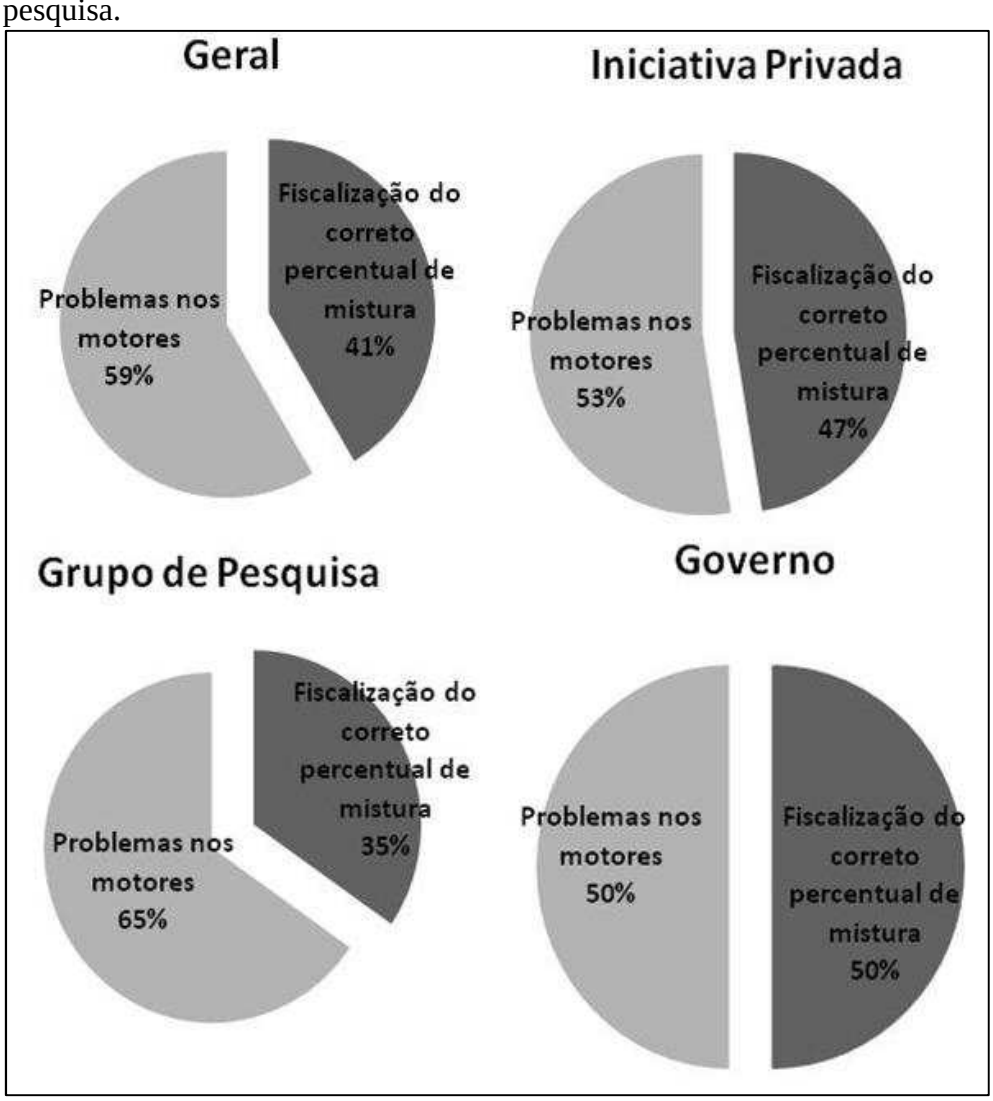


7.7.3 Óleo diesel B

Os resultados das priorizações para as alternativas do fator óleo diesel B apresentam a seguinte ordem de preferência de uma forma geral: problemas nos motores (59%) seguido pela fiscalização do correto percentual de mistura (41%), conforme apresentado no gráfico 23.

A explicação dada por alguns decisores foi de que a comercialização do biodiesel em teor diverso do especificado não ocasiona danos aos consumidores, ao passo que os problemas de qualidade podem ocasionar problemas nos motores.

Gráfico 23 – Resultados de priorização das alternativas relacionadas ao fator óleo diesel B do elo de distribuição de forma geral e pelos grupos de iniciativa privada, governamental e pesquisa.



7.8 VISÃO GERAL DAS PRIORIZAÇÕES

A tabela 9 mostra a visão geral das priorizações de uma forma geral. O principal elo a ser priorizado é o agrícola com 0,543 de prioridade média local (PML). Em seguida, deve ser priorizado o fator sistema de produção com 0,307 de PML, seguido pelo uso da terra com 0,240 de PML e pelo óleo diesel B com 0,120 de PML. Dentre as alternativas, a principal alternativa a ser priorizada é a capacidade produtiva da terra com prioridade média global

(PMG) de 0,131, seguida pelo desmatamento de 0,119 de PMG e pelos insumos de produção com 0,097 de PMG.

Tabela 9 – Visão geral das priorizações médias locais (PML) e das prioridades médias globais (PMG).

Elo	PML	Fatores	PML	Alternativas	PMG
Agrícola	0,543	Uso da Terra	0,238	Alimentos	0,064
				Desmatamento	0,116
				Biodiversidade	0,058
		Sistema de Produção	0,305	Capacidade produtiva da terra	0,133
				Insumos de produção	0,098
				Acesso à terra	0,074
Industrial	0,211	Disponibilidade de matérias-primas	0,086	Quantidade	0,024
				Escala	0,049
				Preço	0,013
		Disponibilidade de Tecnologia	0,075	Álcoois diferentes (metanolxetanol)	0,028
				Matérias-primas diferentes	0,047
		Uso da Tecnologia	0,050	Subprodutos	0,020
				Qualidade do biodiesel	0,030
Distribuição	0,246	Venda do biodiesel	0,063	Custo do biodiesel	0,050
				Oferta	0,013
		Logística	0,064	Modal rodoviário	0,027
				Manutenção da qualidade	0,036
		Óleo diesel B	0,119	Fiscalização do correto percentual de mistura	0,049
				Problemas nos motores	0,070

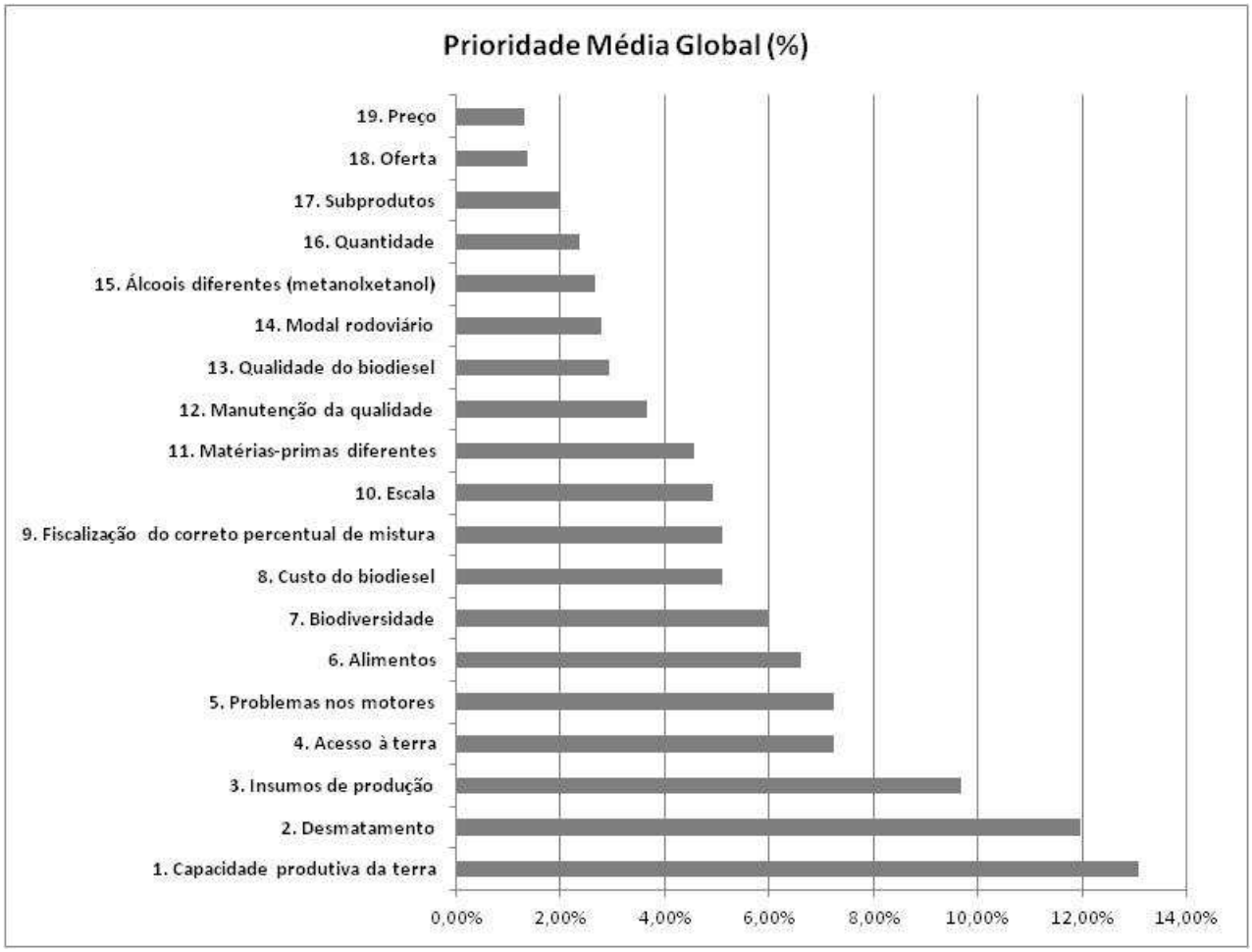
O gráfico 24 apresenta as alternativas organizadas em ordem crescente, ficando demonstrado que acima de 6,00% de prioridade média global (PMG) estão as seguintes alternativas:

- Capacidade Produtiva da Terra;
- Não-Desmatamento;
- Insumos de produção;
- Acesso à terra;
- Problemas nos motores;

- Uso da terra para produção de alimentos.

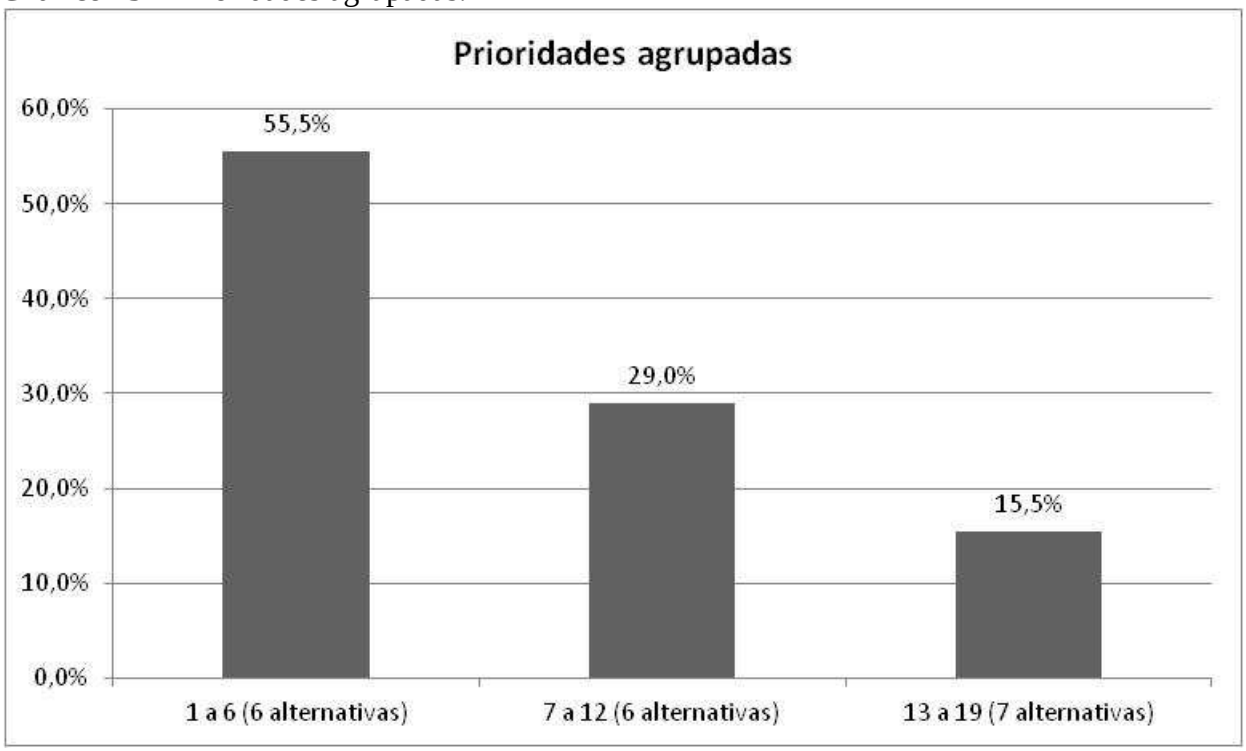
A única alternativa entre as 6 mais priorizadas que não está vinculada ao elo agrícola são os problemas nos motores decorrentes da utilização do óleo diesel B (óleo diesel A com 5% de biodiesel), o que reflete uma preocupação com a qualidade do biodiesel para o consumidor final, como critério fundamental para assegurar a sustentabilidade.

Gráfico 24 – Alternativas classificadas em ordem crescente.



O gráfico 25 apresenta os resultados agrupados por intervalos de classe, conforme a numeração das alternativas existente no gráfico 24, e reforça a importância estratégica das 6 alternativas prioritárias, já mencionadas, com 55,5% da prioridade total.

Gráfico 25 – Prioridades agrupadas.



7.9 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo apresentou a pesquisa de campo e a respectiva classificação por níveis dos decisores consultados, de acordo com os critérios. Os resultados dos testes de consistência de uma forma individual e por grupos são considerados satisfatórios.

Os resultados das priorizações por elos, fatores e alternativas com a discussão das opiniões dos decisores apresentaram as seguintes alternativas organizadas em ordem crescente:

- Capacidade Produtiva da Terra;
- Desmatamento;
- Insumos de produção;
- Acesso à terra;
- Problemas nos motores;
- Alimentos.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 CONCLUSÕES

Destacam-se, a seguir, as principais conclusões que decorrem das análises propostas e desenvolvidas no presente estudo.

- A apresentação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) mostrou que o mesmo foi idealizado a partir da sua base tecnológica com suas três visões: ambiental, social e mercadológica. Foram encontradas duas justificativas para o desenvolvimento do PNPB: aumento do valor do barril de petróleo e preocupações ambientais (principalmente após o estabelecimento do Protocolo de Kyoto). No caso da base tecnológica, identificaram-se os 53 documentos de patentes depositados cadastradas no Portal da Inovação do MCT. Para as visões ambiental, social e mercadológica, pôde-se verificar a presença do governo, como grande indutor, do desenvolvimento do PNPB, ao criar políticas públicas de financiamento, como os leilões de biodiesel, o programa de financiamento do BNDES e ao assegurar a inserção dos agricultores familiares com o Selo Combustível Social.
- Após a análise da legislação, com seus respectivos critérios, e das iniciativas voluntárias para a produção sustentável de biodiesel foi possível agregar 20 critérios, divididos da seguinte forma: elo agrícola; elos agrícola e industrial e elos agrícola, industrial e de distribuição que foram utilizados para elaboração do questionário da tese.
- Foram analisados 138 documentos na base Web of Science, os resultados do estudo sobre o foco das publicações relacionadas à produção sustentável de biodiesel e as tendências acadêmicas apontam que três grandes áreas precisam ser priorizadas no PNPB: análise de sustentabilidade (particularmente, a ACV); tecnologia de processamento (investimentos no processamento de matérias-primas alternativas, com maior produtividade e que não concorrem com a indústria alimentícia) e política energética (principalmente, o desenvolvimento de uma política externa consistente para harmonização das especificações e dos critérios de sustentabilidade do biodiesel). Estes resultados são aplicáveis aos elos agrícola e industrial.
- A partir da revisão bibliográfica combinada com a análise dos dados de mercado, foram mapeados os gargalos em cada elo da cadeia produtiva: Elo agrícola: disponibilidade de terra; participação da agricultura familiar na cadeia produtiva; Elo industrial: problemas na qualidade do biodiesel; utilização da rota metílica ao invés da etílica; Elo de distribuição:

entraves logísticos à distribuição do biodiesel; alto custo do biodiesel frente ao diesel de petróleo; falta de uma metodologia analítica simples para detectar o correto percentual de mistura de biodiesel no diesel.

- O método de análise multicritério foi escolhido pelas seguintes razões: a) a tese trata da cadeia produtiva do biodiesel e se propõe a analisá-la sob a ótica da sustentabilidade; b) a revisão dos artigos científicos, dos dados de mercado, dos elos da cadeia produtiva do biodiesel, das legislações correlatas e das iniciativas voluntárias de sustentabilidade geraram fatores tangíveis e intangíveis, sendo necessário uma organização deles de forma a submeter às preferências dos decisores; c) o horizonte das mudanças necessárias na cadeia produtiva de biodiesel é de 1 a 15 anos (médio prazo); d) existem estudos que estão de acordo com a ideia de que, para a resolução dos problemas de sustentabilidade, deve-se utilizar a metodologia de análise multicritério. No que se refere à escolha do método de análise hierárquica, foram determinantes: a) a capacidade de incluir e medir fatores importantes, qualitativos ou quantitativos sejam eles, tangíveis ou intangíveis; b) a facilidade de uso; c) o fato de serem considerados diferentes atores (decisores) e os conflitos de opiniões.
- A metodologia utilizada mostrou-se adequada à priorização dos fatores e alternativas relacionadas à sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel, permitindo um melhor entendimento sobre os rumos a serem priorizados para assegurar a produção sustentável de biodiesel, evitando-se impacto no preço dos alimentos; emissões de gases causadores de efeito estufa decorrentes da mudança direta e indireta do uso da terra, entre outros.
- Os resultados das priorizações por elos, fatores e alternativas com a discussão das opiniões dos decisores apresentaram as seguintes alternativas organizadas em ordem crescente, representando 55,5% da prioridade total: a) Capacidade Produtiva da Terra; b) Não desmatamento; c) Insumos de produção; d) Acesso à terra; e) Problemas nos motores; f) Alimentos.
- Quanto às cinco dimensões da sustentabilidade (social, econômica, ecológica, espacial/ geográfica e cultural), verifica-se que a Capacidade Produtiva da Terra está relacionada às dimensões econômica, ecológica e espacial; o não desmatamento liga-se às dimensões ecológica e cultural; os insumos de produção relacionam-se às dimensões econômica e ecológica; o acesso à terra está ligado a todas as dimensões (social, econômica, ecológica, espacial/geográfica e cultural); os problemas nos motores, por sua vez, à sustentabilidade econômica e ecológica; os alimentos à sustentabilidade cultural, espacial/geográfica, econômica e social.

8.2 RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os impactos na adoção de critérios de produção sustentável de biodiesel no comércio exterior e a necessidade de se assegurar a sustentabilidade da cadeia produtiva para que ocorram aumentos nos percentuais de mistura de biodiesel no diesel, enquanto não equacionados os gargalos da cadeia produtiva, sugere-se para estudos posteriores:

- a utilização da condição de referência sugerida pela Tese para elaborar indicadores para mensurar a sustentabilidade das diferentes cadeias produtivas existentes no PNPB;
- a implementação das medidas sugeridas ao longo da Tese como forma de assegurar a sustentabilidade da produção do biodiesel na ordem priorizada pelos *stakeholders*, assim como a destinação dos recursos na proporção sugerida pelos resultados das priorizações;
- a avaliação dos impactos econômicos para a introdução das medidas sugeridas ao longo do estudo;
- a construção de um índice de sustentabilidade, a partir das ponderações sugeridas pelos resultados existentes na Tese;
- a análise da flexibilização do percentual de fornecimento de grãos oriundos das Regiões Norte e Nordeste, pois a Região Sul está próxima do seu limite de fornecimento de grãos para o PNPB;
- o estudo da viabilidade de se modificarem os leilões de biodiesel de forma a se ter um agente responsável (sugerem-se as Usinas de Biodiesel) por toda a cadeia produtiva, como forma de assegurar a produção e distribuição sustentável do biodiesel.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA PERNAMBUCANA DE CIÊNCIA AGRONÔMICA. **II Seminário:** biodiesel fonte de energia das oleaginosas em Pernambuco. Disponível em: <http://www.apcagronomica,org.br>. Acesso em: 14 jul. 2011.

ACCARINNI, J. **Programa Nacional de Biodiesel, Cenário Atual e Perspectivas.** Disponível em: <http://www.apcagronomica.org.br/seminario2010/Programacao.htm>. Acesso em: 15 jul. 2011.

ACHTEN, W. M. J.; ALMEIDA, J.; FOBELETS, V.; BOLLE, E.; MATHIJS, E.; SINGH, V. P.; TEWARI, D. N.; VERCHOT, L. V.; MUYS, B. Life cycle assessment of Jatropha biodiesel as transportation fuel in rural India. **Applied Energy,** v. 87, n. 2, p. 3652-3660, 2010.

ACHTEN, W. M. J.; MATHIJS, E.; VERCHOT, L.; SINGH, V. P.; AERTS, R.; MUYS, B. Jatropha biodiesel fueling sustainability? **Biofuels Bioproducts & biorefining-biofpr,** v. 1 n. 4, p. 283-291, 2007.

ADEYEMO, O.; WISE, R.; BRENT, A. The impacts of biodiesel feedstock production systems in South Africa: An application of a Partial Equilibrium Model to the Eastern Cape Social Accounting Matrix. **Journal of Energy in Southern África,** v. 22, n. 1, p. 2-11, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Entenda a Rio +10**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 17 jul. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Informe de Biocombustíveis**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 5 mai. 2011.

ALBERTYN, F. A. **E-process Selection Using Decision Making Methods.** Tese (Doutorado) - Massey University, Palmerston North, 2010. 248 f.

ALVES, A. **Processo para a produção de éster etílico de ácidos graxos e equipamento para a sua realização.** PI0301183, 2003.

