

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**PROPOSTA DE MODELO PARA SELEÇÃO DE
FORNECEDORES E OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE
NA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL COM BASE
EM CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE**

Breno Barros Telles do Carmo

**Dissertação submetida ao Programa de
Mestrado em Engenharia de Transportes
da Universidade Federal do Ceará, como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Ciências (M.Sc.) em
Engenharia de Transportes.**

ORIENTADORA: Prof^a. Dra. Nadja G. S. Dutra Montenegro

**Fortaleza
2009**

FICHA CATALOGRÁFICA

CARMO, BRENO BARROS TELLES DO

Proposta de modelo para seleção de fornecedores e otimização do transporte na cadeia produtiva do biodiesel com base em critérios de sustentabilidade.

161 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

- | | |
|----------------------------|---------------|
| 1. Biodiesel | 2. Modelagem |
| 3. Seleção de Fornecedores | 4. Otimização |

CDD

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARMO, B.B.T. (2009). Proposta de um modelo para seleção de fornecedores e otimização do transporte na cadeia produtiva do biodiesel com base em critérios de sustentabilidade. Fortaleza, 2009. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 161 pág.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Breno Barros Telles do Carmo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Proposta de um modelo para seleção de fornecedores e otimização do transporte na cadeia produtiva do biodiesel. Mestre / 2009.

É concedida à Universidade Federal do Ceará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Breno Barros Telles do Carmo

Av. Norte, N. ° 2155 apto 1203 – Bairro Luciano Cavalcante

66.813-670 – Fortaleza, CE – Brasil

e-mail: brenotelles@det.ufc.br

**PROPOSTA DE MODELO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES E
OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE NA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL**

Breno Barros Telles do Carmo

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE
TRANSPORTES

Aprovado por:

Prof. ^a Nadja Glheuca da Silva Dutra Montenegro, D.Sc.
(Orientador – UFC)

Prof. Júlio Francisco Barros Neto, D.Sc.
(Examinador Interno – UFC)

Prof. Marcos Ronaldo Albertin, D.Sc.
(Examinador Interno – UFC)

Prof. João Bosco Furtado Arruda, D.Sc.
(Examinadora Externa – UFC)

Sílvio Hamacher, Dr.
(Examinador Externo – PUC RJ)

FORTALEZA, CE – BRASIL
AGOSTO DE 2009

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Reynaldo e Glaucemir,
responsáveis por toda minha educação e
incentivo na minha vida acadêmica.

Um homem sem significado
é um homem sem significância.
(André Haguette)

AGRADECIMENTOS

À Renata Jaguaribe, minha noiva e companheira, estímulo fundamental para dedicação na realização deste trabalho.

Aos meus pais, por terem possibilitado, em toda minha vida, que eu chegasse a vencer mais esta etapa de formação.

Ao Prof. André Haguette, pela presteza e discussões nos temas do trabalho desenvolvido.

À Regina Jaguaribe, grande incentivadora nos momentos difíceis no desenvolvimento deste trabalho.

À professora e orientadora, Professora Nadja Dutra Montenegro, que me auxiliou, ensinou, estimulou, motivou e cobrou, com a devida importância, concorrendo para a finalização deste trabalho. Sua paciência e entendimento das adversidades da vida sustentaram a execução deste trabalho.

Ao professor Albertin, por todo o apoio dado na realização deste trabalho.

Aos professores Julio Barros, Suelly Helena e Maria Elisabeth, pelos conhecimentos e ensinamentos durante as disciplinas no mestrado.

À Sra. Ivone Aleixo, pela dedicação ao mestrado e aos alunos do programa

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade de fazer esse mestrado.

Aos professores e funcionários da UFC pelos ensinamentos e ajuda.

Aos amigos do Mestrado, em especial Fabiana e Dmontier, pelo aprendizado e pela divisão das emoções durante o período estudado.

A todos os professores e mestres que tive ao longo de toda a minha vida, cuja sabedoria e conhecimentos foram importantes para minha formação.

Resumo da dissertação submetida ao PETRAN/UFC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.Sc.) em Engenharia de Transportes.

PROPOSTA DE UM MODELO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES E OTIMIZAÇÃO
DO TRANSPORTE NA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL COM BASE EM
CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE

Breno Barros Telles do Carmo

Setembro/2009

Orientadora: Nadja Glheuca da Silva Dutra Montenegro

Observa-se uma demanda mundial crescente por energias ditas renováveis. Dentre estas energias, encontra-se o biodiesel, que é derivado de biomassa renovável. Porém, para que esta cadeia seja competitiva, ela deve satisfazer a alguns critérios de competitividade. Existe também a possibilidade de exportação deste combustível, porém, é necessário que sejam seguidas algumas diretrizes que estão sendo elaboradas para certificação da cadeia de valor dos biocombustíveis, baseado em critérios de sustentabilidade. Assim, a presente dissertação tem por objetivo apresentar um modelo de seleção de fornecedores para as usinas de biodiesel, levando em consideração os critérios de certificação e competitividade identificados na cadeia. Para tanto, foi utilizada a metodologia SMARTER para a realização deste modelo. Este modelo foi agregado em conjunto com um modelo de otimização de transporte para a minimização dos custos envolvidos. Observou-se que o modelo apresenta aumento no custo de transporte, se forem levadas em consideração as imposições de selo social do governo federal.

Abstract of the Thesis submitted to PETRAN/UFC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M. Sc.) in Transportation Engineering.

PROPOSING A MODEL TO EVALUATE THE BIODIESEL SUPPLIERS AND
OPTIMIZE THE COST TRANSPORTATION IN BIODEISEL PRODUCTIVE
CHAIN BASED IN SUSTAINABILITY CRITERIA.