ANTONI, D.; ZVERLOV, V. V.; SCHWARZ, W. H. Biofuels from microbes. **Applied microbiology and biotechnology,** v. 77, n. 1, p. 23-35, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. Disponível em: <http://www.abiquim.com.br>. Acesso em: 12 maio 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. **Capacidade de esmagamento de soja nas indústrias de óleo no Brasil 2001 a 2009.** Disponível em: <http://www.abiove.com.br>. Acesso em: 05 maio 2011.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE CULTURA. N. Almeida. **Equipamento para ativação de catalisador ácido.** PI0701516, 2007.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE CULTURA. N. Almeida. **Equipamento para recuperação de etanol e eliminação de água.** PI0701515, 2007.

BADARO, Murilo Prado; CANCADO, Fabio Couto de Araujo. **Sistema de gaseificação de propanotriol para produção de gás combustível sintético, biogás, com produção de energia térmica ou elétrica.** PI0702746, 2007.

BALESTRIN, A. **Uma análise da contribuição de Herbert Simon às teorias organizacionais.** Disponível em: <http://robertobalbino.files.wordpress.com>. Acesso em: 30 ago.2012.

BANCO DO BRASIL. **Programa BB de apoio à produção e uso de biodiesel.** Disponível em: <http://www.bb.com.br>. Acesso em: 10 out. 2011.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Resolução BNDES nº 1.135/2004.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2011.

BASKETT, J. P. C.; JACQUEMARD, J. C.; DURAND-GASSELIN, T.; SURYANA, E.; ZAELANIE, H.; DERMAWAN, E. Planting material as key input for sustainable palm oil. **Journal of oil palm research,** p. 102-114, 2008.

BASTIANONI, S.; COPPOLA, F.; LEZZI, E.; COLACEVICH, A.; BORGHINI, F.; FOCARDI, S. Biofuel potential production from the Orbetello lagoon macroalgae: a comparison with sunflower feedstock. **Biomass & bioenergy,** v. 32, n. 7, p. 619-628, 2008.

BATAN, L.; QUINN, J.; WILLSON, B.; BRADLEY, T. Net Energy and Greenhouse Gas Emission Evaluation of Biodiesel Derived from Microalgae. **Environmental Science & Technology**, v. 44, n. 20, p. 7975-7980, 2010.

BECHET, Q.; SHILTON, A.; FRINGER, O. B.; MUNOZ, R.; GUIEYSSE, B. Mechanistic Modeling of Broth Temperature in Outdoor Photobioreactors. **Environmental science & technology**, v. 44, n. 6, p. 2197-2203, 2010.

BELDEK, U. **Design and Improvement of Multi-Level Decision-Making Models.** Tese (Doutorado) - Middle East Technical University, Çankaya Ankara, 2009. 218 f.

BELITARDO, I.; BENTO, F. **Processo de produção e equipamento para obtenção de biodiesel por reação rápida.** PI0605024, 2006.

BELL, S.; MORSE, S. **Measuring sustainability:** learning from doing. Londres: Earthscan, 2006.

BELL, S.; MORSE, S. **Sustainability indicators**: measuring the immeasurable? 2ed. rev. Londres: Earthscan, 2008.

BERG, C.; KELLER, C. World biofuel industry may be in for recovery in 2010. **International sugar journal**; v. 112, n.1334, p. 58, 2010.

BESSOU, C.; FERCHAUD, F.; GABRIELLE, B.; MARY, B. Biofuels, greenhouse gases and climate change: A review. **Agronomy for sustainable development**; v**.** 31, n.1, p. 1-79, 2011.

BIODIESEL. **Programa nacional de produção e uso de biodiesel: o programa.** Disponível em: <http: www.biodiesel.gov.br>. Acesso em: 05 mar. 2008.

BIOMINAS IND DE DERIVADOS OLEA. Alex Nogueira. **Self-sustainable mobile biodiesel production plant and method.** WO2010085864, 5 ago. 2010.

BLACKBURN, W. **The Sustainability Handbook.** Washington: Environmental Law Institute, 2008.

BOFF, A. **Disposição construtiva aplicada em caixa redutora.** MU8200104, 2002.

BOFF, A. **Veículo com segundo eixo dianteiro dirigível para transporte urbano de passageiros.** MU8301654, 2003.

BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F.; HUISINGH, D. The roles of cleaner production in the sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue. **Journal of cleaner production**; v**.** 18, n. 1, p.1-5, 2010.

BORSCHIVER, S. **Levantamento, classificação e categorização dos indicadores da atividade de PD&E.** Disponível em <http://www.uff.br/rpca/Volume_1/PDE.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2010.

BOSSEL, H. **Indicators for sustainable development**: theory, method, applications: a report to the Balaton Group. Winnipipeg: International Institute for Sustainable Development, 1999. 124 p.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 2, de 29 de janeiro de 2008. Regulamenta a utilização de teores de B100 diversos do autorizado em frotas cativas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 30 jan. 2008. Seção 1, p. 128-129.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 7, de 19 de março de 2008. Regulamenta a especificação do biodiesel. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 20 mar. 2008. Seção 1, p. 37-38.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 18, de 22 de junho de 2007. Regulamenta autorização prévia, caso o consumo mensal exceda 10.000 litros de combustíveis experimentais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 25 jun. 2007. Seção 1, p. 77-78.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 25, de 2 de setembro de 2008. Regulamenta as atividades de produção e comercialização do biodiesel. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 3 set. 2007. Seção 1, p. 67-69.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 33, de 30 de outubro de 2007. Regulamenta os leilões de biodiesel. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 31 out. 2007. Seção 1, p. 98-99.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 45, de 11 de dezembro de 2007. Regulamenta o estoque mensal de biodiesel pela REFAP e pela PETROBRAS. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 12 dez. 2007. Seção 1, p. 64.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Seção 1, p. 8.

BRASIL. Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005. Dispõe sobre o Registro Especial, na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, de produtor ou importador de biodiesel e sobre a incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins sobre as receitas decorrentes da venda desse produto; altera as Leis nos 10.451, de 10 de maio de 2002, e 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 19 mai. 2005. Seção 1, p. 2.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim DCR nº 39**. Disponível em: <http://www.ubrabio.com.br>. Acesso em: 05 maio 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Empresas com selo combustível social.** Disponível em: <http://www.mda.gov.br>. Acesso em: 5 maio 2011.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instrução Normativa nº 01, de 28 de setembro de 2005. Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos ao enquadramento de projetos de produção de biodiesel ao selo combustível social. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 30 set. 2005. Seção 1, p. 125-126.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instrução Normativa nº 01, de 19 de fevereiro de 2009. Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do selo combustível social. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 25 fev. 2009. Seção 1, p.71-73.

BRASIL. Secretaria da Receita Federal do Brasil. Instrução Normativa RFB nº 1.053, de 12 de julho de 2010. Dispõe sobre o Registro Especial a que estão sujeitos os produtores e os importadores de biodiesel, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF, 13 jul. 2010. Seção 1, p. 36-37.

BRASPAIN ECO DIESEL COMERCIO E REPRESENTACOES COMERCIAIS LTDA. Galdino Sarabion Vieira Machado. **Processo de fabricação de biodiesel sem efluentes e secagem a frio.** PI0702102, 2007.

BRENNAN, L.; OWENDE, P. Biofuels from microalgae-A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. **Renewable & sustainable energy reviews**, v. 14, n. 2, p. 557-577, 2010.

BRENT, A.; SIGAMONEY, R.; VON BLOTTNITZ, H.; HIETKAMP, S. Life cycle inventories to assess value chains in the South African biofuels industry. **Journal of Energy in Southern Africa,** v. 21, n. 4, p. 15-25, 2010.

BRUNDTLAND, G. **Nosso futuro comum.** 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

BUCHHOLZ, T., LUZADIS, V., VOLK, T. Sustainability criteria for bioenergy systems: results from an expert survey. **Journal of cleaner production,** v. 17, p. S86-S98, 2009.

BUCHHOLZ, T.; RAMETSTEINER, E.; VOLK, T.; LUZADIS, V. Multi Criteria Analysis for bioenergy systems assessments. **Energy Policy**, v. 37, p. 484-495, 2009.

CALVINO-CASILDA, V.; GUERRERO-PEREZ, M.O.; BANARES, M.A. Microwave-activated direct synthesis of acrylonitrile from glycerol under mild conditions: effect of niobium as dopant of the V-Sb oxide catalytic system. **Applied catalysis b-environmental**, v. 95, n. 3-4, p. 192-196, 2010.

CAO, K.; FENG, X. The emergy analysis of multi-product systems. **Process safety and environmental protection**, v. 85, n. B5, p. 494-500, 2007.

CARIOCA, J. O. B.; ALMEIDA, M. F. L. Desenvolvimento da Química Verde no Brasil. **Revista de Química Industrial,** v. 79, n. 730, p. 3-8, 2011.

CENTRAL PLAST-TANQUES PARA CAMINHÕES LTDA. Antonio Martinho Marchiori. **Processo e equipamento para obtenção de combustível biodiesel.** PI0602536, 2006.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO. Andre Manoel Goja Ferreira; Carlos Nagib Khalil; Marcia Cristina Khalil de Oliveira. **Mistura combustível**. PI0405125, 2004.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO. Bruna Santiago Dias; Carla de Araujo Ferreira; Michele Sabba; Jose Antonio Vidal Vieira; Sonia Maria Cabral de Menezes. **Processo para a produção de biodiesel.** PI0503631, 2005.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO. Bernardo Galvao Siqueira; Carlos Rene Klotz Rabello; Raphael Bezerra de Menezes. **Método para reciclagem e aproveitamento da glicerina obtida da produção do biodiesel.** PI0701993, 2007.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO. Jose Luiz Zotin; Marcio de Figueiredo Portilho; Michele Sabba; Jose Antonio Vidal Vieira. **Processo para produção de biodiesel a partir de óleos vegetais e gorduras utilizando catalisadores heterogêneos.** PI0702373, 2007.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO LEOPOLDO AMÉRICO MIGUEZ DE MELLO. Mauro Silva; Wilson Kenzo Huziwara; Amilcar Pereira da Silva Neto; Julio Amilcar Ramos Cabral; Luiz Carlos Casavechia; Carlos Nagib Khalil; Lucia Cristina Ferreira Leite; Raul de Carvalho Silva; Andrea de Rezende Pinho. **Processo de craqueamento catalítico para produção de diesel a partir de sementes de oleaginosas.** PI0702541, 2007.

CHERUBINI, F. The biorefinery concept: using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. **Energy conversion and management**, v. 51, n. 7, p. 1412-1421, 2010.

CHHETRI, A. B.; TANGO, M. S.; BUDGE, S. M.; WATTS, K. C.; ISLAM, M. R. Non-edible plant oils as new sources for biodiesel production. **International journal of molecular sciences,** v. 9, n. 2, p. 169-180, 2008.

CHIAVARI, J. Assessment of the Potential for Producing Liquid Biofuels from Alternative Feedstocks Grown on Degraded Land and Saline Soils. **Journal of biobased materials and bioenergy,** v. 4, n. 3, p. 267-287, 2010.

CHISTI, Y. A bioeconomy vision of sustainability. **Biofuels bioproducts & biorefining-biofpr**, v. 4, n. 4, p. 359-361, 2010.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology advances**, v. 25, n. 3, p. 294-306, 2007.

COCCO, D. Comparative study on energy sustainability of biofuel production chains. **Proceedings of the institution of mechanical engineers part a-journal of power and energy**, v. 221, n. A5, p. 637-645, 2007.

COITINHO, M. **Influência da incerteza no processo de decisão:** priorização de projetos de melhoria. Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

COMPANHIA BRASILEIRA DE METALURGIA E MINERAÇÃO. Donato Alexandre Gomes Aranda; Rafael Richard João; Rafael Thomaz Pergentino Santos; Antonio Telhado Pereira; Robson de Souza Monteiro; Kensley Alves de Oliveira. **Processo para a produção de biodiesel a partir da esterificação de ácidos graxos livres.** PI0500417, 2005.

CONCEIÇÃO, M. M.; CANDEIA, R. A.; DANTAS, H. J.; SOLEDADE, L. E. B.; FERNANDES JR., V. J.; SOUZA, A. G. Rheological behavior of castor oil biodiesel. **Energy & fuels,** v. 19, p. 2185-2188, 2005.

CORDEIRO, C. S.; DA SILVA, F. R.; WYPYCH, F.; RAMOS, L. P. Heterogeneous catalysts for biodiesel production. **Química Nova**, v. 34, n. 3, p. 477-486, 2011.

COSTENOBLE, O. CEN Sustainability Standards in Support of the EC Directive's Implementation. **2nd international congress on biodiesel**: the science and the technologies**.** Munique: AOCS, 2009.

COVRIG, C.; BOSCH-GUAL, L. Assessing European biodiesel markets and capacities. **Biofuels Bioproducts & Bioferining-Biofpr,** v. 4, n. 6, p. 590-593, 2010.

CRESTANA, S. O papel da Embrapa na produção de biocombustíveis. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 60., 2008, Campinas. **Anais**... São Paulo: SBPC/UNICAMP, 2008.

CRISTO, C. M. P. N.; FERREIRA, J. R. (coord). **O futuro da indústria:** biodiesel. Brasília: MDIC, STI, IEL, 2006.

CRUZ, E. P. **Modelo multicritério e multidecisor para priorização de ações em Ciência, Tecnologia e Inovação**: um estudo no Fórum de Competitividade da Cadeia Produtiva da Indústria Farmacêutica. Tese (doutorado) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

D'AVILA, L. A.; SEIDL, P. R.; GUSMÃO, A.; ANTUNES, A. M. S. The school of chemistry of the Federal University of Rio de Janeiro and the brazilian green chemistry school: promoting teaching and research on sustainability of chemical processes and the green chemistry database. In: CARIOCA, J. O. B. (Ed) **Brazilian network on green chemistry**: awareness, responsibility and action. Fortaleza: UFC, 2008.

DALIAN TECH. Zhilong Xiu; Zhixia Liang; Hu Teng; Jianying Dai. **Method for coproducing multiple products by taking shinyleaf yellowhorn as raw material.** CN101575619, 11 nov. 2009.

DASGUPTA, P. Measuring sustainable development: theory and application. **Asian Development Review**, v. 24, n. 1, p. 1-10, 2007.

DE SOUZA, S. P.; PACCA, S.; DE AVILA, M. T.; BORGES, J. L. B. Greenhouse gas emissions and energy balance of palm oil biofuel. **Renewable energy**, v. 35, n. 11, p. 2552-2561, 2010.

DE VRIES, S. C.; VAN DE VEN, G. W. J.; VAN ITTERSUM, M. K.; GILLER, K. E. Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation conversion techniques. **Biomass & bioenergy**, v. 34, n. 5, p. 588-601, 2010.

DEMIRBAS, A. Biorefinery Technologies for Biomass Upgrading. **Energy sources part a-recovery utilization and environmental effects**, v. 32, n. 16, p. 1547-1558, 2010.

DEMIRBAS, A. H. Biofuels for future transportation necessity. **Energy education science and technology part a-energy science and research,** v. 26, n. 1, p. 13-23, 2010.

DEMIRBAS, A. H.; DEMIRBAS, I. Importance of rural bioenergy for developing countries. **Energy conversion and management,** v. 48, n. 8, p. 2386-2398, 2007.

DEMIRBAS, A. Recent progress in biorenewable feedstocks. **Energy education science and technology,** v. 22, n. 1, p. 69-95, 2008.

DEMIRBAS, M. F. Biorefineries for biofuel upgrading: a critical review. **Applied energy**, v. 86, n. S151-S161, 2009.

DESTEFANO, Ariel Orlando. **Utilização de glicerol ou glicerina (nome comercial), proveniente dos resíduos da produção do biodiesel como ativo ou ingrediente inerte, na fabricação de defensivos agrícolas, adjuvante ou adubos foliar.** PI0703636, 2007.

DEVAPPA, R. K.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritional, Biochemical, and Pharmaceutical Potential of Proteins and Peptides from Jatropha: Review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 11, p. 6543-6555, 2010.

DIAS, G. F. **Educação ambiental:** princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1991.

DIESEL, R. The Diesel Oil-Engine. **Engineering,** v. 93, p. 395-406, 1912.

DINH, L. T. T.; GUO, Y. Y.; MANNAN, M. S. Sustainability Evaluation of Biodiesel Production Using Multicriteria Decision-Making. **Environmental progress & sustainable energy,** v. 28, n. 1, p. 38-46, 2009.

DOMINGUES, Carlos Aparecido; JORGE, Jose Benedito; LAZARINI, Luiz Henrique. **Processo de extração de óleo para fabricação de biodiesel com utilização de energia solar como fonte de aquecimento dos fluidos utilizados no processo**. PI0602280, 2006.

EARTH SUMMIT. **Earth summit 2002 explained**. Disponível em: <http://www.earthsummit2002.org>. Acesso em: 17 jul. 2010.

EMERGY MARKETS. **World biodiesel production and capacity.** Disponível em: <http://www.emerging-markets.com>. Acesso em: 2 jan. 2010.

EPSTEIN, M. J. **Making sustainability work**. San Francisco: Greenleaf Publishing Limited, 2008.

ESCOBAR, J.; LORA, E.; VENTURINI, O.; YANES, E.; CASTILLO, E.; ALMAZAN, O. Biofuels: environment, technology and food security. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 13, p. 1275-1287, 2009.

ETRURIA INDUSTRIA DE FIBRAS E FIOS SINTETICOS LTDA. Sergio Di Bonaventura. **Reator e processo para produção de biodiesel.** PI0602511, 2006.

EU RED. **Directive on renewable energy.** Disponível em: <http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/sustainability_criteria_en.htm>. Acesso em: 26 dez. 2011.

FAIRCLOTH, W. H.; FERRELL, J. A.; MAIN, C. L. Weed-Control Systems for Peanut Grown as a Biofuel Feedstock. **Weed technology**, v. 22, n. 4, p. 584-590, 2008.

FAST INDUSTRIA E COMERCIO LTDA. Carlos Enesto Covalski. **Processo de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais para produção de biodiesel.** MU8602286, 2006.

FERREIRA, A. B. (Org.). **O mini dicionário da língua portuguesa.** 4. ed. Rio de Janeiro: Positivo, 2002.

FERTIBOM TECNOLOGIA LTDA. Roberto Carlos Lima Sampaio; Luciana Camacho Rodrigues. **Quantificação espectrofotométrica de glicerol em biodiesel.** PI0504024, 2005.

FGV PROJETOS. **O biodiesel e sua contribuição ao desenvolvimento brasileiro.** Disponível em: <http://www.ubrabio.com.br>. Acesso em: 3 maio 2010.

FOUNDATION FOR ADVANCED STUDIES ON INTERNATIONAL DEVELOPMENT. **Green revolution in Asia and its transferability to Africa.** Disponível em: <http://www.fasid.or.jp>. Acesso em: 10 out. 2011.

FREEMAN, R. E. **Strategic Management**: a Stakeholder Approach. Boston: Pitman, 1984.

FRESCO, L. O.; KROONENBERG, S. B. Time and spatial scales in ecological sustainability. **Land use policy**, v. 9, p. 155-168, 1992.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **What is Different About This Project?** Disponível em: <http://www.fapesp.br/en/5577>. Acesso em: 27 jan. 2012.

GARCEZ, C.; VIANNA, J. Brazilian Biodiesel Policy: social and environmental considerations. **Energy**, v. 34, p. 645-654, 2009.

GARCIA, J. **Configuração aplicada em processo de extrusão e prensagem de oleaginosas.** MU8600096, 2006.

GARCIA, S.M.; STAPLES, D.J. Sustainability reference systems and indicators for responsible marine capture fisheries: a review of concepts and elements for a set of guidelines. **Marine and Freshwater Research**; v. 51, n.5, p. 385-426, 2000.

GAROFALO, M. DALL'OGLIO, E. L.; SOUSA JÚNIOR, P. T. de. **Processo para a produção de biodiesel utilizando óleos vegetais ou gordura animal e indução por microondas**. PI0403530, 2004.

GEA WESTFALIA SEPARATOR DO BRASIL INDUSTRIA DE CENTRIFUGAS LTDA. Ivor Fazzioni. **Processo contínuo para produção de biodiesel**. PI0404243, 2004.

GEIGER, H. **Equipamento equalizador de densidade de óleo biodiesel em motores de autocombustão.** PI0603599, 2006.

GERBENS-LEENES, W.; HOEKSTRA, A. Y.; VAN DER MEER, T. H. The water footprint of bioenergy. **Proceedings of the Nnational Academy of Ssciences of the United States of America,** v. 106, n. 25, p. 10219-10223, 2009.

GESTAO DE ENERGIA RENOVAVEL E APROVEITAMENTO DE RESIDUOS LTDA. Andrea Borges de Souza Cruz; Priscylla dos Santos Freiria Lopes. **Método e aparato para a produção de biodiesel.** PI0600005, 2006.

GIAMPIETRO, M.; ULGIATI, S. Integrated assessment of large-scale biofuel production. **Critical reviews in plant sciences**, v. 24, p. 5-6, p. 365-384, 2005.

GILBERT, A. Criteria for sustainability in the development of indicators for sustainable development. **Chemosphere**, v. 33, n. 9, p. 1739-1748, 1996.

GLOBAL BIOENERGY PARTNERSHIP. **The Global Bioenergy Partnership (GBEP) sustainability indicators for bioenergy.** Disponível em: <http://www.globalbioenergy.org>. Acesso em: 27 jun. 2011.

GMG MOTOR E GERADOR DIESEL LTDA; EVARISTO OTAVIANO DE ANDRADE NETO. Evaristo Otaviano de Andrade Neto. **Aperfeiçoamento introduzido em gerador móvel composto por duas células.** PI0605454, 2006.

GODINHO, J. C. M. **Aplicação de método de análise multicritério na escolha de traçado de linhas de ônibus de transporte público utilizando sistema de informação geográfica.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

GOH, C. S.; LEE, K. T. A visionary and conceptual macroalgae-based third-generation bioethanol (TGB) biorefinery in Sabah, Malaysia as an underlay for renewable and sustainable development. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v.14, n.2, p. 842-848, 2010b.

GOH, C. S.; LEE, K. T. Palm-based biofuel refinery (PBR) to substitute petroleum refinery: an energy and emergy assessment. **Renewable & Sustainable Energy Reviews,** v. 14, n. 9, p. 2986-2995, 2010a.

GOODLAND, R.; DALY, H. Environmental sustainability: universal and non-negotiable. **Ecological applications**, v. 6, n. 4, p. 1002-1017, 1996.

GOUVEIA, L.; OLIVEIRA, A.C. Microalgae as a raw material for biofuels production. **Journal of industrial microbiology & biotechnology**, v. 36, n. 2, p. 269-274, 2009.

GRANADOS, M. L.; ALONSO, D. M.; SADABA, I.; MARISCAL, R.; OCON, P. Leaching and homogeneous contribution in liquid phase reaction catalysed by solids: the case of triglycerides methanolysis using CaO. **Applied catalysis b-environmental**, v. 89, n. 1-2, p. 265-272, 2009.

GRANDA, C. B.; ZHU, L.; HOLTZAPPLE, M. T. Sustainable liquid biofuels and their environmental impact. **Environmental progress,** v. 26, n. 3, p. 233-250, 2007.

GROOM, M. J.; GRAY, E. M.; TOWNSEND, P. A. Biofuels and biodiversity: principles for creating better policies for biofuel production. **Conservation biology,** v. 22, n. 3, p. 602-609, 2008.

GUARIEIRO, L; PINTO, A.; AGUIAR, P.; RIBEIRO, N. Metodologia analítica para quantificar o teor de biodiesel na mistura biodiesel: diesel utilizando espectroscopia na região do infravermelho. **Quím. Nova**, São Paulo, vol. 31, n. 2, 2008.

HAAS, M. J.; FOGLIA, T. A. **Alternate feedstocks and tecnologies for biodiesel production.** Champaign: AOCS PRESS, 2005.

HALIM, I.; SRINIVASAN, R. A knowledge-based simulation-optimization framework and system for sustainable process operations. **Computers & Chemical Engineering**, v. 35, n. 1, p. 92-105, 2011.

HALL, J.; MATOS, S. Incorporating impoverished communities in sustainable supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 1-2, p. 124-147, 2010.

HALL, J.; MATOS, S.; SEVERINO, L.; BELTRÃO, N. Brazilian biofuels and social exclusion: established and concentrated ethanol versus emerging and dispersed biodiesel. **Journal of cleaner production,** v. 17, n. 1- 9, 2009.

HAMPRECHT, J.; SHARMA, S. A resource-based view on institutional entrepreneurship. In: GRONEN RESEARCH CONFERENCE, 2006, St. Gallen. **Anais…** Granada: GRONEN, 2006.

HANSEN, S. F. Multicriteria mapping of stakeholder preferences in regulating nanotechnology. **J Nanopart Res**, v. 12, p. 1959-1970, 2010.

HARUN, R.; DAVIDSON, M.; DOYLE, M.; GOPIRAJ, R.; DANQUAH, M.; FORDE, G. Technoeconomic analysis of an integrated microalgae photobioreactor, biodiesel and biogas production facility. **Biomass & Bioenergy**, v. 35, n. 1, p. 741-747, 2011.

HASLENDA, H.; JAMALUDIN, M. Z. Industry to Industry By-products Exchange Network towards zero waste in palm oil refining processes. **Resources, Conservation And Recycling**, p. 713-718, 2011.

HAYE, S., HARDTKE, C. The Roundtable on Sustainable Biofuels: plant scientist input needed. **Trends in plant science**, v. 4, p. 410-412, 2009.

HOEFNAGELS, R.; SMEETS, E.; FAAIJ, A. Greenhouse gas footprints of different biofuel production systems. **Renewable & sustainable energy reviews**, v. 14, n. 7, p. 1661-1694, 2010.

HOEKMAN, S. K. Biofuels in the US: challenges and opportunities. **Renewable energy**, v. 34, n. 1, p. 14-22, 2009.

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

HUANG, Y. X.; CHEN, C. W.; FAN, Y. Y. Multistage optimization of the supply chains of biofuels. **Transportation research part e-logistics and transportation review**, v. 46, n. 6, p. 820-830, 2010.

HUGGINS, D. R.; KAROW, R. S.; COLLINS, H. P.; RANSOM, J. K. Introduction: evaluating long-term impacts of harvesting crop residues on soil quality. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 1, p. 230-233, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.** Disponível em: <http:\\www.biodiesel.gov.br>. Acesso em: 3 mar. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Biocombustíveis no Brasil**: Etanol e Biodiesel. Brasília: IPEA, 2010. (Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro, Comunicado do Ipea, n. 53)

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DE SÃO PAULO. Jose Geraldo da Cruz Pradella; Jose Marcio Carter; Rosa Mitiko Saito Matsubara; Jose Gregorio Cabrera Gomes; Maria Filomena de Andrade Rodrigues; Elda Sabino da Silva; Marilda Keico Taciro; Alfredo Eduardo Maiorano. **Processo de produção de polihidroxialcanoatos a partir de glicerol ou resíduos contendo glicerol.** PI0501139, 2005.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DO PARANÁ. Cyro Ketzer Saul; Marcelo Adriano Aliske; Wanderley Veiga. **Método de determinação de percentual de mistura de biodiesel em óleo diesel.** PI0505856, 2005.

INSTITUTO MAUA DE TECNOLOGIA. Artur Selmikaitis; Luiz Alberto Jermelovicius; Renata Borges do Nascimento; Jose Thomaz Senise; Edmilson Renato de Castro. **Processo para produção de biodiesel a partir de borra de refino de óleos vegetais estimulada por microondas, e respectivo equipamento para sua realização**. PI0604251, 2006.

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA. Andrea Maria Duarte de Farias; Luiz Eduardo Pizarro Borges; Raquel Medeiros da Silva; Wilma De Araujo Gonzalez. **Catalisador e processo para transesterificação de ésteres de ácidos graxos.** PI0603904, 2006.

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA. Claudia Maria Campinha dos Santos; Jose Daniel Figueroa Villar; Luiz Eduardo Pizarro Borges; Marcia Helena Rodrigues Velloso; Wilma de Araujo Gonzalez. **Processo para a produção de derivado de ácido linoléico por biotransformação de co-produtos de biodiesel.** PI0604222, 2006.

INTECNIAL; FUNDAÇÃO REGIONAL INTEGRADA. Alcir Dall'agnol; Jose Vladimir de Oliveira; Ari Osvaldo Baldus; Eloi Ricardo Nascimento Sobrinho; Claudio Dariva. **Processo de produção de biodiesel sem catalisador em meio contínuo**. PI0502891, 2005.

ISHIZAKA, A.; LABIB, A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process. **Expert systems with Applications,** v. 38, p. 14336-14345, 2011.

ISMAIL, M.; ROSSI, A. **A compilation of bioenergy sustainability initiatives.** Disponível em: <http://www.fao.org/bioenergy>. Acesso em: 27 dez. 2011.

JAIN, S.; SHARMA, M. P. Prospects of biodiesel from Jatropha in India: A review. **Renewable & sustainable energy reviews**, v. 14, n. 2, p. 763-771, 2010.

JARADAT, A. A. Genetic resources of energy crops: biological systems to combat climate change. **Australian journal of crop science**, v. 4, n. 5, p. 309-323, 2010.

JAWETZ, P. Global sustainability requires decreased dependence on fossil carbon. In: CARIOCA, J. O. B. (Ed) **Brazilian network on green chemistry**: awareness, responsibility and action. Fortaleza: UFC, 2008.

JEON, C. M. **Incorporating sustainability into transportation planning and decision making**: definitions, performance measures, and evaluation. Tese (doutorado) - Georgia Institute of Technology, Georgia, 2007.

JOBE, M. American perspective. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON BIODIESEL, 2., 2009, Munique. **The science and the technologies**: anais... Munique: AOCS, 2009.

JUNGBLUTH, N., USTER, Z.H. GHG Emissions and Sustainability Aspects of Biodiesel. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON BIODIESEL, 2., 2009, Munique. **The science and the technologies**: anais... Munique: AOCS, 2009.

JUNGINGER, M.; VAN DAM, J.; ZARRILLI, S.; MOHAMED, F. A.; MARCHAL, D.; FAAIJ, A. Opportunities and barriers for international bioenergy trade. **Energy Policy,** v. 39, n. 4, p. 2028-2042, 2011.

KALAM, M. A.; MASJUKI, H. H.; JAYED, M. H.; LIAQUAT, A. M. Emission and performance characteristics of an indirect ignition diesel engine fuelled with waste cooking oil. **Energy**, v. 36, n. 1, p. 397-402, 2011.

KAPILAN, N.; BABU, T. P. A.; REDDY, R. P. Improvement of performance of vegetable oil fuelled agricultural diesel engine. **Bulgarian journal of agricultural science**, v. 15, n. 6, p. 610-616, 2009.

KARAS, E. L. Programas de utilização de combustível alternativo. In: BIODIESEL CONGRESS, São Paulo. **Anais…** São Paulo: Informa Group, 2010.

KATES, R. W.; PARRIS, T. M.; LEISEROWITZ, A. A. What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 47, n. 3, p. 8-21, 2005.

KHAN, M. I.; CHHETRI, A. B.; ISLAM, M. R. Analyzing sustainability of community-based energy technologies. **Energy sources part b-economics planning and policy**, v. 2, n. 4, p. 403-419, 2007.

KHAN, S. A.; RASHMI, A.; HUSSAIN, M. Z.; PRASAD, S.; BANERJEE, U. C. Prospects of biodiesel production from microalgae in India. **Renewable & sustainable energy reviews**, v. 13, n. 9, p. 2361-2372, 2009.

KNOTHE, G.; KRAHL, J.; GERPEN, J. V. **Manual de biodiesel.** São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

KOGANTI, S.; KUO, T. M.; KURTZMAN, C. P.; SMITH, N.; JU, L. K. Production of arabitol from glycerol: strain screening and study of factors affecting production yield. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 90, n. 1, p. 257-267, 2011.

KRALJ, A. K. Heat integration between two biodiesel processes using a simple method. **Energy & Fuels,** p. 1972-1979, 2008.

KUMAR, A.; ERGAS, S.; YUAN, X.; SAHU, A.; ZHANG, Q. O.; DEWULF, J.; MALCATA, F. X.; VAN LANGENHOVE, H. Enhanced CO2 fixation and biofuel production via microalgae: recent developments and future directions. **Trends in biotechnology**, v. 28, n. 7, p. 371-380, 2010.

KUMARAN, P.; MAZLINI, N.; HUSSEIN, I.; NAZRAIN, M.; KHAIRUL, M. Technical feasibility studies for Langkawi WCO (waste cooking oil) derived-biodiesel. **Energy**, v. 36, n. 3, p. 1386-1393, 2011.

LA ROVERE, E. L.; SOARES, J. B.; OLIVEIRA, L. B.; LAURIA, T. Sustainable expansion of electricity sector: Sustainability indicators as an instrument to support decision making. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 422-429, 2010.

LAL, R. Soil science and the carbon civilization. **Soil Science Society Of America Journal**, v. 71, n. 5, p. 1425-1437, 2007.

LAM, M. K.; LEE, K.T.; MOHAMED, A. R. Life cycle assessment for the production of biodiesel: A case study in Malaysia for palm oil versus jatropha oil. **Biofuels Bioproducts & Biorefining-Biofpr**, v. 3, n. 6, p. 601-612, 2009.

LAM, M.K.; LEE, K.T. Renewable and sustainable bioenergies production from palm oil mill effluent (POME): Win-win strategies toward better environmental protection. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 1, p. 124-141, 2011.

LAMERS, P.; MCCORMICK, K.; HILBERT, J.A. The emerging liquid biofuel market in Argentina: Implications for domestic demand and international trade. **Energy Policy**, v. 36, n. 4, p. 1479-1490, 2008.

LAPOLA, D.; SCHALDACHA, R.; ALCAMOA, J.; BONDEAUD, A.; KOCHA, J.; KOELKINGA, C.; PRIESSE, J. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. **PNAS**, v. 107, n. 8, p. 3393, 2010.

LAPUERTA, M.; RODRIGUEZ-FERNANDEZ, J.; OLIVA, F.; CANOIRA, L. Biodiesel from Low-Grade Animal Fats: Diesel Engine Performance and Emissions. **Energy & Fuels**, v. 23, n. 1, p. 121-129, 2009.

LI, Q.; DU, W.; LIU, D. H. Perspectives of microbial oils for biodiesel production. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 80, n. 5, p. 749-756, 2008.

LI, X.A.; ZANWAR, A.; JAYSWAL, A.; LOU, H.H.; HUANG, Y.L. Incorporating Exergy Analysis and Inherent Safety Analysis for Sustainability Assessment of Biofuels. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 50, n. 5, p. 2981-2993, 2011.

LIM, Seow, KUBY, Michael. Heuristic algorithms for siting alternative-fuel stations using the Flow-Refueling Location Model. **European Journal of Operational Research**, v. 204, p. 51-61, 2010.

LIMA, H. **ANP contratará certificadora para avaliar produção de biodiesel.** Disponível em: <www.portaldoagronegocio.com.br>. Acesso em: 15 jul. 2011.

LIMA, H. **Petróleo no Brasil:** a situação, o modelo e a política atual. Rio de Janeiro: Synergia, 2008.

LINKOV, I.; LONEY, D.; CORMIER, S.; SATTERSTROM, F.; BRIDGES, T. Weight-of-evidence evaluation in environmental assessment: Review of qualitative and quantitative approaches. **Science of the Total Environment**, v. 407, p. 5199-5205, 2009.

LISKA, A. J.; CASSMAN, K. G. Towards Standardization of Life-Cycle Metrics for Biofuels: Greenhouse Gas Emissions Mitigation and Net Energy Yield. **Journal Of Biobased Materials and Bioenergy**, v. 2, n. 3, p. 187-203, 2008.

LORA, E. E. S.; PALACIO, J. C. E.; ROCHA, M. H.; RENO, M. L. G.; VENTURINI, O. J.; DEL OLMO, A. O. Issues to consider, existing tools and constraints in biofuels sustainability assessments. **Energy**, v. 36, n. 4, p. 2097-2110, 2011.

LUO, G.; TALEBNIA, F.; KARAKASHEV, D.; XIE, L.; ZHOU, Q.; ANGELIDAKI, I. Enhanced bioenergy recovery from rapeseed plant in a biorefinery concept. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 2, p. 1433-1439, 2011.

LYNAM, J.K.; HERDT, R.W. Sense and sustainability: sustainability as an objective in international agricultural research. **Agricultural Economics**, v.3, p. 381-398, 1989.

MAHAJANI, S.; CHAVAN, S.; MAHAJANI, S.; RAMAN, V.K. Biodiesel Production from Algae Exposed to Stressful Conditions. **Journal of Pure and Applied Microbiology**, v. 4, n. 1, p. 339-342, 2010.

MAJER, S.; MUELLER-LANGER, F.; ZELLER, V.; KALTSCHMITT, M. Implications of biodiesel production and utilisation on global climate - A literature review. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 111, n. 8, p. 747-762, 2009.

MARCONDES, F. Desafios logísticos para o transporte e distribuição dos combustíveis com novas especificações. In: FÓRUM DE DEBATES SOBRE QUALIDADE E USO DE COMBUSTÍVEIS, 7., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo, IBP, 2010.

MARLAIR, G.; ROTUREAU, P.; BREULET, H.; BROHEZ, S. Booming development of biofuels for transport: Is fire safety of concern? **Fire and Materials**, v. 33, n. 1, p. 1-19, 2009.

MARTINS, J. Logística de distribuição de biodiesel no Brasil. In: Seminario Latinoamericano y Del Caribe de Biocombustibles, 2., 2007. El Salvador. **Anais**…El Salvador: OLADE, 2007.

MB DO BRASIL CONSULTORIA E COMERCIO DE EQUIPAMENTOS E PROCESSO PARA O BIODIESEL LTDA. **Processo para produção industrial de combustível renovável**. PI0403140, 2004.

MEHER, L. C.; VIDYA SAGAR, D.; NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 10, p. 248-268, 2006.

MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras. **BNDES Setorial**, v. 31, p. 253-280, 2010.

MENDES, P. A. S.; BARROS, A. K.; D'ÁVILA, L. Papel estratégico da ANP: a importância dos leilões e o desafio da produção sustentável de biocombustíveis. RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE, 2010, Rio de Janeiro. **Anais…** Rio de Janeiro: IBP, 2010.

MEPPEM, T.; GILL, R. Planning for sustainability as a learning concept. **Ecological Economics,** v. 26, p. 121–137, 1998.

METER, K. **Neighborhood sustainability indicators guidebook:** how to create neighborhood sustainability indicators in your neighborhood. Crossroads Resource Center: Minneapolis, 1999. Disponível em: <http://www.crcworks.org/guide.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2010.

MINEIRO, A. **Aplicação de programação não-linear como ferramenta de auxílio à tomada de decisão na gestão de um clube de investimento.** 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

MIRAGLIA, S. G. E. Health, environmental, and economic costs from the use of a stabilized diesel/ethanol mixture in the city of Sao Paulo, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 559-569, 2007.

MITTELBACH, M. European perspective. In: International Congress on Biodiesel: The science and the technologies, 2., 2009, Munique. **Anais…** Munique: AOCS, 2009.

MONTIBELLER, G. **O mito do desenvolvimento sustentável.** 2. ed. Santa Catarina: UFSC, 2004.

MONTICO, S. Bioenergy production capacity in the province of Santa Fe, Argentina. **Ciencia E Investigacion Agraria**, v. 36, n. 3, p. 465-473, 2009.

MORRISON, R.; BOYD, R. **Química Orgânica.** Rio de Janeiro: Fundação Calouste Gulbenkian: 1981.

MORRONE, M.; STUART, B. J.; MCHENRY, I.; BUCKLEY, G. L. The challenges of biofuels from the perspective of small-scale producers in Ohio. **Energy Policy**, v. 37 n. 2, p. 522-530, 2009.

MUELLER, S. A.; ANDERSON, J. E.; WALLINGTON, T. J. Impact of biofuel production and other supply and demand factors on food price increases in 2008. **Biomass & Bioenergy**, v. 35, n. 5, p. 1623-1632, maio 2011.

MUNIZ, J.; POLI, D. **Processo de obtenção de biodiesel a partir de matéria-prima derivada de gordura suína e produto resultante.** PI0700781, 2007.

MURAKAMI, M. **Decisão estratégica em TI**: estudo de caso. 2003. 167 p. Dissertação (Mestrado em Administração) -- Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

NARAYANAN, D.; ZHANG, Y.; MANNAN, M. S. Engineering for sustainable development (esd) in bio-diesel production. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 85, p. 349-359, 2007.

NATURAL STEP. **The four system conditions.** Disponível em: <http://www.naturalstep.org/the-system-conditions>. Acesso em: 23 jul. 2010.

NESS, B.; BROGAARD, S. GIS proximity analysis and environmental assessment of sugar beet transport in Scania, Sweden. **Area**, v. 40, n. 4, p. 459-471, 2008.

NICLAS, L.; PREHN, K. G. **Disposição construtiva em instalação para produção de biodiesel**. PI0500575, 2005.

NIRANJAN, K.; ROSENTHAL, A.; PYLE, D.L. Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction, **Enzyme and Microbial Technology,** v. 19, p. 402-420, 1996.

OLIVEIRA, C.; ANTUNES, C. H. A multi-objective multi-sectoral economy-energy-environment model: Application to Portugal. **Energy,** v. 36, n. 5, p. 2856-2866, maio 2011.

OLIVEIRA, J.; PIAIA, E.; BRUN, G.; SILVA, A. **Usina de sistema de usina pressurizado por vapor de caldeira ecológica.** PI0601772, 2006.

OLIVEIRA, L. B.; ARAUJO, M. S. M. de ; ROSA, L. P.; BARATA, M.; LA ROVERE, E. L. Analysis of the sustainability of using wastes in the Brazilian power industry. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 3, p. 883-890, 2008.

OLTRA, C. Stakeholder perceptions of biofuels from microalgae. **Energy Policy**, v. 39 n. 3, p. 1774-1781, 2011.

OMETTO, J. G. S. **O álcool combustível e o desenvolvimento sustentado.** São Paulo: PIC Editorial, 1998.

ONG, H. C.; MAHLIA, T. M. I.; MASJUKI, H. H. A review on energy scenario and sustainable energy in Malaysia. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 639-647, 2011.

OTHMAN, M. R.; REPKE, J. U.; WOZNY, G.; HUANG, Y. L. A Modular Approach to Sustainability Assessment and Decision Support in Chemical Process Design. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 49, n. 17, p. 7870-7881, 2010.

OURO FINO PARTICIPACOES E EMPR. Neto Dolivar Coraucci. **Process to produce biodiesel and/or fuel oil.** MX2009007356, 8 out. 2009.

OURO FINO PARTICIPACOES E EMPREENDIMENTOS LTDA. Dolivar Coraucci Neto. **Processo tecnológico integrado para produção de lipídios e biodiesel por algas utilizando como substratos vinhaça e/ou co2, resíduos das destilarias de álcool (etanol).** PI0705520, 2007.

PAIVA, N. Brasil fica para trás na corrida pela nova economia "verde". **Folha de São Paulo**, São Paulo, B8, 2010.

PANICHELLI, L.; DAURIAT, A.; GNANSOUNOU, E. Life cycle assessment of soybean-based biodiesel in Argentina for export. **International Journal Of Life Cycle Assessment**, v. 14, n. 2, p. 144-159, 2009.

PANICHELLI, L.; GNANSOUNOU, E. Estimating greenhouse gas emissions from indirect land-use change in biofuels production: concepts and exploratory analysis for soybean-based biodiesel production. **Journal of Scientific & Industrial Research,** v. 67, p. 1017-1030, 2008.

PARAWIRA, W. Biodiesel production from Jatropha curcas: A review. **Scientific Research and Essays**, v. 5, n. 14, p. 1796-1808, 2010.

PARKER, N.; TITTMANN, P.; HART, Q.; NELSON, R.; SKOG, K.; SCHMIDT, A.; GRAY, E.; JENKINS, B. Development of a biorefinery optimized biofuel supply curve for the Western United States. **Biomass & Bioenergy**, v. 34, n. 11, p. 1597-1607, 2010.

PATIL, V.; TRAN, K.Q.; GISELROD, H.R. Towards sustainable production of biofuels from microalgae. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 9, n. 7, p. 1188-1195, 2008.

PATTERSON, T.; DINSDALE, R.; ESTEVES, S. Review of energy balances and emissions associated with biomass-based transport fuels relevant to the United Kingdom context. **Energy & Fuels**, v. 22, n. 5, p. 3506-3512, 2008.