Breno Barros Telles do Carmo

September / 2009

Advisor: Nadja Glheuca Silva Dutra Montenegro

Nowadays, it is observed a world demand for renewable energies. This kind of energy must be sustainable to be considered renewable. Nowadays, the consumption of diesel is growing up and it emits greenhouse gas. To reduce this kind of emission, one alternative is biodiesel. But, when we talk about biodiesel, there are some challenges to be upper. This first one is that this chain must be competitive. There are some criteria to evaluate the chains' competitiveness. It was observed too, that Brazil has a big potential to export this kind of fuel. However, some countries are developing some norms to evaluate if this fuel is sustainable and if it has positives impacts in the society. The present work create a model do evaluate biodiesel chain suppliers using competitiveness and certification criteria identify in this chain. To this, was used the SMARTER methodology. This model was putted together a transport optimization model. It could be observed that the "selo social" has an important impact in transportation costs. When were evaluated the competitiveness and certification evaluation models we could see that this suppliers' evaluation model change this relationships.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	17
1.1 PROBLEMA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 METODOLOGIA	19
1.4 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO	22
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	22

CAPÍTULO 2

BASE CONCEITUAL: CADEIAS PRODUTIVAS	24
2.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS DE CADEIAS PRODUTIVAS	24
2.2 FATORES DE COMPETITIVIDADE EM CADEIAS PRODUTIVAS	26
2.2.1 Tipo de produto exportado	26
2.2.2 Nível de conhecimento do mercado	28
2.2.3 Nível de entendimento do posicionamento competitivo da empresa	28
2.2.4 Nível de entendimento das oportunidades de agregação de valor através da integração	29
2.2.5 Nível de cooperação entre as empresas do arranjo produtivo	29
2.2.6 Tipo de raciocínio presente na cadeia produtiva	30
2.2.7 Paternalismo dentro da cadeia produtiva	31

CAPÍTULO 3

BASE METODOLÓGICA DOS MODELOS PROPOSTOS	32
3.1 PREVISÃO DE DEMANDA	32
3.1.1 Modelos de previsão de demanda	34
3.1.2 Modelos baseados em séries temporais	35
3.1.3 Erros de previsão	39
3.2 MODELOS MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO	41
3.2.1 Definições de modelos de apoio a decisão	41

3.2.2 Modelo Smarter	44
3.3 MODELOS DE OTIMIZAÇÃO LINEAR	45

CAPÍTULO 4

BASE CONCEITUAL – BIODIESEL: CRITÉRIOS DE CERTIFICAÇÃO E COMPETITIVIDADE	48
---	-----------

4.1 CONCEITO DE BIODIESEL E CONSIDERAÇÕES GERAIS	48
---	-----------

4.2 CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL	50
--	-----------

4.3 CERTIFICAÇÃO NA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL	52
--	-----------

4.3.1 Modelo alemão de certificação	53
---	----

4.3.2 Modelo holandês de certificação	54
---	----

4.3.3 Modelo suíço	55
--------------------------	----

4.3.4 Desenvolvimento de critérios baseado nos princípios de certificação	55
---	----

4.4 FATORES PARA A CERTIFICAÇÃO DA CADEIA DE VALOR DO BIODIESEL	56
--	-----------

4.4.1 Produção de MP do biodiesel	56
---	----

4.4.2 Transporte – emissão de gases	57
---	----

4.4.3 Processo de produção do biodiesel	58
---	----

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO NO INMETRO.....	60
---	-----------

4.6 FATORES DE COMPETITIVIDADE NA CPB	61
--	-----------

4.6.1 Tipo de produto fornecido	61
---------------------------------------	----

4.6.2 Nível de conhecimento de mercado	62
--	----

4.6.3 Entendimento do posicionamento competitivo	62
--	----

4.6.4 Oportunidades de agregação de valor	63
---	----

4.6.5 Cooperação e colaboração	64
--------------------------------------	----

4.6.6 Tipo de raciocínio presente na cadeia	64
---	----

4.6.7 Paternalismo	64
--------------------------	----

CAPÍTULO 5

ANÁLISE MACRO DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL NO CONTEXTO NACIONAL	67
--	-----------

5.1 ANÁLISE DAS FONTES DE MATÉRIA-PRIMA	67
--	-----------

5.1.1 Soja	68
------------------	----

5.1.2 Amendoim	71
5.1.3 Milho	73
5.1.4 Algodão	76
5.1.5 Mamona	78
5.1.6 Girassol	80
5.1.7 Outras Oleaginosas	82
5.1.8 Potencial por tipo de cultura	82
5.2 CAPACIDADE PRODUTIVA BRASILEIRA DE BIODIESEL	84
5.3 ANÁLISE DA DEMANDA POR BIODIESEL	86
5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO MODELO DE PREVISÃO	91

CAPÍTULO 6

MODELO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES E OTIMIZAÇÃO DE TRANSPORTE NA CPB	94
6.1 MODELO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES	94
6.2 MODELO DE OTIMIZAÇÃO	108
6.2.1 Modelo sem a imposição do selo social	110
6.2.2 Modelo com a imposição do selo social	112
6.3 DADOS UTILIZADOS NOS MODELOS	114

CAPÍTULO 7

ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	116
7.1 CENÁRIOS CRIADOS	116
7.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS ENTRE MODELO	122
7.3 ANÁLISE DO FORNECIMENTO DE MATÉRIA PRIMA	130
7.4 ANÁLISE DO FORNECIMENTO DO PONTO DE VISTA DA USINA	134

CAPÍTULO 8

CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
8.1 BIODIESEL: OFERTA, DEMANDA E POTENCIAL PRODUTIVO.....	139
8.2 MODELO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES.....	141
8.3 MODELO DE OTIMIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NOS CUSTOS DE TRANSPORTES	142

8.4 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	144
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
ANEXO A	152
ANEXO B	154

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1: Estrutura do Método Proposto
- Figura 1.2: Modelo de Otimização Proposto
- Figura 1.3: Estrutura do Trabalho
- Figura 2.1: Representação de uma cadeia produtiva
- Figura 3.1: Etapas de um modelo de previsão
- Figura 3.2: Modelo de previsão de demanda
- Figura 3.3: Processo de previsão de demanda
- Figura 3.4: Avaliação de alternativas em um modelo multicritério
- Figura 3.5: Estrutura de um problema multicritério
- Figura 3.6: Esquema Diagramático
- Figura 4.1: Cadeia produtiva do biodiesel
- Figura 4.2: Cadeia de valor do biocombustível – aplicação da cadeia de valor de Potter
- Figura 4.3: Energia contida no combustível/ energia fóssil usada para produzi-lo
- Figura 4.4: Estrutura de certificação dos biocombustíveis
- Figura 5.1: Representatividade por região da produção de soja
- Figura 5.2: Destinação da Soja no Brasil
- Figura 5.3: Participação das regiões brasileiras na produção de amendoim
- Figura 5.4: Destinação do amendoim produzido em São Paulo
- Figura 5.5: Representatividade por região na produção de milho
- Figura 5.6: Representatividade na produção de algodão por região brasileira
- Figura 5.7: Representatividade na produção de mamona por região brasileira
- Figura 5.8: Representatividade de produção de girassol por região brasileira
- Figura 5.9: Representatividade das unidades da federação na produção de girassol
- Figura 5.10: Potencial de produção de óleo brasileiro
- Figura 5.11: Mapa das Usinas Produtoras de Biodiesel
- Figura 5.12: Participação das regiões na produção nacional de biodiesel
- Figura 5.13: Produção de Biodiesel no Brasil
- Figura 5.14: Série histórica de vendas de diesel
- Figura 5.15: Identificação dos ciclos
- Figura 5.16: Previsão de demanda por biodiesel