PEREIRA, A. N.; LIMA, L. C. D. Characterization and Study of the Profitability of the Brazilian Biodiesel Chain: A Case of a Leader Processor (2006 and 2007). **Custos e Agronegocio**, v. 4, n. 2, p. 2-29, 2008.

PERIMENIS, A.; WALIMWIPI, H.; ZINOVIEV, S.; MULLER-LANGER, F.; MIERTUS, S. Development of a decision support tool for the assessment of biofuels. **Energy Policy**, v. 39, n. 3, p. 1782-1793, 2011.

PERRY, M.; ROSILLO-CALLE, F. Recent trends and future opportunities in UK bioenergy: Maximising biomass penetration in a centralised energy svstem. **Biomass & Bioenergy**, v. 32, n. 8, p. 688-701, 2008.

PETERS, N. **Inter-organisational design of voluntary sustainability initiatives:** increasing the legitimacy of sustainability strategies for supply chains. 2010. 256 f. Tese (Doutorado em Administração) - University of St. Gallen, Gabler Verlag, 2010.

PETROBRAS. Amaury de Azevedo Aguiar; Ana Paula Silva Conceicao de Santana; Andre Luis Mynssen Ferreira; Maria Aparecida de Melo; Viviane Rezende Prates; Ivonete Pereira Gonzalez da Silva. **Método sustentável para recuperação de petróleo.** PI0605371, 2006.

PETROBRAS. Carlos Nagib Khalil; Lucia Cristina Ferreira Leite. **Processo para produção de biodiesel.** PI0105888, 2001.

PETROBRAS. Ivonete Pereira Gonzalez da Silva; Maria Aparecida de Melo; Amaury de Azevedo Aguiar; Ana Paula Silva Conceição de Santana; Andre Luis Mynssen Ferreira; Viviane Rezende Prates. **Sustainable method for recovery of petroleum.** US2010006285, 14 jan. 2010.

PETTERLE, F. R. Felipe Rodrigues Petterle. **Processo de fabricação de ração e concentrados.** PI0702083, 2007.

PFROMM, P. H.; AMANOR-BOADU, V.; NELSON, R. Sustainability of algae derived biodiesel: A mass balance approach. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 2, p. 1185-1193, 2011.

PINHO, S. F. C. **Uma metodologia de apoio à decisão para priorização de projetos de tecnologia da informação.** 2006. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PRADHAN, A.; SHRESTHA, D. S.; VAN GERPEN, J.; DUFFIELD, J. The energy balance of soybean oil biodiesel production: A review of past studies. **Transactions of the Asabe**, v. 51, n. 1, p. 185-194, 2008.

PRADO, D. **Programação Linear**. Belo Horizonte: DG, 1999.

PRISTUPA, A. O.; MOL, A. P. J.; OOSTERVEER, P. Stagnating liquid biofuel developments in Russia: Present status and future perspectives. **Energy Policy**, v. 38, n. 7, p. 3320-3328, 2010.

QINGDAO INST OF BIOENERGY AND BIOPROCESS TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES. Xiaolei Fan; Rongbo Guo; Xiaoping Li; Shengjun Luo; Xiaohui Xu; Zhiman Yang. **Method for preparing biogas by two-phase anaerobic fermentation of oil-extracted algae slag.** CN101831463, 15 set. 2010.

RAGAGLINI, G.; TRIANA, F.; VILLANI, R.; BONARI, E. Can sunflower provide biofuel for inland demand? An integrated assessment of sustainability at regional scale. **Energy**, v. 36, n. 4, p. 2111-2118, 2011.

RAGHAREUTAI, T.; CHAVALPARIT, O.; ONGWANDEE, M. Development of environmental sustainability for the biodiesel industry in Thailand. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 17, n. 5, p. 363-369, 2010.

RAMOS, L. P.; WILHELM, H. M. Current status of biodiesel development in Brazil. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 121, p. 807-819, 2005.

RENEWABLE FUELS AGENCY. 2010. Disponível em <http://www.renewablefuelsagency.gov.uk>. Acesso em: 20. jan. 2010.

RESITEC INDUSTRIA QUIMICA LTDA. **Processo de produção de biodiesel - etil e metil ésteres - a partir de borra de refino químico ou físico de óleos vegetais ou animais**. PI0405705, 2004.

RIBEIRO, S. K. **O álcool e o aquecimento global**. Rio de Janeiro: CNI, 1997. 112p.

RILEY, D.; KOUTSOUKOS, X.; RILEY, R. Reachability analysis of stochastic hybrid systems: a biodiesel production system. **European Journal of Control**, v. 16, n. 6, p. 609-623, 2010.

RISMANI-YAZDI, H.; HAZNEDAROGLU, B. Z.; BIBBY, K.; PECCIA, J. Transcriptome sequencing and annotation of the microalgae Dunaliella tertiolecta: Pathway description and gene discovery for production of next-generation biofuels. **BMC Genomics**, v. 12, n. 148, 2011.

ROCHIETTA, C. Global Mandates and Projected Growth of the Biodiesel Industry. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON BIODIESEL: THE SCIENCE AND THE TECHNOLOGIES, 2., 2009, Munique , **Anais…** Munique: AOCS, 2009.

RODRIGUES, G. S.; RODRIGUES, I. A.; BUSCHINELLI, C. C. D.; LIGO, M. A.; PIRES, A. M. Local Productive Arrangements for Biodiesel Production in Brazil - Environmental Assessment of Small-holder's Integrated Oleaginous Crops Management. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v. 110, n. 1, p. 59-71, 2009.

RODRIGUES, S.; XAVIER FILHO, Lauro; TUPINAMBA, Evandro Almeida; SOARES, Cleide Mara Faria; CARDOSO, Juliana Cordeiro; BASMAJI, Pierre; LOPES, Jose Flavio. **Processo de obtenção de extrato vegetal da semente da nhandiroba e biodiesel.** PI0602332, 2006.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research,** North-Holland, v. 48, n. 1, p. 9-26, 1990.

SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAATY. T. L. Decision making with analytic hierarchy process. **Int. J. Services Sciences**, v. 1, n. 1, 2008.

SABOIA, G. **Método simplificado para produção de biodiesel**. PI0305167, 2003.

SACHS, I. **The Biofuels Controversy.** Disponível em <http://www.globalbioenergy.org>. Acesso em: 17 jul. 2010.

SAHOO, P. K.; DAS, L. M. Process optimization for biodiesel production from Jatropha, Karanja and Polanga oils. **Fuel**, v. 88, n. 9, p. 1588-1594, 2009.

SALAMA, C. **Estudo da viabilidade de utilização de óleos vegetais em substituição ao óleo diesel.** 1982. 329 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1982.

SANDER, K; MURTHY, G.S. Life cycle analysis of algae biodiesel. **International journal of life cycle assessment**, v. 15, n. 7, p. 704-714, 2010.

SANTOS, C.; MESSINA, J. P. Multi-sensor data fusion for modeling African palm in the Ecuadorian Amazon. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 74 n. 6, p. 711-723, 2008.

SANTOS, F. **Regulação da produção de floresta de eucalipto submetida a desbaste e destinada a multiprodutos.** 2008. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SANTOS, F.; MACHADO, G. **Sistema biossônico para a rápida reação de fabricação de biodiesel através de bombas.** PI0700307, 2007.

SANTOS, O. I. B.; RATHMANN, R. Identification and analysis of local and regional impacts from the introduction of biodiesel production in the state of Piauí. **Energy Policy**, v. 37, n. 10, p. 4011-4020, 2009.

SARANTOPOULOS, I.; CHE, F.; TSOUTSOS, T.; BAKIRTZOGLOU, V.; AZANGUE, W.; BIENVENUE, D.; NDIPEN, F. M. An evaluation of a small-scale biodiesel production technology: Case study of Mango'o village, Center province, Cameroon. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 34, n. 1-2, p. 55-58, 2009.

SCHENK, P. M.; THOMAS-HALL, S. R.; STEPHENS, E.; MARX, U. C.; MUSSGNUG, J. H.; POSTEN, C.; KRUSE, O.; HANKAMER, B. Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production. **Bioenergy Research**, v. 1, n. 1, p. 20-43, 2008.

SCHUBERT, R.; SCHELLNHUBER, H. J.; BUCHMANN, N.; EPINEY, A.; GRIEBHAMMER, R.; KULESSA, M.; MESSNER, D.; RAHMSTORF, S.; SCHMID, J. **Future bioenergy and sustainable land use**. Berlim: Earthscan, 2009.

SCOTT, P. T.; PREGELJ, L.; CHEN, N.; HADLER, J. S.; DJORDJEVIC, M. A.; GRESSHOFF, P.M. Pongamia pinnata: An Untapped Resource for the Biofuels Industry of the Future. **Bioenergy Research**, v. 1, n. 1, p. 2-11, 2008.

SCRIMGEOUR, C. Chemistry of fatty acids. In: SHAHIDI, Fereidoon. **Bailey's industrial oil and fat products**. New York: John Wiley and Sons, 2005. p 01-43.

SEAY, J.R.; EDEN, M.R. Incorporating Environmental Impact Assessment into Conceptual Process Design: A Case Study Example. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 28, n. 1, p. 30-37, 2009.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Biodiesel.** Brasília: SEBRAE, 2007. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cartilha_Sebrae.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2008.

SHEEHAN, J. J. Biofuels and the conundrum of sustainability. **Current Opinion on Biotechnology**, v. 20, n. 3, p. 318-324, 2009.

SHINOJI, P.; RAJU, S. S.; JOSHI, P. K. India's biofuels production programme: need for prioritizing the alternative options. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 81 n. 5, p. 391-397, 2011.

SHRAKE, S. O.; LANDIS, A. E.; BILEC, M. M.; COLLINGE, W. O.; XUE, X. B. A comparative analysis of performance and cost metrics associated with a diesel to biodiesel fleet transition. **Energy Policy**, v. 38, n. 11, p. 7451-7456, 2010.

SIGMA. **The Sigma Project.** Disponível em: <http://www.projectsigma.co.uk>. Acesso: 14 jul. 2010.

SILVA LORA, E. E.; PALACIO, J. C.; ROCHA, M. H.; RENÓ, M. L.; VENTURINI, O. J.; OLMO, O. A. Issues to consider, existing tools and constraints in biofuels sustainability assessments. **Energy,** v. 36, n. 4, p. 2097-2110, 2011.

SILVA, L. D. **Sustentabilidade do etanol brasileiro: uma proposta de princípios e critérios.** 2010. 161 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, P. R.; FREITAS, T. F. Biodiesel: the charge and the bond of the fuel producing. **Ciência Rural**, v. 38, n.3, p. 843-851, 2008.

SINGH, A.; HE, B.; THOMPSON, J.; VAN GERPEN, J. Process optimization of biodiesel production using different alkaline catalysts. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, n. 4, p. 597-600, 2006.

SIPAHI, S.; TIMOR, M. The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications. **Management Decision,** v. 48, n. 5, p. 775-808, 2010.

SMYTH, B. M.; GALLACHOIR, B. P. O.; KORRES, N. E.; MURPHY, J. D. Can we meet targets for biofuels and renewable energy in transport given the constraints imposed by policy in agriculture and energy? **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 16-17, p. 1671-1685, 2010.

SOLOMON, B. D. Biofuels and sustainability. **Ecological Economics Reviews**, v. 1185, p. 119-134, 2010.

SORGUVEN, E.; OZILGEN, M. Thermodynamic assessment of algal biodiesel utilization. **Renewable Energy**, v. 35, n. 9, p. 1956-1966, 2010.

SOUSA, M. **Reator multifuncional modular para produção de biodiesel**. PI0506268, 2005.

SOUZA, M. BATISTA, Antonio Carlos Ferreira; BORTOLETO, Daniel Armelim; HURTADO, Gabriela Ramos; DABDOUB, Vania Maria Brugnara; DABDOUB, Miguel Joaquim. **Processo de preparação de biodiesel e biodiesel assim obtido.** PI0502795, 2005.

SOUZA, M. BORTOLETO, Daniel Armelim; RAMPIN, Marcia Alexandra; DABDOUB, Vania Maria Brugnara; DABDOUB, Miguel Joaquim; RODRIGUES, Hugo De Souza.

Catalisador heterogêneo e processo de transesterificação compreendendo o uso de catalisador heterogêneo. PI0702149, 2007.

SOUZA, M. BORTOLETO, Daniel Armelim; RAMPIN, Marcia Alexandra; DABDOUB, Vania Maria Brugnara; DABDOUB, Miguel Joaquim; RODRIGUES, Hugo De Souza. **Catalisador heterogêneo e processo de transesterificação compreendendo o uso de catalisador heterogêneo.** PI0702448, 2007.

SPECCHIA, S.; CUTILLO, A.; SARACCO, G.; SPECCHIA, V. Concept study on ATR and SR fuel processors for liquid hydrocarbons. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 45, n. 15, p. 5298-5307, 2006.

SRIVASTAVA, A., PRASAD, R. Triglycerides-based diesel fuels. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 4, n. 2, p. 111-133, 2000

STEPHENSON, A.L.; DENNIS, J.S.; SCOTT, S.A. Improving the sustainability of the production of biodiesel from oilseed rape in the UK. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 86, p. 427-440, 2008.

STEPHENSON, A.L.; DUPREE, P.; SCOTT, S. A.; DENNIS, J. S. The environmental and economic sustainability of potential bioethanol from willow in the UK. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 24, p. 9612-9623, 2010.

SUZUKI, C. Fabiano Barbieri Gonzaga; PASQUINI, Célio. **Espectrômetro de emissão na região do infravermelho próximo e método para determinação da estabilidade oxidativa de óleos, gorduras e biodiesel.** PI0701340, 2007.

SUZUKI, C. Osvaldo Candido Lopes; MACIEL, Antonio Jose da Silva. **Método de transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais, catalisada por base forte modificada para produção de biodiesel.** PI0502312, 2005.

SUZUKI, C. Osvaldo Candido Lopes; MACIEL, Antonio Jose da Silva. **Processo para transesterificação de óleos vegetais e gorduras animais, catalisado por base forte modificada para produção de ésteres alquílicos.** PI0603857, 2006.

SUZUKI, C. Ulf Friedrich Schuchardt; Roberto Bineli Muterle; Leticia Ledo Marciniuk; Camila Martins Garcia. **Processo de produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras vegetais ou animais com ou sem ácidos graxos livres utilizando catalisadores sólidos a base de fósforo e metais trivalentes.** PI0600105, 2006.

SWINBANK, A. EU Policies on Bioenergy and their Potential Clash with the WTO. **Journal of Agricultural Economics**, v. 60, n. 3, p. 485-503, 2009.

TAKAHASHI, F.; ORTEGA, E. Assessing the sustainability of Brazilian oleaginous crops - possible raw material to produce biodiesel. **Energy Policy**, v. 38, n. 5, p. 2446-2454, 2010.

TAN, R. R.; BALLACILLO, J. A. B.; AVISO, K. B.; CULABA, A. B. A fuzzy multiple-objective approach to the optimization of bioenergy system footprints. **Chemical Engineering Research & Design**, v. 87, n. 9, p. 1162-1170, 2009.

TANTILLUS SYNERGY LTD. Van Alstyne David C; Van Alstyne Laylah Elizabeth. **Systems and methods for production of biofuel.** WO2009063296, 22 maio 2009.

TAO, J.; DAI, C. C.; JIANG, B. J. The Current Status and Prospect of Biodiesel. **Energy & Environment**, v. 20, n. 8, v. 21, n. 1, p. 1397-1406, 2009.

THAMSIRIROJ, T.; MURPHY, J. D. The impact of the life cycle analysis methodology on whether biodiesel produced from residues can meet the EU sustainability criteria for biofuel facilities constructed after 2017. **Renewable Energy**, v. 36, n. 1, p. 50-63, 2011.

THERY, Raphaele; ZARATE, Pascale. Energy planning: a multi-level and multicriteria decision making structure proposal. **Central European Journal of Operations Research**, v. 17, n. 3, p. 265-274, 2009.

TOCANDIRA EMPREENDIMENTOS GERAIS LTDA. GUIMARAES, Wilmar Gomes. **Processo de produção de biodiesel assistido por microondas/ultrassom**. PI0601246, 2006.

TOLMASQUIM, M.T. (Org.). **Fontes renováveis de energia no Brasil.** Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

TOMAZ, A. **Processo de produção de biodiesel com reaproveitamento de óleo e gordura animal e vegetal**. PI0503453, 2005.

TOMEI, J.; SEMINO, S.; PAUL, H.; JOENSEN, L.; MONTI, M.; JELSOE, E. Soy production and certification: the case of Argentinean soy-based biodiesel. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 15, n. 4, p. 371-394, 2010.

TOMEI, J.; UPHAM, P. Argentinean soy-based biodiesel: An introduction to production and impacts. **Energy Policy**, v. 37, n. 10, p. 3890-3898, 2009.

TRUCHLAEFF, Claudio. **Processo de produção de biogás, óleos especiais, ingredientes alimentícios, cosméticos e industriais, biodiesel, adubos orgânicos, energia elétrica a partir de microalgas, nutrientes inorgânicos e sol, com sequestro de carbono de fonte geradora ou do ar atmosférico.** PI0704911, 2007.

UNITED KINGDOM. **The Renewable Transport Fuel Obligations.** Disponível em: <http://www.legislation.gov.uk/uksi/2011/2937/pdfs/uksi_20112937_en.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO; ANTUNES, Octavio Augusto Ceva; ARANDA, Donato Alexandre Gomes. **Processo catalítico para esterificação de ácidos graxos**. PI0500333**,** 2005.

UNIVERSITY SOUTHERN CALIFORNIA. KENNETH, Nealson; ZHEN, He. **Electricity generation using phototrophic microbial fuel cells.** WO2010088626, 5 ago. 2010.

UPHAM, P.; THORNLEY, P.; TOMEI, J.; BOUCHER, P. Substitutable biodiesel feedstocks for the UK: a review of sustainability issues with reference to the UK RTFO. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 37-45, 2009.

VACCARO, G. L. R.; POHLMANN, C.; LIMA, A. C.; DOS SANTOS, M. S.; DE SOUZA, C. B.; AZEVEDO, D. Prospective scenarios for the biodiesel chain of a Brazilian state. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 4, p. 1263-1272, 2010.

VAIDYA, O.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: an overview of applications. **European Journal of Operational Research.** v. 169, p. 01-29, 2006.

VALLE, M. L. **Produtos do setor de combustíveis e de lubrificantes**. Rio de Janeiro: Publit, 2007.

WEB OF SCIENCE. 2011. Disponível em: <http://www.webofscience.com>. Acesso em: 25 maio 2011.

WEI, P. C.; MAY, C. Y.; NGAN, M. A. Life Cycle Assessnent for the Production and Use of palm biodiesel (part 5). **Journal of Oil Palm Research**, v. 22, p. 927-933, 2010.

WHITAKER, J.; LUDLEY, K. E.; ROWE, R.; TAYLOR, G.; HOWARD, D. C. Sources of variability in greenhouse gas and energy balances for biofuel production: a systematic review. **Global Change Biology Bioenergy**, v. 2, n. 3, p. 99-112, 2010.

WICKE, B.; DORNBURG, V.; JUNGINGER, M.; FAAIJ, A. Different palm oil production systems for energy purposes and their greenhouse gas implications. **Biomass & Bioenergy**, v. 32, n. 12, p. 1322-1337, 2008.

WOOLEY, T. **Sustainable supply chains**: multicriteria decision-making and policy analysis for the environment. 2010. Tese (Doutorado) - University of Massachusetts, Massachusetts, 2010, 245 p.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**. Translating Environmental, Social and Governance Factors into Sustainable Business Value Key**: insights for companies and investors. Disponível em: <http://www.wbcsd.org>. Acesso em: 15. jul. 2010.

WORLD CUSTOMS ORGANIZATION**. The harmonized commodity description and coding system (HS).** Disponível em: <http://www.wcoomd.org/home.htm>. Acesso em: 10 maio 2011.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **The Basel criteria for responsible soy production.** Disponível em: <http://wwf.panda.org>. Acesso em: 26 dez. 2011.

YAN, X.Y.; CROOKES, R. J. Life cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions for road transportation fuels in China. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 9, p. 2505-2514, 2009.

YEE, K. F.; TAN, K.T.; ABDULLAH, A. Z.; LEE, K.T. Life cycle assessment of palm biodiesel: Revealing facts and benefits for sustainability. **Applied Energy**, v. 86, p.189-196, 2009.

YOSHINAGA, A. S.; CANTELI, L. H.; PAULO, M. C. **Agronegócio da soja:** uma alternativa de biodiesel para o Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso. (Especialização em Agronegócio) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2007.

ZHANG, G.J.; LONG, W.D. A key review on emergy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. **Energy Policy**, v. 38, n. 6, p. 2948-2955, 2010.

ZHANG, L.; KONG, S. C. Vaporization modeling of petroleum-biofuel drops using a hybrid multi-component approach. **Combustion and Flame**, v. 157, n. 11, p. 2165-2174, 2010.

ZHELJAZKOV, V. D.; VICK, B. A.; EBELHAR, M. W.; BUEHRING, N.; BALDWIN, B. S.; ASTATKIE, T.; MILLER, J. F. Yield, oil content, and composition of sunflower grown at multiple locations in Mississippi. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 3, p. 635-642, 2008.

ZONIN, V. **Potenciais e Limitações da Indústria de Biodiesel no Brasil:** um Estudo de Caso. 2008. 275 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, 2008.