- Figura 5.17: Demanda por biodiesel por região
- Figura 6.1: Estrutura arborescente para a tomada de decisão
- Figura 6.2: Níveis de impacto dos fatores de competitividade
- Figura 6.3: Níveis de impacto dos fatores ambientais
- Figura 6.4: Níveis de impacto dos fatores sociais
- Figura 6.5: Níveis de impacto dos fatores econômicos
- Figura 6.6: Níveis de impacto dos fatores sócio-econômicos
- Figura 6.7: Níveis de impacto do fator transporte
- Figura 6.8: Exemplo de Avaliação fornecida
- Figura 6.9: Estruturação do Problema
- Figura 7.1: Custos Cenário 1
- Figura 7.2: Custos Cenário 2
- Figura 7.3: Custos Cenário 3
- Figura 7.4: Custos Cenário 4
- Figura 7.5: Custos Cenário 5
- Figura 7.6: Custos Cenário 6
- Figura 7.7: Comparação entre os cenários
- Figura 7.8: Comparação entre FO e Total dos custos
- Figura 7.9: Comparação entre os cenários 1 e 2
- Figura 7.10: Comparação entre os cenários 3 e 5
- Figura 7.11: Comparação entre os cenários 3 e 4
- Figura 7.12: Comparação entre os cenários 4 e 6
- Figura 7.13: Custo do transporte por litro
- Figura 7.14: Priorização do fornecimento
- Figura 7.15: Transporte de MP oriundo do fornecedor 1
- Figura 7.16: Transporte de MP oriundo do fornecedor 2
- Figura 7.17: Transporte de MP oriundo do fornecedor 6
- Figura 7.18: Transporte de MP oriundo do fornecedor 7
- Figura 7.19: Percentual de MP (3 e 5)
- Figura 7.20: Percentual de MP oriunda de AF por usina
- Figura 7.21: Percentual de MP (4 e 6)
- Figura 7.22: Percentual de MP oriunda de AF por usina

LISTA DE TABELAS

- Tabela 5.1: Relação quantidade de óleo por hectare
- Tabela 5.2: Produção de soja por unidade da federação
- Tabela 5.3: Representatividade de produção de milho por unidade da federação
- Tabela 5.4: Representatividade na produção de algodão por unidade da federação
- Tabela 5.5: Representatividade por unidade da federação na produção de mamona
- Tabela 5.6: Obtenção dos índices de sazonalidade por mês
- Tabela 5.7: Índices de Sazonalidade por mês
- Tabela 6.1: Pesos referentes ao fator competitividade
- Tabela 6.2: Pesos referentes ao fator ambiental
- Tabela 6.3: Pesos referentes ao fator social
- Tabela 6.4: Pesos referentes ao fator econômico
- Tabela 6.5: Pesos referentes ao fator sócio-econômico
- Tabela 6.6: Pesos referentes ao fator transporte
- Tabela 6.7: Pesos referentes fatores para seleção de fornecedores
- Tabela 6.8: Exemplo do Modelo de Avaliação
- Tabela 6.9: Capacidade de Fornecimento
- Tabela 6.10: Capacidade Produtiva Hipotética
- Tabela 6.11: Matriz de Distâncias
- Tabela 6.12: Demandas Hipotéticas
- Tabela 6.13: Distâncias Hipotéticas
- Tabela 7.1: Cenários Propostos
- Tabela 7.2: Suprimentos no Cenário 3
- Tabela 7.3: Suprimentos no Cenário 4
- Tabela 7.4: Suprimentos no Cenário 5
- Tabela 7.5: Suprimentos no Cenário 6
- Tabela 7.6: Custos obtidos nos modelos
- Tabela 7.7: Incremento nos custos entre cenários
- Tabela 7.8: Comparação dos custos nos cenários 1 e 2
- Tabela 7.9: Comparação dos custos nos cenários 3 e 5
- Tabela 7.10: Comparação dos custos nos cenários 4 e 6
- Tabela 7.11: Níveis de fornecimento por cenário

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1: Fatores que levaram ao desenvolvimento da indústria dos biocombustíveis

Quadro 4.2: Quesitos para avaliação dos biocombustíveis brasileiros

Quadro 4.3: Resumo de Desempenho da CBP sob a ótica da Competitividade

Quadro 4.4: Resumo de Desempenho da CBP sob a ótica da Certificação

Quadro 5.1: Soja: critérios para certificação

Quadro 5.2: Amendoim: critérios para certificação

Quadro 5.3: Milho: critérios para certificação

Quadro 5.4: Algodão: critérios para certificação

Quadro 5.5: Mamona: critérios para certificação

Quadro 5.6: Girassol: critérios para certificação

Quadro 5.7: Resumo da avaliação das fontes de MP

Quadro 6.1: Descrição das Variáveis do Modelo

Quadro 7.1: Percentual de fornecimento de MP por usina por Cenário

LISTA DE SIMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

CP – Cadeia Produtiva
CPB – Cadeia Produtiva do Biodiesel
AP – Arranjo Produtivo
MP – Matéria Prima
AV – Avaliação de Fornecedores
CEP – Controle Estatístico do Processo
LIC – Limite Inferior de Controle
LSC – Limite Superior de Controle
MAD – Mean Absolute Deviation
MCDA – Multiple Criteria Decision Aid
SMARTER – Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings
SMARTS – Simple Multi-Attribute Rating Technique using Swings
MAUT – Multi-attribute Utility Theory
ROC – Rank Order Centroid
MMC – Média Móvel Centrada
IS – ndice de Sazonalidade
PIB – Produto Interno bruto
IDH – ndice de Desenvolvimento Humano
FO – Função Objetivo

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Problema

Observa-se atualmente uma preocupação mundial na produção e consumo de energias mais limpas. Isto vale para a produção e consumo de combustíveis como o diesel. Para a substituição deste tipo de combustível, surgiu o biodiesel, que é produzido por intermédio de óleos vegetais, sebo bovino ou ainda óleos de gorduras residuais, o que lhe confere um carácter renovável.