ANEXO I – RESOLUÇÃO ANP N°14/2012 – ESPECIFICAÇÃO DE BIODIESEL

A Diretora-Geral da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, no uso de suas atribuições,
Considerando o disposto no inciso i, art. ***8***º da lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, alterada pela lei nº ***11.097***, de 13 de janeiro de 2005 e com base na resolução de diretoria nº 390, de 10 de maio de 2012;
Considerando o interesse para o país em apresentar sucedâneos para o óleo diesel;,
Considerando a lei nº ***11.097***, de 13 de janeiro de 2005, que define o biodiesel como um combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil;
Considerando as diretrizes emanadas do conselho nacional de política energética - cnpe, quanto à produção e ao percentual de biodiesel no óleo diesel a ser comercializado;
Considerando o disposto no inciso xviii, art. ***8***º da lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, alterada pela lei nº ***11.097***, de 13 de janeiro de 2005, que estabelece que cabe à anp especificar a qualidade do biodiesel, e
Considerando a lei ***12.490***, de 16 de setembro de 2011 que, acrescenta e dá nova redação a dispositivos previstos na lei nº ***9.478***/1997, além de ampliar a competência da anp para toda a indústria de biocombustíveis, definida como o conjunto de atividades econômicas relacionadas com produção, importação, exportação, transferência, transporte, armazenagem, comercialização, distribuição, avaliação de conformidade e certificação da qualidade de biocombustíveis,
Resolve:
Art. 1º Ficam estabelecidas, por meio da presente resolução, a especificação do biodiesel contida no regulamento técnico ANP nº 4/2012 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional.
Parágrafo único. A partir de 1º de janeiro de 2010 o teor de biodiesel a ser adicionado ao óleo diesel é de 5%, em volume.
Das definições
Art. 2º Para efeitos desta resolução, define-se:
I - biodiesel: combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação e ou/esterificação de matérias graxas, de gorduras de origem vegetal ou animal, e que atenda a especificação contida no regulamento técnico nº 4/2012, parte integrante desta resolução;
II - óleo diesel a: combustível de uso rodoviário, destinado a veículos dotados de motores do ciclo diesel e produzido por processos de refino de petróleo e processamento de gás natural. Não deve conter biodiesel;
III - óleo diesel b: combustível de uso rodoviário, destinado a veículos dotados de motores do ciclo diesel e produzido por processos de refino de petróleo e processamento de gás natural. Deve conter biodiesel no teor estabelecido pela legislação vigente;
IV - óleo diesel BX: combustível de uso rodoviário, destinado a veículos dotados de motores do ciclo diesel e produzido por processos de refino de petróleo e processamento de gás natural. Deve conter biodiesel em proporção definida (x%) quando autorizado o uso específico ou experimental conforme legislação vigente;
V - produtor: pessoa jurídica ou consórcios autorizados pela anp a exercerem a atividade de produção e comercialização de biodiesel;

VI - distribuidor: pessoa jurídica autorizada pela anp para o exercício da atividade de distribuição de combustíveis líquidos derivados de petróleo, etanol combustível, biodiesel, óleo diesel b, óleo diesel bx e outros combustíveis automotivos;
VII - revendedor: pessoa jurídica autorizada pela anp para o exercício da atividade de revenda varejista que consiste na comercialização de combustível automotivo em estabelecimento denominado posto revendedor;
VIII - transportador-revendedor-retalhista (trr): pessoa jurídica autorizada pela anp para o exercício das atividades de transporte e revenda retalhista de combustíveis, de óleos lubrificantes e graxas envasados, óleo diesel b e óleo diesel bx.
IX - importador: empresa autorizada pela anp para o exercício da atividade de importação;
X - exportador: empresa autorizada pela anp para o exercício da atividade de exportação;
XI - refinaria: pessoa jurídica autorizada pela anp para o exercício da atividade de refino de petróleo;
XII - adquirente: pessoa jurídica autorizada pela anp, responsável pela aquisição e armazenamento de biodiesel, para garantir o estoque regulatório necessário a fim de assegurar o abastecimento nacional de biodiesel;
XIII - boletim de análise: documento da qualidade emitido por laboratório cadastrado na anp de acordo com a resolução anp nº ***46***, de 09 de setembro de 2011, ou outra que venha substituí-la, que contenha informação(ões) e resultado(s) do(s) ensaio(s) realizado(s), conforme regulamento técnico, parte integrante desta resolução;
XIV - certificado da qualidade: documento emitido por produtor, adquirente e importador que comprove o atendimento do produto comercializado à especificação da anp. Deve conter todos os requisitos constantes do artigo 5º, § 8º, da presente resolução.
XV - volume certificado: quantidade segregada de produto em um único tanque, caracterizada por certificado da qualidade;
XVI - firma inspetora: pessoa jurídica credenciada pela anp, conforme legislação vigente, para a realização das atividades de adição de marcador aos pmc, de adição de corante ao etanol anidro combustível, com base em regulamentos da anp, e de controle da qualidade dos produtos indicados pelas portarias anp nº ***311***, de 27 de dezembro de 2001, ***312***, de 27 de dezembro de 2001 e ***315***, de 27 de dezembro de 2001;
XVII - aditivo: produto constituído de um ou mais componentes ativos, com ou sem diluente, que agrega características benéficas ao combustível automotivo.
XVIII - componente ativo: constituinte do aditivo que melhora as propriedades do biodiesel.
XIX - diluente: constituinte que, adicionado ao componente ativo, facilita a sua solubilidade no biodiesel;
XX - terminal de carregamento: local de carregamento do produto, no país de origem;
XXI - controle da qualidade: conjunto de atividades necessárias para comprovar o atendimento à especificação da anp de um produto, dentre as quais consta a emissão de certificado da qualidade;
XXII - laboratório cadastrado: laboratório que, para realizar ensaios físico-químicos em biodiesel para emissão de certificado da qualidade ou de boletim de análise, foi cadastrado na anp conforme resolução anp nº ***46***, de 09 de setembro de 2011, ou outra que venha a substituí-la.
Da comercialização
Art. 3º o biodiesel só poderá ser comercializado pelos produtores, distribuidores, refinarias, importadores e exportadores de biodiesel autorizados pela anp.
§ 1º Somente os distribuidores e as refinarias autorizados pela anp poderão realizar a mistura óleo diesel a/biodiesel para efetivar sua comercialização.
§ 2º É vedado ao revendedor e ao transportador-revendedor-retalhista adquirir e comercializar biodiesel diretamente de refinaria, produtor, importador ou exportador.

Art. 4º O distribuidor e o adquirente ficam obrigados a recusar o recebimento do produto caso constatem qualquer não-conformidade presente no certificado da qualidade ou após realização de análise de amostra representativa. Tal não-conformidade deverá ser comunicada ao centro de relações com o consumidor da ANP, cujo telefone encontra-se disponível no sítio ***WWW.ANP.GOV.BR***, no prazo máximo de 48 (quarenta e oito) horas, considerando-se somente os dias úteis, e informando:
I - data da ocorrência;
Ii - número e data de emissão da nota fiscal e;
Iii - cnpj do emitente da nota fiscal.
Da certificação do biodiesel
Art. 5º O produtor, o adquirente e o importador ficam obrigados a garantir a qualidade do biodiesel a ser comercializado em todo o território nacional e a emitir o certificado da qualidade de amostra representativa, cujos resultados deverão atender aos limites estabelecidos da especificação constante no regulamento técnico anp nº 4/2012, parte integrante desta resolução.
§ 1º o produto somente poderá ser liberado para a comercialização após a sua certificação, com a emissão do respectivo certificado da qualidade, que deverá acompanhar o produto.
§ 2º as análises constantes do certificado da qualidade só poderão ser realizadas em laboratório próprio do produtor, do adquirente ou outro(s) contratado(s) por estes, o(s) qual(is) deverá(ão) ser cadastrado(s) pela anp conforme resolução anp nº ***46***, de 09 de setembro de 2011, ou outra que venha a substituí-la.
§ 3º no caso de certificação do biodiesel utilizando laboratório próprio e contratado, o produtor e o adquirente deverão emitir certificado da qualidade único, agrupando todos os resultados constantes do(s) boletim(ns) de análise que tenham recebido do(s) laboratório(s) cadastrado(s) pela anp. Esse certificado deverá indicar o(s) laboratório(s) responsável(is) por cada ensaio.
§ 4º caso o produto não seja comercializado no prazo máximo de 1 (um) mês, a partir da data de certificação constante do certificado da qualidade, a característica massa específica a 20 ºc deverá ser novamente analisada. Caso a diferença encontrada com relação à massa específica a 20 ºc do certificado da qualidade seja inferior a 3,0 kg/m³, deverão ser novamente avaliados o teor de água, o índice de acidez e a estabilidade à oxidação a 110 ºc. Caso a diferença seja superior a 3,0 kg/m³, deverá ser realizada a recertificação completa segundo esta resolução.
§ 5º no caso da importação de biodiesel, a análise de amostra representativa e a emissão do certificado da qualidade deverão ser realizadas por firma inspetora, contratada pelo importador, atestando que o produto atende ao regulamento técnico anp nº 4/2012, parte integrante desta resolução.
I - a firma inspetora deverá ser cadastrada na anp ou poderá contratar laboratório cadastrado junto à anp para emissão do boletim de análise.
Ii - a firma inspetora ficará obrigada a apresentar os boletins de análise emitidos pelo(s) laboratório(s) contratado(s), caso seja solicitado pela anp.
§ 6º o certificado da qualidade referente ao produto comercializado deverá conter:
I - os resultados das análises dos parâmetros especificados, com indicação dos métodos empregados e os respectivos limites constantes da especificação, conforme regulamento técnico anp nº 4/2012, parte integrante desta resolução;
Ii - o tanque de origem e a identificação do lacre da amostratestemunha, previsto no art. 6º deste regulamento;
Iii - a data de produção do biodiesel;
Iv - o material graxo e o álcool utilizado para obtenção do biodiesel;
A) caso seja usado mais de um tipo de material graxo, devem ser informadas suas respectivas proporções;

V - a identificação do aditivo utilizado na fase de produção, quando for o caso, cabendo classificar o tipo;
A) após a aditivação, o biodiesel deverá permanecer de acordo com a sua especificação técnica.
VI - identificação própria por meio de numeração sequencial anual, inclusive no caso de cópia emitida eletronicamente;
VII - assinatura do químico responsável pela qualidade do produto na empresa, com indicação legível de seu nome e número de inscrição no conselho regional de química;
VIII - indicação do laboratório cadastrado na anp responsável por cada ensaio efetuado e da identificação de cada boletim de análise utilizado para compor o respectivo certificado da qualidade, atentando ao disposto no § 11 deste artigo.
§ 7º em qualquer situação, o boletim de análise deverá ser emitido por laboratório cadastrado conforme as regras estabelecidas na resolução anp nº ***46*** de 9 de setembro de 2011, ou regulamentação superveniente que venha a substituí-la.
§ 8º o boletim de análise deverá ser firmado pelo químico responsável pelos ensaios laboratoriais efetuados, com indicação legível de seu nome e número da inscrição no órgão de classe.
§ 9º para documentos emitidos eletronicamente, é obrigatória a assinatura digital, efetivada mediante utilização de certificado digital válido, de propriedade do responsável pela assinatura do certificado da qualidade ou do boletim de análise.
§ 10º o produtor, o adquirente e a firma inspetora somente poderão utilizar o boletim da análise como certificado da qualidade quando o mesmo for emitido por laboratório próprio, cadastrado na anp, e contemplar todas as características necessárias à certificação do produto.
§ 11º o produtor, o adquirente e o importador deverão comunicar previamente à anp, por meio de endereço eletrônico disponibilizado no sítio ***WWW.ANP.GOV.BR***, as seguintes informações referentes ao(s) laboratório(s) cadastrado(s), responsável(is) pelas análises utilizadas para compor o certificado da qualidade:
I - razão social;
Ii - número de cadastro do laboratório;
Iii - endereço completo;
Iv - métodos utilizados para realização das análises.
§ 12º as informações previstas no § 11 deverão ser enviadas em formato eletrônico, segundo orientações de preenchimento disponibilizadas no sítio: ***WWW.ANP.GOV.BR***.
Art. 6º Deverão ser mantidas pelo produtor, adquirente e importador, em local protegido de luminosidade e de aquecimento, duas amostras-testemunha de 1 (um) litro cada, representativas do volume certificado, devidamente identificadas com o número do certificado da qualidade e de seu respectivo lacre.
§ 1º cada amostra-testemunha deverá ser armazenada em recipiente de 1 (um) litro de capacidade, com batoque e tampa plástica.
§ 2º o recipiente indicado no § 1º deste artigo deverá ser lacrado, com lacre de numeração controlada, que deixe evidências no caso de violação.
§ 3º deverão ficar à disposição da anp para qualquer verificação julgada necessária:
I - as amostras-testemunha, pelo prazo mínimo de 1 mês, a contar da data de saída do produto das instalações do produtor, adquirente e importador;
Ii - o certificado da qualidade, acompanhado dos originais dos boletins de análise utilizados na sua composição, quando for o caso, pelo prazo mínimo de 12 meses, a contar da data de saída do produto das instalações do produtor, importador e adquirente.
§ 4º o certificado da qualidade deverá ser obrigatoriamente rastreável às suas respectivas amostras-testemunha e boletins de análise.

Art. 7º O produtor, o importador e o adquirente deverão enviar mensalmente à anp, até o 15º (décimo quinto) dia do mês subseqüente à comercialização do produto, todas as informações constantes dos certificados da qualidade emitidos no mês de referência e respectivos volumes certificados, por meio de endereço eletrônico disponibilizado no sítio ***WWW.ANP.GOV.BR***.
§ 1º os agentes citados no caput deste artigo deverão enviar os dados, em formato eletrônico, segundo orientações de preenchimento disponibilizadas no sítio da anp ***WWW.ANP.GOV.BR***.
§ 2º quando não houver comercialização de biodiesel em um determinado mês, o produtor e o adquirente deverão enviar obrigatoriamente o formulário eletrônico informando esta situação.
§ 3º no caso da importação do biodiesel, quando houver comercialização do produto, o importador ficará obrigado a enviar o formulário eletrônico citado no § 1º deste artigo.
Dos documentos fiscais
Art. 8º A documentação fiscal e o documento auxiliar da nota fiscal eletrônica (danfe) emitidos por produtor, adquirente e importador, para fins de entrega e referentes às operações de comercialização do produto, deverão indicar o número do certificado da qualidade e do lacre da amostra-testemunha correspondentes ao produto.
Parágrafo único. O produto, ao ser transportado, deverá ser acompanhado de cópia legível do respectivo certificado da qualidade, atestando que o produto comercializado atende a especificação estabelecida no regulamento técnico nº 4/2012, parte constante desta resolução.
Das disposições finais
Art. 9º O não atendimento às regras estabelecidas na presente resolução sujeita os infratores às sanções administrativas previstas na lei nº ***9.847***, de 26 de outubro de 1999, alterada pela lei nº ***11.097***, de 13 de janeiro de 2005, e no decreto nº ***2.953***, de 28 de janeiro de 1999, sem prejuízo das penalidades de natureza civil e penal.
Art. 10. Os casos não contemplados nesta resolução serão analisados pela diretoria da anp.
Art. 11. Fica concedido, aos produtores, importadores e adquirentes de biodiesel, o prazo de até 60 dias a partir da publicação desta resolução para atendimento ao limite da característica teor de água estabelecido no regulamento técnico anexo a esta resolução, período no qual poderão ainda atender ao limite constante da resolução anp nº ***7***, de 19 de março 2008.
Art. 12. Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação no diário oficial da união.
Art. 13. Fica revogada a resolução anp nº ***7***, de 19 de março de 2008, observados os termos do art. 11 desta resolução.

Magda Maria De Regina Chambriard

Anexo
Regulamento técnico ANP nº 4/2012
1. Objetivo
Este regulamento técnico aplica-se ao biodiesel nacional ou importado e estabelece a sua especificação.
2. Normas aplicáveis
A determinação das características do biodiesel deverá ser feita mediante o emprego das normas da associação brasileira de normas técnicas (abnt), das normas internacionais da "american society for testing and materials" (astm), da "international organization for standardization" (iso) e do "comité européen de normalisation" (cen).
Os dados de repetitividade e de reprodutibilidade fornecidos nos métodos relacionados neste regulamento devem ser usados somente como guia para aceitação das determinações em duplicata do ensaio e não devem ser considerados como tolerância aplicada aos limites especificados neste regulamento.
A análise do produto deverá ser realizada em amostra representativa obtida segundo os métodos ABNT NBR 14883 - petróleo e produtos de petróleo - amostragem manual, ASTM

D 4057 - practice for manual sampling of petroleum and petroleum products ou ISO 5555 - animal and vegetable fats and oils - sampling.
As características constantes da tabela i de especificação do biodiesel deverão ser determinadas de acordo com a publicação mais recente dos seguintes métodos de ensaio:
2.1. Métodos ABNT

MÉTODO	Título
NBR 6294	Óleos lubrificantes e aditivos - determinação de cinza sulfatada
NBR 7148	Petróleo e produtos de petróleo - determinação da massa específica, densidade relativa e ºapi - método do densímetro
NBR 10441	Produtos de petróleo - líquidos transparentes e opacos - determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica
NBR 14065	Destilados de petróleo e óleos viscosos - determinação da massa específica e da densidade relativa pelo densímetro digital.
NBR 14359	Produtos de petróleo - determinação da corrosividade - método da lâmina de cobre
NBR 14448	Produtos de petróleo - determinação do índice de acidez pelo método de titulação potenciométrica
NBR 14598	Produtos de petróleo - determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado pensky-martens
NBR 14747	Óleo diesel - determinação do ponto de entupimento de filtro a frio
NBR 15341	Biodiesel - determinação de glicerina livre em biodiesel de mamona por cromatografia em fase gasosa
NBR 15342	Biodiesel - determinação de monoglicerídeos e diglicerídeos em biodiesel de mamona por cromatografia gasosa
NBR 15343	Biodiesel - determinação da concentração de metanol e/ou etanol por cromatografia gasosa
NBR 15344	Biodiesel - determinação de glicerina total e do teor de triglicerídeos em biodiesel
NBR 15553	Produtos derivados de óleos e gorduras - ésteres metílicos/etílicos de ácidos graxos - determinação dos teores de cálcio, magnésio, sódio, fósforo e potássio por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (icp-oes)
NBR 15554	Produtos derivados de óleos e gorduras -ésteres metílicos/etílicos de ácidos graxos -determinação do teor de sódio por espectrometria de absorção atômica
NBR 15555	Produtos derivados de óleos e gorduras -ésteres metílicos/etílicos de ácidos graxos -determinação do teor de potássio por espectrometria de absorção atômica
NBR 15556	Produtos derivados de óleos e gorduras -ésteres metílicos/etílicos de ácidos graxos -determinação do teor de sódio, potássio, magnésio e cálcio por espectrometria de absorção atômica
NBR 15586	Produtos de petróleo - determinação de microrresíduo de carbono
NBR 15764	Biodiesel - determinação do teor total de ésteres por cromatografia gasosa
NBR 15771	Biodiesel - determinação de glicerina livre - método volumétrico
NBR 15867	Biodiesel - determinação do teor de enxofre por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (icp-oes)
NBR 15908	Biodiesel - determinação da glicerina livre, monoglicerídeos, diglicerídeos, triglicerídeos e glicerina total por cromatografia gasosa

NBR 15995	Biodiesel - determinação da contaminação total

2.2. Métodos ASTM

MÉTODO	Título
ASTM D93	Flash point by pensky-martens closed cup tester
ASTM D130	Corrosiveness to copper from petroleum products by copper strip test
ASTM D445	Kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dynamic viscosity
ASTM D613	Cetane number of diesel fuel oil
ASTM D664	Acid number of petroleum products by potentiometric titration
ASTM D874	Sulfated ash from lubricating oils and additives
ASTM D1298	Density, relative density (specific gravity) or api gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer
ASTM D4052	Density and relative density of liquids by digital density meter
ASTM D4530	Determination of carbon residue (micro method)
ASTM D4951	Determination of additive elements in lubricating oils by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry
ASTM D5453	Determination of total sulfur in light hydrocarbons, spark ignition engine fuel, diesel engine fuel, and engine oil by ultraviolet fluorescence
ASTM D6304	Determination of water in petroleum products, lubricating oils, and additives by coulometric karl fisher titration
ASTM D6371	Cold filter plugging point of diesel and heating fuels
ASTM D6584	Determination of total monoglyceride, total diglyceride, total triglyceride, and free and total glycerin in b-100 biodiesel methyl esters by gas chromatography
ASTM D6890	Determination of ignition delay and derived cetane number (dcn) of diesel fuel oils by combustion in a constant volume chamber

2.3. Métodos EN/ISO

MÉTODO	Título
EN 116	Determination of cold filter plugging point
EN ISO 2160	Petroleum products - corrosiveness to copper - copper strip test
EN ISO 3104	Petroleum products - transparent and opaque liquids - determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity
EN ISO 3675	Crude petroleum and liquid petroleum products - laboratory determination of density - hydrometer method
EN ISO 3679	Determination of flash point - rapid equilibrium closed cup method
EN ISO 3987	Petroleum products - lubricating oils and additives - determination of sulfated ash
EN ISO 5165	Diesel fuels - determination of the ignition quality of diesel fuels - cetane engine method
EN 10370	Petroleum products - determination of carbon residue - micro method
EN ISO 12185	Crude petroleum and liquid petroleum products. Oscillating u-tube method
EN ISO 12662	Liquid petroleum products - determination of contamination in middle distillates

EN ISO 12937	Petroleum products - determination of water - coulometric karl fischer titration method
EN 14103	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of ester and linolenic acid methyl ester contents
EN 14104	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of acid value
EN 14105	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of free and total glycerol and mono-, di- and triglyceride content - (reference method)
EN 14106	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of free glycerol content
EN 14107	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of phosphorous content by inductively coupled plasma (icp) emission spectrometry
EN 14108	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of sodium content by atomic absorption spectrometry
EN 14109	Fat and oil derivatives -fatty acid methyl esters (fame) - determination of potassium content by atomic absorption spectrometry
EN 14110	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of methanol content
EN 14111	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of iodine value
EN 14112	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)
EN 14538	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) - determination of ca, k, mg and na content by optical emission spectral analysis with inductively coupled plasma (icp-oes)
EN 15751	Fat and oil derivatives - fatty acid methyl esters (fame) and blends with diesel fuel. Determination of oxidation stability by accelerated oxidation method
EN ISO 20846	Petroleum products - determination of sulfur content of automotive fuels - ultraviolet fluorescence method
EN ISO 20884	Petroleum products -determination of sulfur content of automotive fuels - wavelength-dispersive x -ray fluorescence spectrometry

Tabela I: Especificação do biodiesel

Característica	Unidade	Limite	Método		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISO
Aspecto	-	Lii (1)	-	-	-
Massa específica a 20º c	Kg/m³	850 a 900	7148 14065	1298 4052	En iso 3675 - En iso 12185
Viscosidade cinemática a 40ºc	Mm²/s	3,0 a 6,0	10441	445	En iso 3104
Teor de água, máx.	Mg/kg	(2)	-	6304	En iso