O Brasil desponta no cenário mundial como grande produtor de biocombustíveis. Jank (2007) entende que as energias renováveis ainda contribuem com percentual pequeno em relação aos combustíveis fósseis. Estima-se que a contribuição seja de 0,9% do total de energia produzida. Deste total, observa-se ainda que quase 90% são de etanol, sendo o biodiesel responsável apenas por 10%. Vale ressaltar que as energias renováveis advinda de hidrelétricas, eólica, dentre outras, não foram avaliadas no estudo.

Observa-se, ainda, que existe um grande potencial de crescimento para biocombustíveis, dado o interesse mundial em torno das energias renováveis e que vários fatores contribuem para a importância dos mesmos, dentre eles: aumento do preço do petróleo, impacto dos derivados de petróleo no meio ambiente, metas para redução de emissões de CO₂, possibilidade de geração de empregos (Paulillo *et al.*, 2007).

Para que estas energias, ditas renováveis, sejam viáveis, é necessário que elas e o seu processo de produção sejam sustentáveis do ponto de vista socioeconômico e sejam competitivas no mercado globalizado. O biodiesel tem grande potencial para atender aos requisitos socioeconômicos, porém, levando em consideração o atual modelo de organização de agricultura familiar, pode representar um custo financeiro mais elevado que o do diesel fóssil. Este potencial se dá pela inserção da agricultura familiar nesta cadeia, um dos requisitos impostos pelo mercado globalizado.

Um fato a ser ressaltado é que a cadeia produtiva deve se adequar à demanda crescente por este tipo de combustível e ainda deve atender aos requisitos impostos para

o mercado. Isto fica evidente quando se fala da capacidade instalada em usinas e a capacidade de produção para a cadeia produtiva do biodiesel (CPB). Carmo (2007) observa a existência de usinas paradas por falta de matéria-prima.

Assim, as usinas precisam definir as suas fontes fornecedoras de matéria-prima e ainda avaliar a situação destes fornecedores quanto aos requisitos impostos pelo mercado e a competitividade da cadeia.

Pelo que foi exposto, surgiu o problema a ser trabalhado pela presente dissertação: **“Como as usinas podem selecionar seus fornecedores segundo critérios socioambientais e de competitividade e qual o custo envolvido no transporte desta matéria-prima?”**

Esta preocupação com as variáveis, acima descritas, e a possibilidade de exportação deste produto não podem ser pensadas de forma isolada. Inicialmente, é necessário um estudo acerca da capacidade produtiva da cadeia e uma avaliação dos gargalos da mesma.

Logo, a presente dissertação visa à elaboração de um modelo para avaliar os fornecedores de matéria-prima para a cadeia produtiva do biodiesel segundo critérios de certificação e competitividade identificados pelo mundo.

Outro fato que será levado em consideração é que o custo de transporte de matéria-prima para as usinas produtoras de biodiesel pode tornar o negócio inviável. Assim, o modelo contemplará também a elaboração de uma estimativa de custos em função dos fornecedores preferenciais definidos no primeiro modelo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Elaboração de uma modelagem para avaliar potenciais fornecedores de matéria-prima para a cadeia produtiva do biodiesel segundo critérios socioambientais e competitividade e fornecimento de uma estimativa de seu custo de transporte, através de um modelo de otimização que busque o menor custo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Mapear quantitativamente a cadeia produtiva (principal e auxiliar) do biodiesel;
- Identificar as principais fontes de matéria-prima para esta cadeia e localizar a disponibilidade das mesmas;

- Analisar a demanda nacional por biodiesel e observar o alinhamento da produção nacional com esta demanda;
- Identificar os critérios de certificação e competitividade existentes para a cadeia produtiva do biodiesel;
- Elaborar um modelo para avaliar os fornecedores segundo estes critérios;
- Propor um modelo de otimização para avaliar os cenários de fornecimento, identificando as opções mais viáveis;
- Criar cenários que levem em consideração os critérios de certificação, competitividade e selo social, avaliando qual a oportunidade mais viável de matéria-prima para sua produção.

1.3 Metodologia Proposta

Como metodologia da presente dissertação, inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que Gil (2002, p. 44) define que “é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos”. A Etapa 1 do método consiste no estudo da arte da cadeia produtiva do biodiesel (CPB). O objetivo desta etapa é obter um conhecimento aprofundado da CPB, buscando identificar os elos da cadeia, as possíveis fontes de matéria-prima e uma análise da demanda. Para tanto, foram realizadas algumas visitas às empresas do setor. Esta primeira etapa está embasada na pesquisa bibliográfica em livros e *sites* oficiais. A Figura 1.1 ilustra as etapas propostas na pesquisa.