					12937
Contaminação total, máx.	Mg/kg	24	-	-	En iso 12662 Nbr 15995
Ponto de fulgor, mín. (3)	ºc	100,0	14598	93	En iso 3679
Teor de éster, mín	% massa	96,5	15764	-	En 14103
Resíduo de carbono, máx. (4)	% massa	0,050	15586	4530	-
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	6294	874	En iso 3987
Enxofre total, máx.	Mg/kg	10	15867	5453	En iso 20846 En iso 20884
Sódio + potássio, máx.	Mg/kg	5	15554 15555 15553 15556	-	En 14108 En 14109 En 14538
Cálcio + magnésio, máx.	Mg/kg	5	15553 15556	-	En 14538
Fósforo, máx.	Mg/kg	10	15553	4951	En 14107
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 ºc, máx.	-	1	14359	130	En iso 2160
Número cetano (5)	-	Anotar	-	613 6890 (6)	En iso 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	ºc	(7)	14747	6371	En 116
Índice de acidez, máx.	Mg koh/g	0,50	14448 -	664 -	En 14104 (8)
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15341 (8) 15771 - -	6584 (8) -	En 14105 (8) En 14106 (8)
Glicerol total, máx. (9)	% massa	0,25	15344 15908	6584 (8) -	En 14105 (8)
Monoacilglicerol, máx.	% massa	0,80	15342 (8) 15344 15908	6584 (8)	En 14105 (8)
Diacilglicerol, max.	% massa	0,20	15342 (8)	6584 (8)	En

			15344 15908		14105 8)
Triacilglicerol, máx.	% massa	0,20	15342 (8) 15344 15908	6584 (8)	En 14105 (8)
Metanol e/ou etanol, máx.	% massa	0,20	15343	-	En 14110 (8)
Índice de iodo	G/100g	Anotar	-	-	En 14111 (8)
Estabilidade à oxidação a 110ºc, mín. (10)	h	6	-	-	En 14112 en 15751 (8)

Nota:
(1) límpido e isento de impurezas, com anotação da temperatura de ensaio.
(2) será admitido o limite de 380 mg/kg 60 dias após a publicação da resolução. A partir de 1º de janeiro de 2013 até 31 de dezembro de 2013 será admitido o limite máximo de 350 mg/kg e a partir de 1º de janeiro de 2014, o limite máximo será de 200 mg/kg.
(3) quando a análise de ponto de fulgor resultar em valor superior a 130º c, fica dispensada a análise de teor de metanol ou etanol.
(4) o resíduo deve ser avaliado em 100% da amostra.
(5) estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil. Os resultados devem ser enviados à anp pelo produtor de biodiesel, tomando uma amostra do biodiesel comercializado no trimestre e, em caso de neste período haver mudança de tipo de material graxo, o produtor deverá analisar número de amostras correspondente ao número de tipos de materiais graxos utilizados.
(6) o método astm d6890 poderá ser utilizado como método alternativo para determinação do número de cetano.
(7) limites conforme tabela ii. Para os estados não contemplados na tabela o ponto de entupimento a frio permanecerá 19ºc.
(8) os métodos referenciados demandam validação para os materiais graxos não previstos no método e rota de produção etílica.
(9) poderá ser determinado pelos métodos abnt nbr 15908, abnt nbr 15344, astm d6584 ou en14105, sendo aplicável o limite de 0,25% em massa. Para biodiesel oriundo de material graxo predominantemente láurico, deve ser utilizado método abnt nbr 15908 ou abnt nbr 15344, sendo aplicável o limite de 0,30% em massa.
(10) o limite estabelecido deverá ser atendido em toda a cadeia de abastecimento do combustível.

Tabela II - ponto de entupimento de filtro a frio

Unidades Da Federação	Limite máximo, ºc											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SP - MG - MS	14	14	14	12	8	8	8	8	8	12	14	14
GO/DF - MT - ES - RJ	14	14	14	14	10	10	10	10	10	14	14	14
PR - SC - RS	14	14	14	10	5	5	5	5	5	10	14	14

ANEXO II – INSTRUÇÃO NORMATIVA MDA N° 1/2005 – SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS

INSTRUÇÃO NORMATIVA MDA Nº 1, DE 5.7.2005 - DOU 7.7.2005

Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão de uso do selo combustível social.

O Ministro de Estado do Desenvolvimento Agrário, no uso das competências que lhe são conferidas pelo art. *87*, parágrafo único, inciso II, da Constituição Federal e pelo art. *27*, inciso VIII, da Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, e

Considerando:

a) o potencial representado pelos combustíveis de biomassa para ampliação e diversificação da matriz energética brasileira;

b) o potencial de inclusão social e de geração de emprego e renda que a cadeia produtiva do biodiesel apresenta para os agricultores familiares do Brasil;

c) o grande contingente de agricultores familiares nas regiões Norte e Nordeste, e a necessidade implementar ações para geração de emprego e renda;

d) a necessidade do desenvolvimento de políticas públicas voltadas à descentralização do desenvolvimento para as regiões Norte e Nordeste do Brasil,

e) o enquadramento legal trazido à produção de biodiesel pela Lei nº *11.097*, de 13 de janeiro de 2005; e

f) o ambiente favorável ao envolvimento da agricultura familiar na produção de biodiesel criado pelo Decreto nº *5.297*, de 6 de dezembro de 2004,

Resolve:

CAPÍTULO I
DAS DEFINIÇÕES

Art. 1º Para efeito deste regulamento, consideram-se as seguintes definições:

I - Biodiesel: Combustível para motores a combustão interna com ignição por compressão, obtido por fonte renovável e biodegradável que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil, e que atenda à especificação técnica definida pela ANP, conforme estabelecido na Lei nº *11.097*, de 13 de janeiro de 2005;

II - Pronaf: Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar criado pelo Decreto nº 1.946, de 28 de junho de 1996, alterado pelo Decreto nº 3.991, de 30 de outubro de 2001;

III - Declaração de Aptidão ao Pronaf - DAP: é o instrumento que identifica os beneficiários do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - Pronaf, conforme o estabelecido na Portaria nº 75, do Ministério do Desenvolvimento Agrário, de 17 de setembro de 2004;

IV - Agricultor Familiar: definido como beneficiário do Pronaf, conforme estabelecido no art. 5º do Decreto nº 3.991, de 30 de outubro de 2001 e possuidor da DAP;

V - Cooperativa Agropecuária do Agricultor Familiar: cooperativa em que 70% (setenta por cento) da matéria-prima a beneficiar ou industrializar, no mínimo, seja originária da produção própria ou de associados/participantes e que no mínimo 90% (noventa por cento) dos participantes ativos de seu quadro social seja composto por agricultores familiares, que seja possuidora da DAP, conforme estabelecido na Portaria nº 75, de 17 de setembro de 2004, em seu art. 2º, § 1º, inciso V, e no Manual de Crédito Rural - MCR, capítulo 10;

VI - Selo combustível social: componente de identificação concedido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário ao produtor de biodiesel que cumpre os critérios descritos nesta Instrução Normativa e que confere ao seu possuidor o caráter de promotor de inclusão social dos agricultores familiares enquadrados no Pronaf, conforme estabelecido no Decreto nº *5.297*, de 06 de dezembro de 2004;

VII - Produtor de biodiesel: pessoa jurídica constituída na forma de sociedade sob as leis brasileiras, com sede e administração no País, beneficiária de autorização da Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP e possuidora de Registro Especial de Produtor de Biodiesel junto à Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda;

VIII - Matéria-prima para produção de biodiesel: uma ou mais fontes de óleo de origem vegetal ou animal, beneficiadas ou não e o seu óleo, seja bruto, beneficiado ou transformado; e

IX - Assistência e capacitação Técnica: prestação de serviços de acompanhamento técnico e de formação dos agricultores familiares visando contribuir para a sua melhor inserção na cadeia produtiva.

CAPÍTULO II

DOS CRITÉRIOS DO SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL DAS AQUISIÇÕES DA AGRICULTURA FAMILIAR

Art. 2º Os percentuais mínimos de aquisições de matériaprima do agricultor familiar, feitas pelo produtor de biodiesel para concessão de uso do selo combustível social, ficam estabelecidos em 50% (cinqüenta por cento) para a região Nordeste e semi-árido, 30% (trinta por cento) para as regiões Sudeste e Sul e 10% (dez por cento) para as regiões Norte e Centro-Oeste.

§ 1º O percentual mínimo de que trata este artigo é calculado sobre o custo de aquisição de matéria-prima adquirida do agricultor familiar ou sua cooperativa agropecuária em relação ao custo de aquisições anuais totais feitas no ano pelo produtor de biodiesel.

§ 2º No caso de produção própria de matéria-prima pelo produtor de biodiesel, esta deve ser valorada ao preço médio de aquisição de matéria-prima de terceiros no período de apuração.

§ 3º No caso de produção própria de matéria-prima pelo produtor de biodiesel, em que não tenha ocorrido aquisição desta matéria-prima de terceiros no período de apuração, para efeito de cálculo dos percentuais mínimos, deverá ser adotado o preço referência praticado na localidade ou região mais próxima do empreendimento.

§ 4º No caso de produção de matéria-prima em regime de parceria rural, contrato de meeiro ou outro similar, aquela parte da matéria-prima que pertencente ao produtor de biodiesel deverá ser valorada ao preço médio de aquisição de matéria-prima do meeiro ou parceiro rural.

Art. 3º O produtor de biodiesel manterá registro com documentação comprobatória das aquisições totais de matérias-primas feitas a cada ano civil, por um período de 5 (cinco) anos, sem prejuízo dos prazos decadenciais previstos em lei.

§ 1º A documentação comprobatória das aquisições feitas do agricultor familiar será aquela prevista na forma da legislação vigente.

§ 2º A documentação comprobatória das aquisições feitas do agricultor familiar ou de sua cooperativa agropecuária deverá conter, no campo de informações complementares, o número da DAP do agricultor, quando da compra individual, ou da cooperativa agropecuária, quando da compra grupal ou coletiva.

§ 3º Sem prejuízo dos prazos decadenciais previstos em Lei, o agricultor familiar manterá, por um período de 5 (cinco) anos, uma via do comprovante das vendas efetuadas ao produtor de biodiesel.

Art. 4º Sem prejuízo dos prazos decadenciais previstos em Lei, a Cooperativa Agropecuária do Agricultor Familiar que vender ao produtor de biodiesel com concessão de uso de selo combustível social, deverá manter, por um período de no mínimo 5 (cinco) anos a documentação comprobatória das aquisições totais anuais e das realizadas junto aos agricultores familiares.

Parágrafo único. A documentação comprobatória das aquisições realizadas junto aos agricultores familiares será a nota do produtor ou da cooperativa para o produtor, na qual deverão constar os preços recebidos pelos agricultores, as quantidades e o número da DAP do agricultor familiar.

Art. 5º Quando se tratar da produção de biodiesel a partir de culturas perenes, será suficiente, para fins de comprovação dos percentuais mínimos de que trata o art. 2º, o cálculo da expectativa de produção em função da área cultivada e contratada do agricultor familiar.

Parágrafo único. Para fins de cálculo de expectativa de produção da cultura perene, usar-se-ão os coeficientes técnicos de produtividade média durante a vida útil da cultura referenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pela Companhia Nacional de Abastecimento - Conab ou pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa.

Dos contratos com a agricultura familiar

Art. 6º Para concessão de uso do selo combustível social, o produtor de biodiesel deverá celebrar previamente contratos com todos os agricultores familiares ou suas cooperativas agropecuárias de quem adquira matérias-primas. uma representação dos agricultores familiares, que poderá ser feita por:

I - Sindicatos de Trabalhadores Rurais, ou de Trabalhadores na Agricultura Familiar, ou Federações filiadas à Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura - Contag;

II - Sindicatos de Trabalhadores Rurais, ou de Trabalhadores na Agricultura Familiar, ou Federações filiadas a Federação dos Trabalhadores da Agricultura Familiar - Fetraf;

III - Sindicatos de Trabalhadores Rurais ou de Agricultores Familiares ligados à Associação Nacional dos Pequenos Agricultores - ANPA; e

IV - outras instituições credenciadas pelo MDA.

§ 2º Os contratos celebrados entre as partes deverão conter minimamente:

I - o prazo contratual;

II - o valor de compra da matéria-prima;

III - os critérios de reajustes do preço contratado;

IV - as condições de entrega da matéria-prima;

V - as salvaguardas previstas para cada parte; e

VI - a identificação e concordância com os termos contratuais da representação do agricultor familiar que participou das negociações comerciais.

Da prestação de serviços de assistência técnica e capacitação aos agricultores familiares

Art. 7º Para concessão de uso do selo combustível social, o produtor de biodiesel assegurará a assistência e capacitação técnica a todos os agricultores familiares de quem adquira matérias-primas.

§ 1º A prestação dos serviços de assistência técnica e de capacitação dos agricultores familiares poderá ser desenvolvida diretamente pela equipe técnica do produtor de biodiesel ou por instituições por ele contratadas.

§ 2º O produtor de biodiesel deverá apresentar um plano de prestação dos serviços de assistência técnica e capacitação dos agricultores familiares, compatível com as aquisições feitas da agricultura familiar e com os princípios e diretrizes da Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural do MDA, que deve conter, pelo menos:

I - a descrição do quadro de profissionais da assistência técnica, com seus respectivos currículos e funções;

II - quando terceirizada, apresentar também cópia dos contratos com a instituição que prestará este serviço;

III - a identificação da área de abrangência da assistência técnica, indicando o(s) Estado(s), município(s), comunidades, vilas ou assentamentos, se for o caso;

IV - identificação do número de agricultores assistidos; e

V - descrição da metodologia a ser empregada e as atividades a serem desenvolvidas junto aos agricultores familiares.

CAPÍTULO III

DOS PROCEDIMENTOS DE SOLICITAÇÃO, MANUTENÇÃO, RENOVAÇÃO, SUSPENSÃO E CANCELAMENTO DA CONCESSÃO DE USO DO SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL

Art. 8º A solicitação de concessão de uso do selo combustível social deve ser efetuada pelo produtor de biodiesel, por meio de protocolização na Secretaria da Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário.

§ 1º A relação de documentos necessários à solicitação de concessão de uso do selo combustível social é apresentada no Anexo I.

§ 2º O modelo de apresentação do projeto de combustível social é apresentado no Anexo II.

§ 3º A solicitação de concessão de uso do selo combustível requer a entrega, pelo interessado, de comprovantes de cumprimento dos critérios do selo combustível social, conforme estabelecido no Capítulo II, bem como cópia do(s) contrato(s) com a agricultura familiar ou com as cooperativas agropecuárias da agricultura familiar.

Art. 9º O Ministério do Desenvolvimento Agrário terá um prazo de 60 (sessenta) dias, a contar da data de protocolização da documentação, para avaliar o cumprimento dos critérios do selo combustível social e emitir parecer conclusivo.

§ 1º A concessão de uso do selo combustível social será publicada, por extrato, no Diário Oficial da União.

§ 2º A publicação da concessão de uso do selo combustível social no Diário Oficial da União dispensa a emissão posterior de quaisquer documentos que impliquem na repetição do ato, tais como certidões, declarações e outros.

Art. 10. O selo combustível social para o produtor de biodiesel terá validade de 5 (cinco) anos a partir da data de publicação no Diário Oficial da União.

Art. 11. O MDA avaliará, em uma freqüência anual, o cumprimento, pelo produtor de biodiesel, dos critérios de concessão de uso do selo combustível social, mediante realização de avaliação externa e, quando se constatar:

I - Conformidade, será mantida a concessão de uso; e

II - Inconformidade, será concedido um prazo de 30 (trinta) dias para o produtor de biodiesel apresentar ao MDA as Justificativas e não sendo estas aceitas, será suspensa pelo prazo de um ano a concessão de uso do selo, atualizada a base de dados no endereço eletrônico do Ministério do Desenvolvimento Agrário e feita publicação no Diário Oficial da União.

Art. 12. Após decorrido o prazo de suspensão de uso do selo, mediante solicitação do interessado, o MDA realizará nova avaliação e quando se constatar:

I - Conformidade, será reincorporado na base de dados no endereço eletrônico do Ministério do Desenvolvimento Agrário e publicado no Diário Oficial da União; e

II - Inconformidade, será mantida a suspensão da concessão de uso do selo.

Parágrafo único. Após três solicitações e suspensões recorrentes, ou após 5 (cinco) anos de suspensão, o MDA cancelará por 5 (cinco) anos a concessão de uso do selo, atualizará a base de dados no endereço eletrônico do Ministério do Desenvolvimento Agrário e publicará no Diário Oficial da União.

CAPÍTULO VI

DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 13. Devem ser comunicadas ao Ministério de Desenvolvimento Agrário as situações de mudança de endereço da unidade fabril, mudança de razão social, incorporação de empresas e encerramento da atividade do produtor de biodiesel com concessão de uso do selo combustível social com as respectivas documentações comprobatórias.

Art. 14. O produtor de biodiesel comunicará ao Ministério de Desenvolvimento Agrário, em uma freqüência anual, o Cadastro da Agricultura Familiar, contendo:

I - no caso de contratos com agricultores familiares individualmente, o Nome, CPF e o nº da DAP de cada um; e

II - no caso de contratos com cooperativa agropecuária do agricultor familiar, o Nome da Cooperativa, o CNPJ e o nº da DAP.

Art. 15. O Ministério do Desenvolvimento Agrário poderá celebrar convênios ou contratos para a realização dos procedimentos relativos a avaliação do cumprimento dos critérios do selo combustível social.

Art. 16. Esta Instrução Normativa entra em vigor na data de sua publicação.

MIGUEL SOLDATELLI ROSSETTO

ANEXO I

RELAÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA PARA SOLICITAÇÃO DE CONCESSÃO DE USO DO SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL A EMPREENDIMENTOS DE BIODIESEL

1. Carta de solicitação do pedido de concessão de uso do selo combustível social (endereçada ao Sr. Secretário de Agricultura Familiar)

2. Cópia do documento de autorização de produtor de biodiesel, expedido pela ANP

3. Cópia do documento de registro especial expedido pela Secretaria da Receita Federal

4. Cópia do comprovante de inscrição no SICAF

5. Projeto de combustível social (modelo anexo II)

6. Cópia do contrato negociado entre a empresa e os agricultores familiares, ou suas cooperativas agropecuárias, especificando os termos contratuais e identificação da representação da agricultura familiar que participou das negociações

7. Cópia, autenticada, do documento de inscrição no CPNJ do Ministério da Fazenda.

8. Declaração de Adimplência (modelo a seguir).

ENTIDADE:.....
DECLARAÇÃO
O Presidente (Secretário) do (a).....
....., inscrita no
CNPJ sob o nº....., situado à.....
....., no uso de suas atribuições e sob as penas do
art. 299 do Código Penal, declara que:
Não está em situação de mora ou de inadimplência junto a qualquer órgão ou
entidade da administração pública federal direta e indireta, conforme inciso VII do art. 2º e
§ 1º do art. 3º da IN STN/MF nº 1, de 15.01.1997.
LOCAL E DATA
.....
(Nome)
(Cargo)

ANEXO II

MODELO DE APRESENTAÇÃO DE PROJETO DE COMBUSTÍVEL SOCIAL

MINISTÉRIO DO DEENVOLVIMENTO AGRÁRIO SECRETARIA DA AGRICULTURA FAMILIAR	**IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO (USO DO ÓRGÃO)**
NÚMERO DO PROCESSO:	PROTOCOLO (DIA/MÊS/ANO):
DADOS DA EMPRESA	
Razão Social:	

Nome do Representante legal:	
CNPJ:	
Número autorização de produção de biodiesel na ANP	
Número do Registro Especial da Secretaria da Receita Federal	
Número de inscrição no SICAF	
ENDEREÇO DE INSTALAÇÃO DA UNIDADE DE BIODIESEL:	CEP:
RUA:	NÚMERO:
COMPLEMENTO:	CAIXA POSTAL:
MUNICÍPIO:	UNIDADE DA FEDERAÇÃO:
DADOS DO EMPREENDIMENTO	
TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO EMPREGADA	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (Tonelada de matéria-prima e de biodiesel por ano)
MATÉRIAS PRIMAS A SEREM EMPREGADAS (especificar espécies de oleaginosas e tipo, como grão, óleo etc):	

CRITÉRIOS DO SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL
1: PERCENTUAL DA MATÉRIA-PRIMA PRINCIPAL EMPREGADA PROVENIENTE DA AGRICULTURA FAMILIAR SOBRE A PRODUÇÃO ANUAL TOTAL. Indicar o montante percentual em termos de receitas brutas. 2: CONTRATOS ENTRE AGRICULTORES E PRODUTORES DE BIODIESEL Apresentar: prazo contratual; valor de compra da matéria-prima; Os critérios de reajustes do preço contratado; As condições de entrega da matéria-prima; As salvaguardas previstas para cada parte; e A identificação e concordância com os termos contratuais da representação do agricultor familiar que participou das negociações comerciais. 3: DESCRIÇÃO DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA A descrição do quadro de profissionais da assistência técnica, com seus respectivos currículos e funções; Quando terceirizada, apresentar também cópia dos contratos com a/as instituições

que prestarão este serviço; A identificação da área de abrangência da assistência técnica, indicando o Estado (s) , município (s), comunidades, vilas ou assentamentos, se for o caso; Identificação do número de agricultores assistidos; e Descrição da metodologia a ser empregada e as atividades a serem desenvolvidas junto aos agricultores familiares.
TERMO DE RESPONSABILIDADE ASSUMIMOS CIVIL E CRIMINALMENTE, INTEIRA RESPONSABILIDADE PELA VERACIDADE DAS INFORMAÇÕES AQUI PRESTADAS. Representante Legal da empresa (Assinatura e Identificação)

ANEXO III – INSTRUÇÃO NORMATIVA MDA N° 1/2009 – SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 1, DE 19 DE FEVEREIRO DE 2009 (A)

DOU de 25/02/2009 (nº 37, Seção 1, pág. 71)

Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do selo combustível social e revoga a Instrução Normativa nº 1, de 5 de julho de 2005 (1) . (B)

O MINISTRO DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, no uso das competências que lhe são conferidas pelo art. 87, parágrafo único, inciso II, da Constituição Federal, pelo art. 27, inciso VIII, da Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003 (2) e pelo art. 5º do Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004 (3) ,

considerando o disposto na Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 (4) , que introduz o biodiesel na matriz energética brasileira;

considerando o potencial de inclusão social e de geração de emprego e renda que a cadeia produtiva do biodiesel apresenta para os agricultores familiares do Brasil;

considerando a necessidade de apoio à organização da base produtiva de oleaginosas na agricultura familiar, em especial nas regiões Norte e Nordeste;

considerando o disposto na Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005 (5) , que estabelece que a incidência do PIS/Pasep e da Cofins sobre o biodiesel poderá ter coeficientes de redução diferenciados em função das aquisições de matérias-primas feitas da agricultura familiar;

considerando o disposto no Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, que institui o Selo combustível social a ser concedido a produtores de biodiesel que promovam a inclusão social da agricultura familiar que lhes forneça matéria-prima e delega competência ao Ministério do Desenvolvimento Agrário para a concessão, renovação e cancelamento de uso do Selo combustível social a produtores de biodiesel;

considerando o disposto na Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006 (6) , que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais e caracteriza este segmento da sociedade; e

considerando, por fim, o disposto no Decreto nº 3.991, de 30 de outubro de 2001 (7) , que trata do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - Pronaf; resolve:

CAPÍTULO I
DAS DEFINIÇÕES

Art. 1º - Para efeito desta Instrução Normativa, consideram-se as seguintes definições:

I - biodiesel: combustível para motores a combustão interna com ignição por compressão, obtido por fonte renovável e biodegradável que possa substituir parcial ou totalmente o óleo *diesel* de origem fóssil, e que atenda à especificação técnica definida pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, conforme estabelecido na Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005;

II - Pronaf: Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, criado pelo Decreto nº 1.946, de 28 de junho de 1996, [(8)] alterado pelo Decreto nº 3.991, de 30 de outubro de 2001;

III - declaração de aptidão ao Pronaf - DAP: instrumento que identifica os beneficiários do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - Pronaf, conforme definido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário;

IV - agricultor familiar: definido na Lei 11.326, de 24 de julho de 2006, e caracterizado como beneficiário do Pronaf, conforme estabelecido no art. 5º do Decreto nº 3.991, de 30 de outubro de 2001, e possuidor da DAP;

V - cooperativa agropecuária do agricultor familiar: cooperativa que seja possuidora da DAP, conforme definido em regulamentação emitida pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA;

VI - selo combustível social: componente de identificação concedido pelo MDA a cada unidade industrial do produtor de biodiesel que cumpre os critérios descritos nesta Instrução Normativa e que confere ao seu possuidor o caráter de promotor de inclusão social dos agricultores familiares enquadrados no Pronaf, conforme estabelecido no Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004;

VII - produtor de biodiesel: pessoa jurídica constituída na forma de sociedade sob as leis brasileiras, com sede e administração no país, beneficiária de autorização da ANP e possuidora de Registro Especial de Produtor de Biodiesel junto à Secretaria da Receita Federal do Brasil;

VIII - matéria-prima: fonte de óleo de origem vegetal ou animal, beneficiada ou não e o seu óleo, seja bruto, beneficiado, transformado ou residual, sendo que a fonte de óleo vegetal *in natura* atende pelo menos um dos requisitos citados a seguir:

a) zoneamento agrícola;

b) recomendação técnica emitida por órgão público competente; ou

c) é de origem extrativista;

IX - assistência e capacitação técnica: prestação de serviços técnicos qualificados e capacitação de agricultores familiares para a produção de oleaginosa(s) em compatibilidade com a segurança alimentar da família e geração de renda, contribuindo para a melhor inserção na cadeia produtiva do biodiesel e o alcance da sustentabilidade da propriedade.