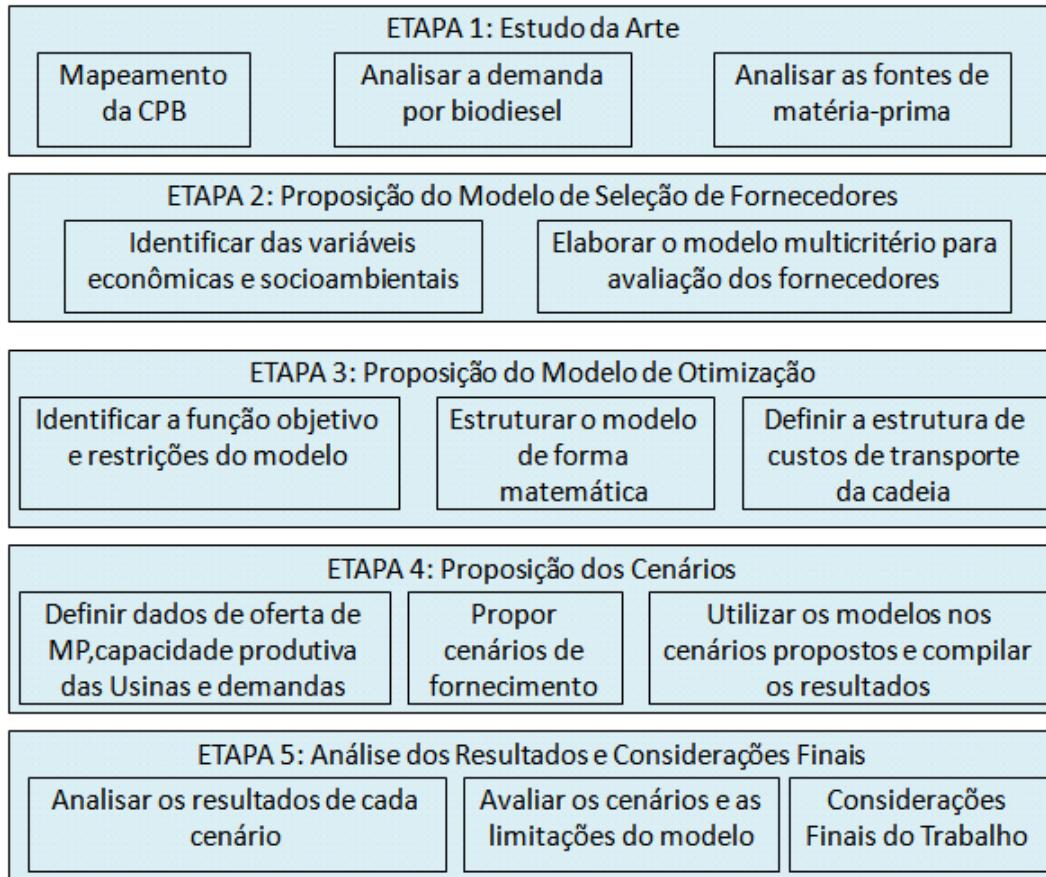


Figura 1.1: Estrutura do método proposto

Com caracterização das CPB, foram identificadas as fontes de matéria-prima existentes e capacidades produtivas das usinas. A segunda fase do estudo contemplou o levantamento de dados para a elaboração do modelo de previsão de demanda por biodiesel no mercado interno. Em seguida, foi escolhido o modelo de previsão que melhor se adequava ao caso estudado. Com o estado da arte realizado, observou-se que era necessário um estudo mais aprofundado para os fornecedores.

Em seguida, partiu-se para uma nova pesquisa bibliográfica para identificar quais as variáveis econômicas e socioambientais que poderiam ser utilizadas no modelo de avaliação de fornecedores.

Nesta segunda fase do método, foi elaborado um modelo para avaliação dos fornecedores de MP para a cadeia produtiva do biodiesel. Com os dados de avaliação levantados, foi realizada uma pesquisa para identificar qual metodologia multicritério se encaixaria melhor para os dados levantados. Por este modelo, foram dados pesos a cada um dos quesitos.

Com o modelo de avaliação de fornecedores, partiu-se para o modelo de otimização. Esta fase do trabalho tem por objetivo de encontrar a melhor opção de compra de matéria-prima dos fornecedores aptos a trabalhar na CPB. Para tanto, cada um dos fornecedores terá uma avaliação para o desempenho obtido na etapa anterior. Esta “nota” será levada em consideração no modelo de otimização.

Para a elaboração do modelo, foi definida a função-objetivo de minimizar o custo de transporte na cadeia de suprimentos, sujeito às restrições desenvolvidas no modelo. A Figura 1.2 ilustra o modelo de otimização proposto.

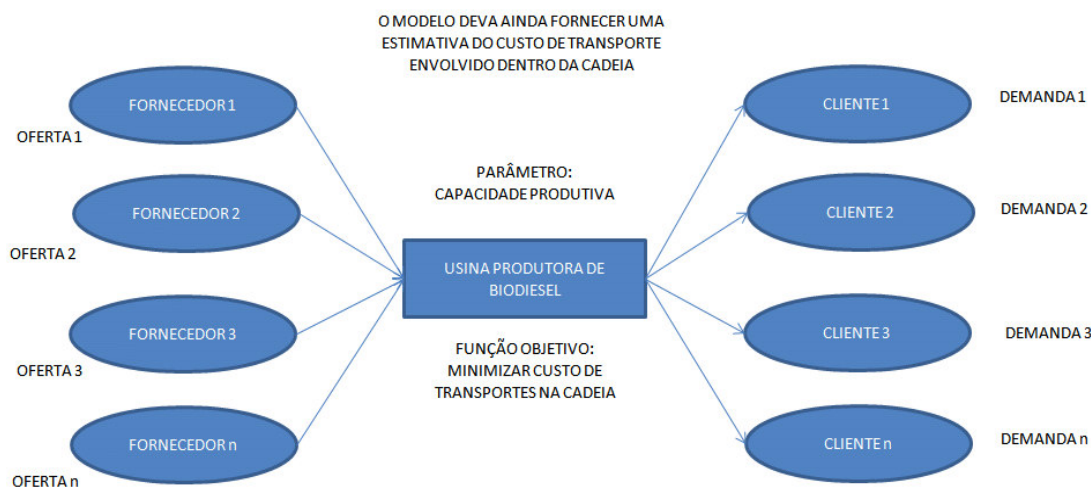


Figura 1.2: Modelo de Otimização Proposto

Finalizando, elaboraram-se cenários hipotéticos de oferta e demanda para testar os modelos desenvolvidos. Em seguida foram rodados os dois modelos (avaliação de fornecedores e otimização) para a obtenção dos fornecedores para a empresa e quais os custos de transporte envolvidos neste processo de deslocamento. Vale ressaltar que, neste ponto, o custo de transporte é calculado tanto para a parte de suprimentos como para a parte de distribuição da cadeia.

Por último, os resultados obtidos em cada cenário foram avaliados para a obtenção das conclusões do presente trabalho.

1.4 Importância do trabalho

A idéia inicial de produção de biodiesel a partir de fontes que promovem a inclusão social pode representar uma oportunidade no semi-árido nordestino. Estudos preliminares de Carmo (2007), porém, constataram que a produção de biodiesel a partir

de mamona não se mostra viável, pois a falta desta matéria-prima já vem fazendo com que usinas fiquem paradas por falta desta matéria prima (MP). O mesmo autor observou também que existe uma concentração das usinas em torno de zonas produtoras de soja.

Foi observado que outras usinas vêm operando com outros óleos vegetais, trabalhando com margens negativas, o que foi identificado em visitas realizadas às empresas produtoras de biodiesel da região do semi-árido cearense. Observa-se também que muitas matérias-primas não atendem aos requisitos de competitividade e certificação, o que pode tornar o negócio desta cadeia produtiva inviável.

Pelo baixo valor agregado, o preço destas matérias-primas depende muito do custo de transporte envolvido até as usinas, o que provoca aumento do custo de produção do biodiesel.

Logo, a importância deste estudo consiste em identificar, avaliar e estimar os custos de transporte das fontes de MP que sejam economicamente viáveis para a produção e avaliar estes fornecedores segundo critérios de certificação e competitividade.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em sete capítulos, apresentados a seguir:

O trabalho inicia-se com o Capítulo 1, trazendo a introdução e motivação para a realização do trabalho de pesquisa, bem como identificando os objetivos, a metodologia e mostrando a estrutura do trabalho proposta.

O Capítulo 2 trabalha a base conceitual de cadeias produtivas e os fatores de competitividade das mesmas.

O Capítulo 3 aborda a base metodológica utilizada na dissertação, englobando os modelos de previsão de demanda, metodologias multicritério e modelos de otimização linear.

O Capítulo 4 aborda a base conceitual do biodiesel e apresenta os critérios de certificação existentes no mercado.

O Capítulo 5 apresenta o estudo da arte da cadeia produtiva do biodiesel onde, inicialmente, é realizada a análise macro da cadeia, sendo apresentado um estudo da demanda por biodiesel no mercado interno e avaliação das potencialidades de fornecimento de matéria-prima.

No Capítulo 6 será apresentada a proposição das modelagens, através do modelo multicritério utilizado para avaliar os fornecedores e o modelo de otimização para a estimativa do custo envolvido no transporte desta matéria-prima para as usinas.

O Capítulo 7 traz a análise dos resultados obtidos com a aplicação do método.

Por último, seguem as conclusões do trabalho realizado, as considerações finais do estudo e quais as limitações existentes nos modelos, bem como sugestões para trabalhos futuros.

A Figura 1.3 ilustra a estrutura proposta na presente dissertação, com os produtos de cada um dos capítulos.

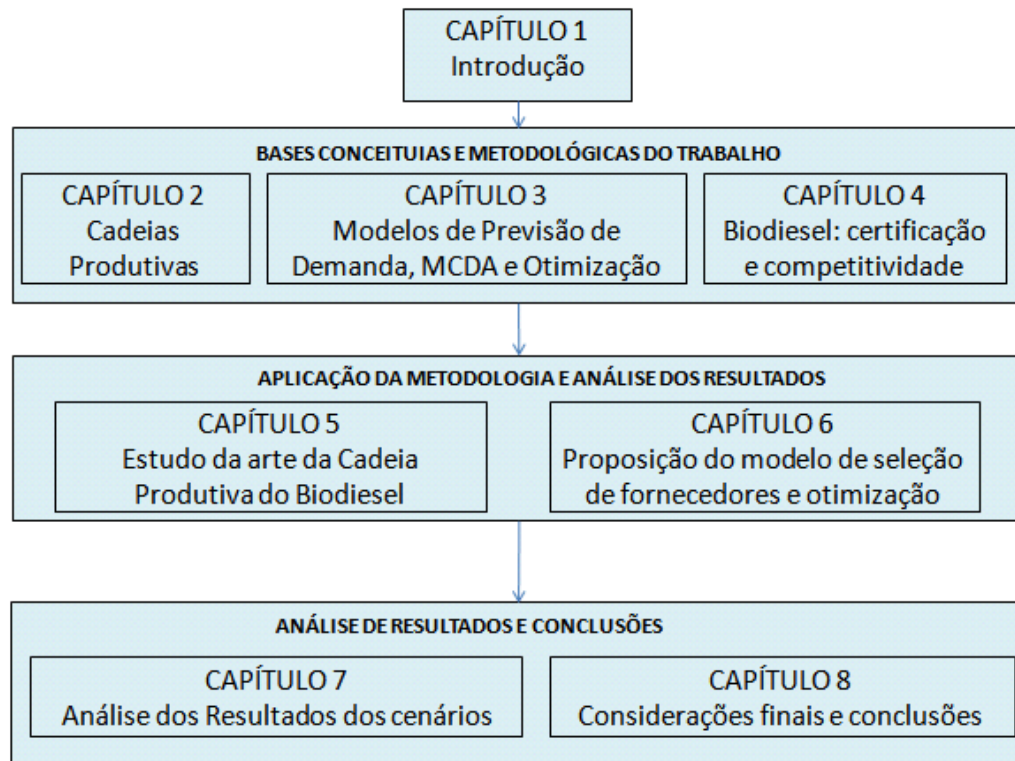


Figura 1.3: Estrutura do trabalho.

CAPÍTULO 2

BASE CONCEITUAL: CADEIAS PRODUTIVAS

2.1 Definições e conceitos de cadeias produtivas

Segundo Slack *et al.* (2002, p. 170), “nenhuma operação produtiva existe isoladamente, ou seja, todas as operações fazem parte de uma rede maior, interconectada com outras operações, incluindo fornecedores e clientes”. Yusuf *et al.* (2004) entendem que existem pressões de mercado nas empresas para que elas melhorem seu desempenho e sejam mais competitivas. Esta competitividade não deve ser pensada isoladamente pelas empresas, mas como processos ao longo da cadeia de suprimentos que agregam valor ao produto.

Farina *et al.* (1992) entendem que os processos de negócios criam e agregam valor ao cliente. As empresas baseadas em processos são consideradas cada vez menos autônomas, mas sim como um elo interrelacionado dentro de uma cadeia produtiva (CP). Chase *et al.* (2006) afirmam que os estudos de Arranjos Produtivos (AP) são essenciais para entender como funciona todo o ciclo produtivo, desde a obtenção da matéria-prima até o produto final.

Assim, um AP pode ser visto como uma “estrutura intangível”, no qual as empresas interagem entre si e com atores locais na busca de vantagens competitivas e soluções para problemas comuns. A importância do conceito complementa o enfoque das empresas de forma isolada. A expansão dos APs implica uma revisão dos conceitos e formas de se analisar a competitividade empresarial, surgindo abordagens como competitividade sistêmica (ALBERTIN, 2003) e modelos como do diamante (PORTER, 1993) e conceitos como capital social, sistema de inovação regional, eficiência coletiva, entre outros.