CAPÍTULO II

DOS CRITÉRIOS DO SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL

Seção I

Das Aquisições da Agricultura Familiar

Art. 2º - O percentual mínimo de aquisições de matéria-prima do agricultor familiar, feitas pelo produtor de biodiesel para fins de concessão, manutenção e uso do selo combustível social, fica estabelecido em:

I - 10% (dez por cento) até a safra 2009/2010, e 15% (quinze por cento) a partir da safra 2010/2011 para as aquisições provenientes das regiões Norte e Centro-Oeste; e

II - 30% (trinta por cento) para as aquisições provenientes das regiões Sul, Sudeste, Nordeste e o Semi-Árido a partir da data de publicação desta Instrução.

§ 1º - O percentual mínimo de que trata este artigo é calculado sobre o custo de aquisição da matéria-prima adquirida do agricultor familiar ou de sua cooperativa agropecuária em relação ao custo de aquisições totais de matérias-primas utilizadas no período para a produção de biodiesel, conforme a Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005, regulamentada pelo Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, da seguinte forma:

$$\text{percentual de aquisições} = \frac{X}{Y} *100$$

em que:

X representa o custo anual, em reais, de aquisição de matérias-primas da agricultura familiar, conforme estabelecido no art. 3º; e

Y representa a soma do valor, em reais, das aquisições anuais totais de matérias-primas utilizadas no período da produção de biodiesel.

§ 2º - Para o cálculo dos percentuais mínimos de aquisição, a produção própria de matéria-prima deve ser valorada ao preço médio de aquisição de matéria-prima de terceiros no período de apuração.

§ 3º - No caso de produção própria de matéria-prima pelo produtor de biodiesel, em que não tenha ocorrido aquisição desta matéria-prima de terceiros no período de apuração, para efeito de cálculo dos percentuais mínimos, deverá ser adotado o preço referência praticado na localidade, na região ou na praça-referência de formação de preço mais próximos do empreendimento agrícola do produtor de biodiesel.

§ 4º - No caso de produção de matéria-prima própria obtida em regime de parceria rural, contrato de meeiro ou outro similar, esta parte da matéria-prima deverá ser valorada ao preço médio de aquisição de matéria-prima do meeiro ou parceiro rural.

§ 5º - O percentual mínimo de que trata este artigo refere-se à região de aquisição da matéria-prima do agricultor familiar, independente da localização da unidade do produtor de biodiesel.

§ 6º - No caso em que o produtor de biodiesel adquirir matéria-prima da agricultura familiar de regiões que ensejem alíquotas diferentes, será adotado o seguinte critério de avaliação do cumprimento do disposto no *caput* do art 2º: o valor total das aquisições anuais da agricultura familiar das regiões Norte e Centro-Oeste dividido pelo percentual mínimo das aquisições nestas regiões (10% ou 15% conforme definido no art. 2º, inciso I) somado ao valor total das aquisições anuais da agricultura familiar das regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Semi-Árido dividido pelo percentual mínimo das aquisições nestas regiões (30% conforme definido no art. 2º, inciso II) deverá ser maior ou igual ao valor das aquisições utilizadas para a produção de biodiesel no ano civil.

Art. 3º - O custo de aquisição de matérias-primas da agricultura familiar, em regulamentação ao art. 4º, § 3º, do Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, fica definido como o somatório dos seguintes itens de custo:

I - valor de aquisição da matéria-prima;

II - valor das despesas com análise de solos de propriedades familiares;

III - valores referentes à doação dos insumos de produção e serviços aos agricultores familiares, desde que não oriundos de recursos públicos, limitado aos seguintes itens:

a) sementes e/ou mudas;

b) adubos;

c) corretivo de solo; e

d) horas-máquina e/ou combustível.

IV - valor referente à assistência e capacitação técnica dos agricultores familiares, limitado aos seguintes itens:

a) salários e/ou honorários dos técnicos contratados diretamente pelas empresas produtoras de biodiesel, inclusos os encargos trabalhistas;

b) despesas de deslocamento, hospedagem, material didático e alimentação para a realização da assistência técnica e capacitação aos agricultores familiares e de sua capacitação, limitadas ao valor máximo de 20% em relação ao valor do pagamento de salário e/ou honorários dos técnicos contratados diretamente pela empresa; e

c) pagamento a instituição prestadora deste serviço, quando terceirizado pelo produtor de biodiesel; limitado a salários e/ou honorários dos técnicos inclusos os encargos trabalhistas, e despesas de deslocamento, hospedagem, material didático e alimentação para a realização da assistência técnica e capacitação aos agricultores familiares, limitadas ao valor máximo de 20% em relação ao valor do pagamento de salário e/ou honorários dos técnicos.

§ 1º - Os custos citados neste artigo, que sejam repassados aos agricultores familiares na forma de adiantamento a ser deduzido no momento da venda ou que estejam contemplados nas operações de crédito efetivadas pelo produtor ao amparo do Pronaf ou demais formas de

financiamento da produção, não poderão ser incluídos no somatório de custos de aquisições da agricultura familiar.

§ 2º - Os valores relativos às doações citadas no inciso III deverão ter a comprovação por meio de nota fiscal do fornecedor dos insumos e serviços e recibo emitido pelo agricultor familiar da doação correspondente.

§ 3º - A soma dos valores citados nos incisos II, III e IV deste artigo ficam limitados em relação ao valor alcançado referente ao inciso I:

a) ao máximo de 50% (cinquenta por cento) para a região Centro-Sul; e

b) ao máximo de 100% para as regiões Nordeste, Norte e Semi-Árido.

§ 4º - Para fins de cálculo do percentual mínimo de aquisições da agricultura familiar de que trata o art. 2º, o valor de aquisição de matéria-prima citado no inciso I deste artigo será multiplicado por 1,5 (um e meio) quando se tratar das matérias-primas definidas no inciso VIII do art. 1º, exceto soja, para fins de cálculo do percentual mínimo de aquisições da agricultura familiar de que trata o art. 2º.

Art. 4º - O produtor de biodiesel manterá registro, com documentação comprobatória das aquisições da matéria-prima, citado no inciso I do art. 3º, feitas a cada ano civil por um período de 5 (cinco) anos, sem prejuízo dos prazos decadenciais previstos em lei.

§ 1º - A documentação comprobatória das aquisições da matéria-prima feitas do agricultor familiar será aquela prevista na forma da legislação estadual vigente.

§ 2º - A documentação comprobatória do valor das aquisições da matéria-prima feitas do agricultor familiar ou de sua cooperativa agropecuária deverá conter, no campo de informações complementares, o número da DAP do agricultor, quando da compra individual, ou da cooperativa agropecuária, quando da compra grupal ou coletiva.

Art. 5º - Sem prejuízo dos prazos decadenciais previstos em Lei, a cooperativa agropecuária do agricultor familiar que vender ao produtor de biodiesel com concessão de uso de selo combustível social deverá manter, por um período de no mínimo cinco (5) anos, a documentação comprobatória das vendas totais anuais por produtor de biodiesel e das aquisições realizadas junto aos agricultores familiares.

Parágrafo único - A documentação comprobatória das aquisições realizadas pelas cooperativas junto aos agricultores familiares será a nota do produtor ou da cooperativa para o produtor, em conformidade com a legislação estadual vigente, na qual deverão constar os preços recebidos pelos agricultores, as quantidades e o número da DAP do agricultor familiar.

Art. 6º - Quando se tratar de culturas perenes, será suficiente, para fins de comprovação dos percentuais mínimos de que trata o art. 2º, o cálculo da produção esperada em função da área cultivada e contratada do agricultor familiar.

§ 1º - Para fins de cálculo de expectativa de produção da cultura perene, usar-se-ão os coeficientes técnicos de produtividade na maturidade produtiva da cultura, por meio do emprego dos dados oficiais, segundo ordem decrescente de escolha, da Companhia Nacional

de Abastecimento - Conab, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, da Embrapa ou outro órgão público de competência reconhecida para definir a expectativa de produtividade nos seguintes referenciais:

a) na região de produção; e

b) na área mais próxima, caso a região de produção não disponha dos dados necessários.

§ 2º - A regra citada no *caput* aplica-se para a análise da concessão e para a avaliação de manutenção do Selo, limitada ao prazo da maturidade produtiva da cultura.

Seção II

Dos Contratos com a Agricultura Familiar

Art. 7º - Para concessão, manutenção e uso do selo combustível social, o produtor de biodiesel deverá celebrar previamente contratos com todos os agricultores familiares ou suas cooperativas agropecuárias.

§ 1º - As negociações contratuais terão participação de pelo menos uma representação dos agricultores familiares, que poderão ser feitas por:

a) Sindicatos de Trabalhadores Rurais ou de Trabalhadores na Agricultura Familiar ou Federações filiadas à Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura - Contag;

b) Sindicatos de Trabalhadores Rurais ou de Trabalhadores na Agricultura Familiar filiados à Federação dos Trabalhadores da Agricultura Familiar - Fetraf;

c) Sindicatos de Trabalhadores Rurais ou de Agricultores Familiares ligados à Associação Nacional dos Pequenos Agricultores - Anpa; e

d) outras instituições credenciadas pelo MDA.

§ 2º - Os contratos celebrados entre as partes deverão conter minimamente:

a) a identificação das partes integrantes do contrato, inclusive o número de DAP do agricultor familiar ou da cooperativa agropecuária;

b) a quantidade contratada por matéria-prima e a especificação da área equivalente, em hectares (ha);

c) o prazo contratual;

d) critério de formação de preço, referencial de preço ou valor de compra da matéria-prima;

e) os critérios de reajustes do preço contratado;

f) as condições de entrega da matéria-prima;

g) cláusula de responsabilidade do produtor de biodiesel pela prestação de assistência técnica ao agricultor familiar, em conformidade com o disposto no art. 2º, inciso III do Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004;

h) cláusula de responsabilidade por inadimplemento contratual e sobre danos decorrentes de culpa ou dolo das partes;

i) as salvaguardas previstas para as partes, explicitando as condições para os casos de frustração de safra e caso de força maior; e

j) a identificação e concordância com os termos contratuais da representação do agricultor familiar que participou das negociações comerciais, com cláusula inserida antes da cláusula "FORO", com a seguinte redação: "A entidade representativa da agricultura familiar, (identificação da entidade, Sindicato, Federação, Confederação, com nome, CNPJ, endereço), neste ato representada pelo Sr. (nome, qualificação, endereço), conforme previsto em seus estatutos, vem manifestar sua plena concordância com os termos do presente contrato".

Art. 8º - A entidade representativa da agricultura familiar no respectivo Estado dará anuência por meio de carta com firma reconhecida em cartório aos seguintes itens:

I - os termos e condições dos contratos firmados; e

II - a lista com a relação dos agricultores familiares contratados pela empresa, conforme o art. 14, inciso VI.

Art. 9º - Serão admitidos contratos coletivos com os agricultores familiares nas seguintes condições cumulativas:

I - todos os agricultores assinam o contrato;

II - que contenham cláusula que não implique o ato em coresponsabilidade entre os agricultores na entrega da produção;

III - em que a prestação de assistência técnica aos agricultores seja preservada; e

IV - o MDA seja informado dos dados dos contratos coletivos feitos pelo produtor de biodiesel por meio da identificação do nome do agricultor familiar, seu CPF, seu número de DAP, o nome do produto objeto da contratação, a área cultivada por cada agricultor, a produção contratada, se for o caso, a data de início do contrato e sua validade.

Parágrafo único - A comprovação das aquisições provenientes dos contratos de que trata este artigo será feita por comprovantes individuais, conforme estabelecido no art. 4º.

Seção III

Da Prestação de Serviços de Assistência Técnica aos Agricultores Familiares e sua Capacitação

Art. 10 - Para concessão, manutenção e uso do selo combustível social, o produtor de biodiesel deverá assegurar assistência técnica e capacitação para a produção de oleaginosas a todos os agricultores familiares com os quais formalizar contrato.

Parágrafo único - A prestação dos serviços de assistência técnica aos agricultores familiares e de sua capacitação para a produção de oleaginosas poderá ser desenvolvida diretamente pela equipe técnica do produtor de biodiesel ou por instituições/cooperativas/empresas por ele contratadas ou conveniadas.

Art. 11 - No planejamento e na implementação da assistência técnica e da capacitação, recomenda-se a observância dos seguintes princípios orientadores:

I - segurança e soberania alimentar: contribuir para a garantia da auto-suficiência alimentar da família e da soberania alimentar do país, estimulando a produção diversificada na propriedade e adotando práticas que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis;

II - sustentabilidade dos sistemas de produção: processos de produção que respeitem a cultura, os conhecimentos dos agricultores familiares e os recursos naturais existentes, facilitando a adoção de práticas de integração dos fatores de produção convencionais e agroecológicos (adubação química e orgânica, uso de agentes biológicos e naturais), o uso e manejo adequado do solo e da água, práticas de rotação de culturas, regimes de safra e safrinha, consórcio de culturas, dentre outras, visando estruturar um processo de produção sustentável;

III - geração de renda: incentivo ao estabelecimento de atividades agrícolas que incluam jovens e mulheres e que proporcionem retorno econômico satisfatório; e

IV - redução da pobreza rural: que a participação do agricultor na cadeia produtiva do biodiesel seja um fator de geração de renda complementar para a família.

§ 1º - Nas ações de capacitação técnica: utilizar abordagens metodológicas participativas e técnicas vivenciais, que incentivem e facilitem a participação coletiva dos agricultores familiares nos processos de planejamento e execução de atividades, estimulando a organização associativa e cooperativa.

§ 2º - As equipes de assistência técnica devem colaborar com os agricultores familiares para que possam acessar as políticas públicas necessárias para o bom desenvolvimento das atividades produtivas.

Art. 12 - A assistência técnica para a produção da(s) oleaginosa(s), sob responsabilidade do produtor de biodiesel, deverá considerar os princípios constantes do art. 11, com aplicação efetiva na propriedade, respeitando as especificidades locais e regionais e será aplicada nas seguintes fases:

I - tomada de decisão e planejamento sobre o plantio;

II - elaboração e/ou acompanhamento do projeto técnico para a produção de oleaginosas, nos casos de pleito de financiamento agrícola da produção ou de adiantamento de insumos efetuados pelo produtor de biodiesel;

III - plantio;

IV - condução da lavoura;

V - colheita; e

VI - pagamento do financiamento, quando for o caso.

§ 1º - Em se tratando de culturas perenes, a assistência técnica deve ser efetuada de forma permanente ao longo do ano, dentro da vigência do contrato de garantia de compra da matéria-prima, considerando os princípios e orientações constantes desta Instrução.

§ 2º - O serviço técnico ofertado pelo produtor de biodiesel deverá buscar a integração aos serviços desenvolvidos pelas organizações prestadoras de assistência técnica e extensão rural na região e/ou comunidade.

§ 3º - A assistência técnica para a produção de biodiesel deverá contemplar e incentivar a participação de toda a família, valorizando o trabalho e o papel das mulheres agricultoras e dos jovens no processo de planejamento, produção e comercialização da matéria-prima.

§ 4º - Cada técnico poderá responsabilizar-se pelo atendimento máximo de 150 (cento e cinquenta) agricultores familiares.

§ 5º - A assistência técnica para agricultores extrativistas de oleaginosas deverá ser realizada por profissional habilitado, que implemente plano de manejo aprovado pelo órgão ambiental responsável.

CAPÍTULO III

DOS PROCEDIMENTOS DE SOLICITAÇÃO, MANUTENÇÃO, RENOVAÇÃO E CANCELAMENTO DA CONCESSÃO DE USO DO SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL.

Seção I

Da Solicitação de Concessão e/ou Renovação de Uso do Selo Combustível Social

Art. 13 - A solicitação de concessão e/ou renovação de uso do Selo combustível social deve ser efetuada pelo produtor de biodiesel por meio de protocolização na Secretaria da Agricultura Familiar do Ministério do Desenvolvimento Agrário dos seguintes documentos:

I - carta de solicitação, endereçada ao Secretário de Agricultura Familiar, conforme modelo apresentado no Anexo II;

II - cópia do documento de autorização de produtor de biodiesel expedido pela ANP;

III - cópia do documento de Registro Especial expedido pela Secretaria da Receita Federal do Brasil;

IV - cópia do comprovante de inscrição no Sicaf válido;

V - cópia do documento de inscrição no CNPJ do Ministério da Fazenda;

VI - carta(as) de anuência da representação dos agricultores familiares no respectivo Estado, limitadas àquelas definidas no art. 8º parágrafo I desta Instrução, aos termos e condições dos contratos firmados com relação de dados das contratações, com firma reconhecida em cartório, constando em lista anexa a identificação do agricultor familiar, seu CPF, seu número de DAP, o nome do produto objeto da contratação, a área, a quantidade de matéria-prima contratada, se estiver delimitada em contrato, a data de início do contrato e sua validade;

VII - cópia de cada modelo de contrato celebrado com os agricultores familiares ou suas cooperativas, de quem adquira matéria-prima, devidamente preenchidos e assinados pelo produtor de biodiesel, agricultor ou cooperativa e pela entidade representativa da agricultura familiar;

VIII - relação de agricultores familiares com os quais possua contrato, em meio eletrônico;

IX - declaração de Adimplência, conforme Anexo I;

X - plano de assistência técnica; e

XI - projeto social, conforme o modelo constante no Anexo III.

Art. 14 - Para o cálculo do percentual mínimo de aquisições da agricultura familiar na análise da solicitação de concessão de uso do Selo combustível social serão consideradas as informações apresentadas em conformidade com o disposto na Seção I do Capítulo II.

§ 1º - Para o caso de contratos de culturas de ciclo curto cuja produção não tenha sido colhida no momento da solicitação da concessão de uso do Selo combustível social, será considerada a produtividade média da cultura por meio do emprego dos dados oficiais, segundo ordem decrescente de escolha, da Companhia Nacional de Abastecimento - Conab, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, ou de outro órgão público de competência reconhecida para definir a expectativa de produtividade nos seguintes referenciais:

a) na região de produção; e

b) na área mais próxima, caso a região de produção não disponha dos dados necessários.

Art. 15 - O plano de assistência técnica e capacitação deverá estar em conformidade com o disposto na Seção II do Capítulo II, contemplando, minimamente:

I - a descrição do quadro de profissionais da assistência técnica, com seus respectivos perfis, número de inscrição na entidade de classe e funções;

II - quando terceirizada ou conveniada, esta deverá apresentar também cópia autenticada dos contratos ou convênios com a instituição que prestará este serviço;

III - a identificação da área de atuação de cada técnico da assistência técnica, discriminando o(s) Estado(s), município(s), comunidades, vilas ou assentamentos, se for o caso, e o número de agricultores familiares assistidos;

IV - descrição da metodologia a ser empregada na assistência técnica e capacitação dos agricultores familiares ao longo do ano agrícola, com o plano de visitação às propriedades, incluindo assessorias técnicas individuais e grupais para as diferentes atividades; e

V - descrição das atividades de capacitação utilizadas e sua devida programação.

Art. 16 - No caso de terceirização da prestação de serviços de assistência técnica aos agricultores familiares e de sua capacitação, o contrato ou convênio que estabelece as obrigações das partes deverá conter, além do previsto no art. 15, a obrigação de o contratado informar o produtor de biodiesel os dados referentes à realização da assistência técnica e da capacitação em conformidade com o plano estabelecido.

Art. 17 - O MDA terá um prazo de até 60 (sessenta) dias, a contar da data de protocolização da documentação completa, para avaliação do cumprimento dos critérios do Selo combustível social e para emissão de parecer conclusivo.

§ 1º - A avaliação do cumprimento dos critérios do Selo combustível social para fins de concessão incluirá a análise documental e a auditoria de campo, caso julgado necessário.

§ 2º - A concessão de uso do Selo combustível social será publicada, por extrato, no Diário Oficial da União, ficando dispensada a emissão posterior de quaisquer documentos que impliquem a repetição do ato, tais como certidões, declarações e outros.

Art. 18 - A concessão de uso do Selo combustível social terá validade de cinco anos, contados do dia 1º de janeiro do ano subseqüente à sua concessão, conforme estabelecido no art. 6º do Decreto 5.297, de 6 de dezembro de 2004.

Parágrafo único - Após a publicação da concessão de uso do Selo combustível social o produtor de biodiesel terá um prazo de 90 (noventa) dias para inserir as informações cadastrais e dos critérios do Selo por meio de ferramenta disponibilizada pelo MDA.

Art. 19 - A renovação da concessão de uso do Selo combustível social deverá ser solicitada ao MDA, por meio de ofício endereçado ao Secretário da Agricultura Familiar, no período de 5 (cinco) meses antes do término da validade da concessão.

§ 1º - A renovação será concedida mediante análise documental e emissão de parecer técnico sobre o cumprimento dos critérios do selo combustível social.

§ 2º - Se a solicitação de renovação não for feita no prazo estabelecido neste artigo, o MDA procederá ao cancelamento da concessão e publicará a decisão no Diário Oficial da União.

Seção II

Da Manutenção da Concessão de Uso do Selo Combustível Social

Art. 20 - O produtor de biodiesel dotará o MDA das informações necessárias para a verificação do cumprimento dos critérios do selo combustível social em uma freqüência:

I - trimestral, sendo informado até o décimo quinto dia do mês imediatamente subseqüente ao de encerramento do trimestre civil para os critérios de aquisições e de contratos com a agricultura familiar; e

II - anual, sendo informado até o último dia útil do segundo mês imediatamente subseqüente ao encerramento do ano civil para os critérios de assistência e capacitação técnica dos agricultores familiares que incluirá:

a) cadastro dos técnicos, com discriminação dos valores de salários com encargos pagos, para o caso de ser contratação pelo produtor de biodiesel;

b) cadastro dos técnicos, com discriminação dos valores pagos nos contratos, no caso de terceirização das atividades, conforme faculta o art. 10, parágrafo único; e

c) identificação e caracterização das atividades realizadas.

§ 1º - O descumprimento do disposto neste artigo implicará notificação ao produtor de biodiesel, podendo ocorrer suspensão ou cancelamento da concessão de uso do Selo combustível social.

§ 2º - O MDA disponibilizará ferramenta para a dotação das informações de que trata este artigo.

Art. 21 - O MDA procederá avaliação do cumprimento dos critérios do selo combustível social e da regularidade documental, conforme o art. 13 nos seguintes casos:

I - ordinariamente em uma freqüência anual; e

II - a qualquer tempo, condicionada a ocorrência de denúncia formalizada ao MDA.

Parágrafo único - O produtor de biodiesel, sempre que requisitado pelo MDA, deverá disponibilizar a documentação completa, que ofereça comprovação do cumprimento dos critérios do selo combustível social, bem como as demonstrações contábeis relativas às transações realizadas.

Art. 22 - No caso do cumprimento do critério de assistência técnica, o produtor de biodiesel deverá:

I - manter os registros e comprovações da assistência técnica realizada, em conformidade com o plano de assistência técnica;

II - manter os registros dos comprovantes dos valores gastos com a assistência técnica, conforme discriminado no art. 3º, inciso IV;

III - manter os registros da realização da capacitação, inclusive das equipes técnicas; e

IV - apresentar ao MDA, ao fim de cada safra, um relatório final, contendo a síntese de todas as atividades desenvolvidas junto aos agricultores familiares, as ocorrências de sinistros que resultarem em redução ou frustração de safras relacionadas à cultura, bem como a produção e produtividade alcançada em cada comunidade/vila/assentamento.

Seção III

Do Cancelamento da Concessão de Uso do Selo Combustível Social

Art. 23 - A concessão de uso do Selo combustível social poderá ser cancelada, a qualquer tempo, se ocorrer qualquer dos seguintes fatos:

I - desatendimento dos critérios que condicionaram a sua concessão;

II - cancelamento da autorização expedida pela ANP, instituída pelo inciso XVI do art. 8º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, modificada pelo art. 6º da Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e

III - cancelamento do Registro Especial de Produtor de Biodiesel expedido pela Secretaria da Receita Federal, instituído pelo art. 1º da Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005.

Art. 24 - O procedimento de cancelamento seguirá os seguintes passos:

a) o processo tramitará no MDA em autos apartados e em apenso aos autos principais;

b) a empresa será notificada, por meio de ofício, constando os fatos e fundamentos legais pertinentes, com a delimitação de um prazo de 30 dias para a apresentação das alegações e documentos comprobatórios, conforme dispõe o inciso III do art. 3º da Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999, sendo que serão recusadas, mediante decisão fundamentada, as provas propostas pelos interessados quando consideradas ilícitas, impertinentes, desnecessárias e protelatórias;

c) decorrido o prazo estabelecido e mantida a situação de inconformidade, a empresa será notificada da decisão de cancelamento da concessão, conforme dispõe o art. 48 da Lei 9.784, de 29 de janeiro de 1999 e a qual será publicada no Diário Oficial da União; e

d) a empresa poderá apresentar recurso dirigido à autoridade que proferiu a decisão, conforme dispõe o art. 48 da Lei nº 9.784, de 29 de janeiro de 1999, a qual, se não a reconsiderar, o encaminhará à autoridade superior.

CAPÍTULO IV

DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 25 - Devem ser comunicadas ao MDA as situações de mudança de endereço da unidade fabril, mudança de razão social, alterações no contrato social, incorporações, alteração na capacidade produtiva autorizada pela ANP e encerramento de atividades do produtor de biodiesel, com as respectivas documentações comprobatórias.

Parágrafo único - As situações que envolvam a transferência de titularidade da concessão de uso do Selo combustível social entre empresas deverão ser apresentadas ao MDA, com respectiva documentação, objetivando a avaliação e dotação dos procedimentos cabíveis.

Art. 26 - O MDA poderá celebrar convênios, contratos ou outros ajustes para a realização dos procedimentos relativos ao monitoramento e avaliação do cumprimento dos critérios do selo combustível social, conforme estabelecido no parágrafo único, do art. 5º, do Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004.

Art. 27 - Revoga-se a Instrução Normativa nº 1, publicada no Diário Oficial da União, em 5 de julho de 2005.

Art. 28 - Esta Instrução Normativa entra em vigor na data de sua publicação.

GUILHERME CASSEL

ANEXO I

Modelo de Declaração de adimplência

ENTIDADE:.....

DECLARAÇÃO

O Presidente do(a).....

.....

, inscrita no CNPJ sob o Nº- ....., situado à .....

....., no uso de suas atribuições e sob as penas do art. 299 do Código Penal, declara que:

Não está em situação de mora ou de inadimplência junto a qualquer órgão ou entidade da administração pública federal direta e indireta, conforme inciso VII do art. 2º e § 1º do art. 3º da IN STN/MF Nº 1, de 15/01/97.

LOCAL E DATA

.....

(Nome)

(Cargo)

ANEXO II

MODELO DE CARTA DE SOLICITAÇÃO DO SELO COMBUSTÍVEL SOCIAL

Município - UF ,(data)

Ao Ilmo.Sr. (nome)

Secretário da Agricultura Familiar

Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA

Sr. Secretário,

Venho solicitar a avaliação técnica com vistas à obtenção do Selo de Combustível Social da empresa (nome), com CNPJ (citar).

Com este ofício são apresentados os documentos comprobatórios necessários ao atendimento dos critérios do Selo combustível social, conforme estabelecido em Instrução Normativa própria do Ministério do Desenvolvimento Agrário.

Coloco-me a disposição para quaisquer outros esclarecimentos que se façam necessários.

Atenciosamente

Nome

Cargo

Nome da empresa

Telefone

E-mail

ANEXO III

MODELO DE APRESENTAÇÃO DE PROJETO DE COMBUSTÍVEL SOCIAL PARA O PROCESSO DE CONCESSÃO

DADOS DA EMPRESA		
Razão Social:		
CNPJ:		
Nome do representante legal:		
Endereço eletrônico do representante legal		
Telefone do representante legal		
DADOS DO EMPREENDIMENTO		
TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO EMPREGADA:		
Capacidade total de produção	Matéria Prima (Ton)	
	Biodiesel (m³)	
Programação de produção no ano de concessão do Selo	Matéria-Prima (Ton)	
	Biodiesel (m³)	

PERCENTUAL DE AQUISIÇÕES DE MATÉRIA-PRIMA

Aquisições de matéria prima da agricultura familiar e localização

Município	UF	Comunidade (se houver)	Matéria-prima	Nº de agricultores familiares contratados	Área contratada (hectares)	Produção estimada (tonelada)	Valor estimado das aquisições (R$)
TOTAL							

Estimativa de custos de aquisição de matéria-prima de outros fornecedores e própria

Nome da matéria-prima	Unidade	Quantidade (t)	V. Unitário (R$)	V. Total (R$)
TOTAL				

Estimativas de custos das aquisições de matéria-prima da agricultura familiar (X)

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R$)	Valor Total (R$)
Aquisição de matéria-prima *per si*				
Sementes ou mudas (doadas)				
Análise de solos				
Calcário (correção de solo)				
Transporte de matéria-prima				
Assistência Técnica + Capacitação				
TOTAL				

Valor total das aquisições

Discriminação	Valor das aquisições anuais
Custo Total de aquisições da Agricultura familiar (X)	
Custo de aquisições a serem utilizadas para produção de biodiesel (Y)	
Percentual de aquisições da agricultura familiar (X/Y*100)	

Assistência Técnica e Capacitação de agricultores familiares.

Execução - Assistência Técnica (X)	Própria		Execução - Capacitação (X)	Própria	
	Terceirizada			Terceirizada	

PLANILHAS DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA

Relação dos técnicos, função, área de atuação, deslocamento e seus devidos custos.

Nome do Técnico	Cargo/Função	Valor dos salários anuais com encargos trabalhistas (R$) para o caso de ser própria	Município de atuação	UF	Comunidade/ Assentamento	Nº de Agricultores assistidos
TOTAL						

Indicadores Físicos da Assistência Técnica

Nº de Técnicos contratados	Nº Total de Agricultores	Relação Técnico/agricultor	Nº de visitas p/ agricultor	Nº Total de visitas

TERMO DE RESPONSABILIDADE

ASSUMIMOS, CIVIL E CRIMINALMENTE, INTEIRA RESPONSABILIDADE PELA VERACIDADE DAS INFORMAÇÕES AQUI PRESTADAS.

Representante Legal da empresa (Assinatura e Identificação)

ANEXO IV – RESOLUÇÃO BNDES N° 1.135/2004 – FINANCIAMENTO DE INVESTIMENTOS EM BIODIESEL

RESOLUÇÃO Nº 1.135 / 2004
Assunto: Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel no âmbito do Programa de Produção e Uso do Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia.
Referência: INFORMAÇÃO PADRONIZADA CONJUNTA AIE/DEGAP nº 076/04; AP/DEPLAN nº /04, GP/COTEC nº 03/04, AS/DERUR nº 98/04, de 17/11/2004.
Endossando o parecer do Relator, a Diretoria do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 15, I, alínea b, do Estatuto Social do BNDES, aprovado pelo Decreto nº 4.418, de 11/10/02, alterado pelo Decreto nº 4.833, de 05/09/2003,
RESOLVE:
Art. 1º - Aprovar o Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel no âmbito do Programa de Produção e Uso do Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia, nos termos do anexo à presente Resolução.
Art. 2º - Esta Resolução entra em vigor nesta data.
Rio de Janeiro, de de 2004
Anexo à Resolução nº /2004 – BNDES
Anexo
Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel no âmbito do Programa de Produção e Uso do Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia
1. *Objetivo:*
 Apoiar investimentos em todas as fases da produção de biodiesel (fase agrícola, produção de óleo bruto, produção de biodiesel, armazenamento, logística e equipamentos para a produção de biodiesel), sendo que, em relação às fases agrícola e de produção de óleo bruto, podem ser apoiados projetos desvinculados da produção imediata de biodiesel, desde que seja demonstrada a destinação futura do produto agrícola ou do óleo bruto para a produção de biodiesel.
 Apoiar a aquisição de máquinas e equipamentos homologados para uso de biodiesel ou de óleo vegetal bruto.
 Apoiar investimentos em beneficiamento de co-produtos e subprodutos do biodiesel.
2. *Beneficiários:*
 Conforme disposto nas Políticas Operacionais do BNDES.
3. *Prazo de Vigência:*
 Indeterminado.
4. *Formas de Apoio:*
 Apoios direto, indireto (automático e não-automático) e misto.
5. *Itens Passíveis de Apoio:*
 Conforme disposto nas Políticas Operacionais do BNDES.
6. *Condições Financeiras:*
 Participação do BNDES: até 90% dos itens passíveis de apoio, para projetos com selo social e até 80% dos itens passíveis de apoio, para projetos sem selo social; ou a participação prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, a que for maior.
Anexo à Resolução nº /2004 – BNDES
 Taxa de Juros: custo financeiro acrescido da remuneração total do BNDES e da remuneração do agente (nas operações indiretas), conforme tabelas abaixo:

OPERAÇÃO DIRETA

Micro, Pequenas e Médias Empresas, apresentando Projetos com selo social	TJLP +	1% a.a ou a remuneração prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, o que for menor
Micro, Pequenas e Médias Empresas, apresentando Projetos sem selo social		2% a.a ou a remuneração prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, o que for menor
Grandes Empresas, apresentando Projetos com selo social		2% a.a ou a remuneração prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, o que for menor
Grandes Empresas, apresentando Projetos sem selo social		3% a.a ou a remuneração prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, o que for menor

OPERAÇÃO INDIRETA

Micro, Pequenas e Médias Empresas e Pessoa Física, apresentando Projetos com selo social	TJLP +	1% a.a ou a remuneração prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, o que for menor + Remuneração do Agente
Micro, Pequenas e Médias Empresas e Pessoa Física, apresentando Projetos sem selo social		2% a.a ou a remuneração prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, o que for menor + Remuneração do Agente
Grandes Empresas, apresentando Projetos com selo social		2% a.a ou a remuneração prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, o que for menor + Remuneração do Agente
Grandes Empresas, apresentandoProjetos sem selo social		3% a.a ou a remuneração prevista nas Políticas Operacionais do BNDES, o que for menor + Remuneração do Agente

As operações nas Linhas FINAME, FINAME AGRÍCOLA e FINAME LEASING seguem as taxas de juros estabelecidas nas Políticas Operacionais do BNDES.

Anexo à Resolução nº /2004 – BNDES

 Prazos:

- Apoio Direto, Indireto não-automático, misto e Linha BNDES AUTOMÁTICO.

Conforme disposto nas Políticas Operacionais do BNDES.

- Linhas FINAME, FINAME AGRÍCOLA e FINAME LEASING

Os prazos da operação serão definidos de acordo com o disposto nas Políticas Operacionais do BNDES, ressalvado que nas operações para aquisição de máquinas e equipamentos (inclusive veículos de transporte de passageiro e de carga, tratores, colheitadeiras e geradores), no caso de homologação pelo fabricante para utilizar pelo menos 20% de biodiesel ou óleo vegetal bruto adicionado ao diesel, o prazo total poderá ser aumentado em 25%.

7. *Garantias:*

 As garantias exigidas serão definidas de acordo com as Políticas Operacionais do BNDES.

 No caso de hipoteca, penhor (inclusive de títulos) e/ou alienação fiduciária, o valor da garantia deve corresponder, no mínimo, a 100% (cem por cento) do valor da colaboração financeira.

 Na fase de operação, poderá haver a dispensa, sob condições, de garantia real e pessoal, se houver em favor do BNDES e/ou do(s) Agente(s) Financeiro(s) vinculação de receitas provenientes de Contrato de Compra e Venda de Biodiesel.

8. ***Demais Orientações***

Aplicam-se ao presente Programa as demais condições estabelecidas nas Políticas Operacionais do BNDES.

ANEXO V – QUESTIONÁRIO PARA ANÁLISE DOS FATORES DETERMINANTES DA SUSTENTABILIDADE DO PNPB

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado (a) a participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra, do pesquisador responsável.

Desde logo fica garantido o sigilo das informações. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

TÍTULO DO PROJETO: FATORES DETERMINANTES DA SUSTENTABILIDADE DO PNPB

Pesquisador Responsável: Pietro Adamo Sampaio Mendes

Telefone para contato: (21) 2112-8172

Pesquisadores participantes: Allan Kardec Duailibe Barros Filho, Luiz Antônio d'Avila e Adelaide Antunes

Telefones para contato : (21) 3037-3211

O OBJETIVO É AVALIAR QUAIS OS FATORES DEVEM SER PRIORIZADOS PARA ASSEGURAR A SUSTENTABILIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL. É UTILIZADA A FERRAMENTA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO, COM COLETA DE DADOS DE ESPECIALISTAS NO PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL (PNPB). SERÃO INCLUÍDOS NO ESTUDO 40 ESPECIALISTAS DO PNPB. A COLETA SERÁ REALIZADA COM O USO DE UMA MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAREADA, SENDO QUE AS VARIÁVEIS ANALISADAS FORAM DETERMINADAS POR ELO DA CADEIA PRODUTIVA. OS CRITÉRIOS DE INCLUSÃO SÃO ESPECIALISTAS QUE TENHAM TRABALHADO OU TRABALHEM DE FORMA DIRETA COMO O PNPB. PARA AVALIAÇÃO DOS GARGALOS SERÁ UTILIZADA A ESCALA DE SAATY ADAPTADO POR CRUZ (2007), COM 26 COMPARAÇÕES PAREADAS POR ELO DA CADEIA PRODUTIVA, COM GARANTIA DE SIGILO E DIREITO DE RETIRAR O CONSENTIMENTO A QUALQUER TEMPO.

_____

PIETRO ADAMO SAMPAIO MENDES (SIAPE 015145808)

- CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

EU, _____, _____, ABAIXO ASSINADO, CONCORDO EM PARTICIPAR DO ESTUDO ANÁLISE MULTICRITÉRIO DOS FATORES DETERMINANTES PARA A SUSTENTABILIDADE DO PNPB. COMO SUJEITO, FUI DEVIDAMENTE INFORMADO E ESCLARECIDO PELO PESQUISADOR PIETRO ADAMO SAMPAIO MENDES SOBRE A PESQUISA, OS PROCEDIMENTOS NELA ENVOLVIDOS. FOI-ME GARANTIDO O SIGILO DAS INFORMAÇÕES E QUE POSSO RETIRAR MEU CONSENTIMENTO A QUALQUER MOMENTO, SEM QUE ISTO LEVE A QUALQUER PENALIDADE.

RIO DE JANEIRO ___ DE _____ DE_____

ASSINATURA: _____

Matriz de comparações pareadas dos fatores determinantes para assegurar a sustentabilidade da Cadeia Produtiva do Biodiesel						
Nome:						
Área:	( ) Governo ( ) ONG ( ) Empresa ( ) Instituição de Pesquisa					
Nível de conhecimento do Elo						
Agrícola	( ) Especialista ( ) Razoável ( ) Básico					
Industrial	( ) Especialista ( ) Razoável ( ) Básico					
Distribuição	( ) Especialista ( ) Razoável ( ) Básico					
Quadro Geral						
Qual o elo da Cadeia Produtiva do Biodiesel deve ser priorizado para assegurar a sustentabilidade?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Agrícola						Industrial
Agrícola						Distribuição
Industrial						Distribuição
Quadro Específico						
Qual fator deve ser priorizado no elo agrícola para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Uso da terra (Análise de Ciclo de Vida)						Sistema de Produção
Qual alternativa para o uso da terra deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Alimentos						Desmatamento
Alimentos						Biodiversidade
Desmatamento						Biodiversidade
Qual alternativa para o sistema de produção deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Capacidade produtiva da terra						Insumos de produção (água, fertilizantes e defensivos agrícolas)
Capacidade produtiva da terra						Acesso à terra (desenvolvimento rural e social, criação de empregos e

						condições de trabalho)
Insumos de produção (água, fertilizantes e defensivos agrícolas)						Acesso à terra (desenvolvimento rural e social, criação de empregos e condições de trabalho)
Qual fator deve ser priorizado no elo industrial para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Disponibilidade de matérias-primas						Disponibilidade de tecnologia
Disponibilidade de matérias-primas						Uso da tecnologia
Disponibilidade de tecnologia						Uso da tecnologia
Qual alternativa para disponibilidade de matérias-primas deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Quantidade						Escala (indústria de esmagamento)
Quantidade						Preço
Escala (indústria de esmagamento)						Preço
Qual alternativa para disponibilidade de tecnologia deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Etanol X Metanol						Matérias-primas diferentes (oleaginosas, sebo e algas, p.ex.)
Qual alternativa para uso da tecnologia deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Subprodutos (aproveitamento e/ou descarte de resíduos)						Qualidade do biodiesel (conformidade legal e emissões de GEE)

Qual fator deve ser priorizado no elo de distribuição para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Venda do biodiesel						Logística
Venda do biodiesel						Óleo diesel B
Logística						Óleo diesel B
Qual alternativa para venda do biodiesel deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Custo do biodiesel						Oferta
Qual alternativa para logística do biodiesel deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Outros modais (ausência de dutos, ferrovias e hidrovias)						Manutenção da qualidade (armazenagem, transporte e manuseio)
Qual alternativa para o óleo diesel B deve ser priorizada para sustentabilidade do PNPB?						
	Extremamente mais importante	Moderadamente mais importante	Igual ou praticamente igual	Moderadamente mais importante	Extremamente mais importante	
Fiscalização do correto percentual de mistura (falta de uma metodologia analítica simples)						Problemas nos motores (emissões de GEE, qualidade do ar e manutenção)