Para a análise de uma CP, faz-se necessário sua segmentação. Para Batalha e Silva (2001), uma cadeia produtiva pode ser segmentada de jusante (início da cadeia) à montante (final da cadeia).

Chopra e Meindl (2003) entendem que as cadeias produtivas são compostas por redes, podendo um elo ter vários fornecedores e fornecer para diferentes elos subsequentes. Assim, Pires (2004) define “rede de suprimentos” para descrever a

estrutura da maioria das cadeias produtivas. Slack *et al.* (2002) definem redes de suprimentos como sendo “todas as unidades produtivas que estão interligadas para prover o suprimento de bens e serviços até os clientes finais. A Figura 2.1 representa, conceitualmente, uma CP “genérica”.

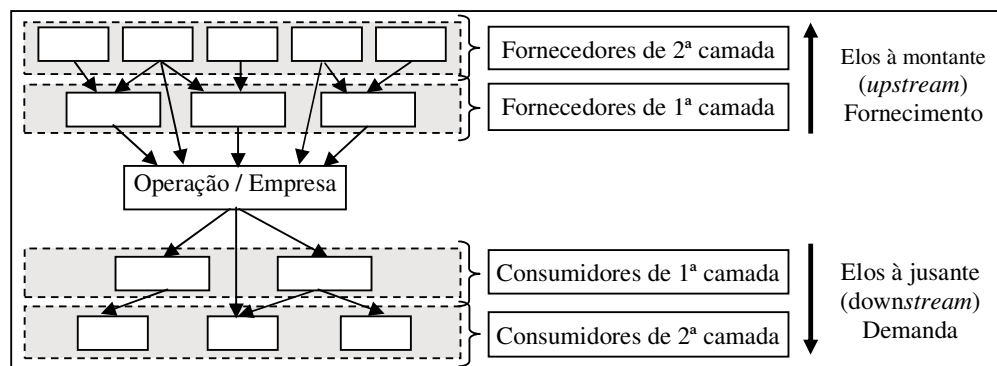


Figura 2.1: Representação de uma cadeia produtiva

Fonte: Saraiva Jr. *et al.*, 2007.

Observam-se os múltiplos relacionamentos entre a empresa, que se objetiva focar, e seus fornecedores e clientes. Os fornecedores e clientes, que têm ligação direta com a empresa-foco, são qualificados como pertencentes à primeira camada. Os fornecedores dos fornecedores e clientes dos clientes são chamados de segunda camada e, assim, sucessivamente.

Existem ainda alguns elos que não estão diretamente envolvidos no processo produtivo, mas dão apoio para que ele seja viabilizado. Estes elos estão contidos na chamada cadeia auxiliar. É importante considerá-la, pois ela contribui para o desempenho produtivo e econômico dos processos de transformação e, muitas vezes, cria os diferenciais competitivos destes processos (ALBERTIN, 2003).

O mapeamento da CP e dos seus respectivos elos facilita a visualização de atividades específicas. Assim, pode-se identificar, de forma mais clara, as relações entre cada elo da CP e visualizar como se comportam os fatores de competitividade envolvidos.

Os elos estão relacionados entre si e a gestão destas relações pode ser conceituada como governança da CP. A intensidade das inter-relações comerciais e extra-comerciais está relacionada com a geração de conhecimento e a inovação necessária para garantir a competitividade dos arranjos produtivos (ALBERTIN, 2003).

Dependendo da abordagem, a CP pode ser vista como uma cadeia de valor, onde cada etapa agrega um valor ao produto-fim da cadeia. Ela também pode ser vista em

função de um *cluster*, ficando evidente a necessidade de cooperação e colaboração entre as empresas dos elos localizadas numa mesma região. Assim, as CPs são vistas como cadeias integradas, que Bertaglia (2008) entende como um conjunto de processos requeridos para obter materiais, agregar valor de acordo com as necessidades dos consumidores e disponibilizar os produtos aos clientes. Assim, o mesmo autor entende que a evolução das organizações leva a crer que a competição está passando do âmbito empresarial para a competição entre cadeias de abastecimento.

Não basta, porém, que as empresas estejam somente trabalhando em conjunto com um objetivo em comum, mas elas devem ser competitivas no mercado globalizado. Assim, Fairbanks e Lindsay (2002) identificaram alguns fatores de competitividade para cadeias produtivas, explicados no tópico a seguir.

2.2 Fatores de Competitividade em Cadeias Produtivas

Para analisar a competitividade de um AP, adaptam-se os critérios utilizados por Fairbanks em países e CPs da América do Sul.

Fairbanks e Lindsay (2002) entendem que existem alguns fatores que devem ser avaliados para analisar a competitividade de um determinado arranjo produtivo. São eles: tipo de produto exportado (seu nível de complexidade), nível de conhecimento do mercado, nível de entendimento do posicionamento competitivo da empresa, nível de entendimento das oportunidades de integração, nível de cooperação entre as empresas, nível de entendimento do tipo de raciocínio das empresas e o nível de paternalismo presente na cadeia produtiva.

Estes fatores avaliam em qual nível de desenvolvimento se encontra um AP, considerando uma série de fatores que indicam a dependência do AP do governo, dos fatores primários de competitividade e das relações de confiança entre as empresas e com o governo, entre outros.

2.2.1 Tipo de produto exportado

O primeiro fator está relacionado com o produto resultante do AP em estudo. São consideradas variáveis neste fator: abundância de matéria-prima, abundância de mão-de-obra barata, qualidade do solo e clima, e localização geográfica estratégica (FAIRBANKS e LINDSAY, 2002).

Quando se dispõe de muita matéria-prima e com relativa facilidade de exportação, pode-se cair em uma grande armadilha que trata da exportação de produtos

primários. Isto se dá quando as empresas passam a exportar produtos de baixo valor agregado. Desta maneira, os maiores lucros ficam com as empresas que beneficiam o produto. Possuir matéria-prima com relativa facilidade não garante que um arranjo produtivo seja competitivo se ele não observar qual a necessidade real do mercado.

Outro ponto importante é que produtos simples, de baixo valor agregado, são facilmente imitados por outros APs, o que deixa os participantes da cadeia expostos à concorrência externa. A exportação de produtos de baixo valor agregado transfere as riquezas dos países em desenvolvimento, a um custo ínfimo, para os países industrializados.

Quando se fala em mão-de-obra barata e abundante pode parecer bastante vantajoso para uma nação, mas, de fato, é uma vantagem competitiva indesejável. Competir baseado somente nesta vantagem é uma forma não sustentável de se desenvolver, pois, para a transformação da matéria-prima em um produto desejável pelo consumidor, é necessário que haja mão-de-obra qualificada para tal. Pensando em termos de mão-de-obra barata, muitas vezes, constata-se que ela seja de baixa qualificação, o que é inibidor para o desenvolvimento e implantação de melhorias no produto e processo.

O terceiro ponto do fator trata de competir com base na localização. Neste caso, a localização pode ser um impulso competitivo, onde as empresas que estão mais próximas de seus clientes possuem uma maior vantagem devido à redução de custos logísticos envolvidos. Porém, a localização pode não ser um determinante de competitividade, se forem exportadas matérias-primas com baixo valor agregado e importados produtos acabados com maior valor agregado. Desta forma, o AP estará não só exportando a matéria-prima, mas também trabalho (renda) e valor agregado do produto, ficando com a parte menos lucrativa do negócio, concentrando ainda mais as riquezas em países desenvolvedores de novas tecnologias.

Assim, o verdadeiro diferencial competitivo e sustentável neste fator é o nível de inovação no produto e, a sua conseqüente agregação. Baxter (1998) defende que a tecnologia do produto está relacionada à identificação das necessidades dos consumidores. Esta necessidade é vista como uma oportunidade de negócio, em que tem vantagem a empresa que primeiro solucionar esta demanda.

O mesmo autor entende que a origem da oportunidade pode estar em uma demanda de mercado ou uma oferta de tecnologia.

A estratégia associada às empresas que buscam tecnologia de produto é a ofensiva, na qual Baxter (1998) entende fazer necessário o investimento pesado em pesquisa e desenvolvimento, trabalhando, porém, com grande risco.

2.2.2 Nível de conhecimento do mercado

O segundo fator trata do nível de conhecimento do mercado do produto negociado pelo AP. Bertaglia (2008) entende que as grandes cadeias devem investir no direcionamento do mercado, antecipando-se às necessidades dos clientes, oferecendo produtos que agregam valor aos consumidores.

Assim, Kaplan e Norton (1997) entendem que as empresas devem definir os segmentos de clientes e mercados nos quais desejam competir. Porém, para a escolha deste mercado, deve-se pensar na expectativa dos clientes para este produto, de forma dinâmica, profunda e sem intermediários. Cada segmento do mercado apresenta diferentes exigências e expectativas para os produtos consumidos (OLIVEIRA, 2001). Vale destacar que, no mercado, existem diferentes grupos consumidores, e a decisão de qual grupo se deseja ter como clientes está dentre as decisões estratégicas mais importantes de qualquer negócio. Logo, o nível de conhecimento do mercado se configura como uma vantagem decisiva para a definição da estratégia de um Arranjo Produtivo.

As necessidades do consumidor vão muito além da matéria-prima bruta. Elas são um desejo de uma função, ou seja, a necessidade do consumidor não está no bem em si, mas no quanto ele é capaz de satisfazer algum valor desejado do cliente. É dessa forma que se entendem as necessidades dos clientes.

Muitas vezes, uma matéria-prima pode estar sendo utilizada para fazer o produto errado, produzindo bens que não têm mercado ou deixando de produzir outros produtos com um mercado maior, com maior poder aquisitivo e, conseqüentemente, gerando maior lucro para o AP. Isso pode representar um fator que inibe o seu desenvolvimento.

2.2.3 Nível de entendimento do posicionamento competitivo da empresa

Entender a posição competitiva da empresa está associado com a identificação dos concorrentes diretos e indiretos dos produtos de um arranjo produtivo, que compreendem negócios e produtos substitutos (OLIVEIRA, 2001). Este item considera o entendimento de quem são os concorrentes do AP avaliado e suas potencialidades.

Vale salientar que o posicionamento competitivo ocorre pelo AP em si e não pelo posicionamento individual da empresa. Assim, entender este posicionamento está relacionado à identificação das pressões por produtos substitutos, que Ballou (2005) entende como sendo os produtos em que os clientes veem pouca ou nenhuma diferença entre os produtos oferecidos pela empresa e os dos concorrentes. Deve-se avaliar também o quanto o consumidor está disposto a pagar pelo produto oferecido.

Logo, o produto, além de estar alinhado às necessidades do consumidor, deve estar com, no máximo, o preço que o consumidor está disposto a pagar, para evitar este tipo de pressão negativa. Normalmente, produtos inovadores não sofrem esta pressão de imediato, devido à falta de produtos concorrentes que ofereçam a característica inovadora.

2.2.4 Nível de entendimento das oportunidades de agregação de valor através da integração

Este nível de oportunidade de integração está associado à capacidade de um elo da cadeia produtiva (CP) oferecer produtos com maior valor agregado. Trata-se de uma característica ligada ao conceito de governança e ganhos de escopo (agregação), obtido através de colaboração e cooperação. Empresas usam o poder coletivo na busca de soluções para problemas comuns (OECD, 1998).

Normalmente, em uma CP, existem elos que são os mais fortes ou influentes, que coordenam os demais. Estes, normalmente, não contribuem para o desenvolvimento de pequenas empresas em seu interesse próprio, como desenvolvimento de produtos com maior valor agregado. Albertin (2003) concluiu que, dependendo da concentração destas empresas, que coordenam os sistemas produtivos, elas podem influenciar mais ou menos o desenvolvimento pró-ativo ou reativo dos elos da CP. Quanto maior a concentração, menor o número de empresas clientes (ex. usinas); maior será a pressão por desenvolvimento no processo (plântio e extração), em que a concorrência é menor, a lucratividade é menor e a necessidade de ganhos de escala é, portanto, maior. Qualquer ação onde as empresas fornecedoras entrem como competidoras (ex. micro-usinas) será desencorajada pelas empresas controladoras do AP.

2.2.5 Nível de cooperação entre as empresas do arranjo produtivo

A competição internacional aumentou significativamente com a globalização das comunicações. “A concorrência não envolve mais apenas preços e custos, mas abrange

a conquista de novas cotas de mercado, diversificação de produtos, dentre outros” (FEITOSA, 2008). Assim, a competição não se dá de forma mais isolada entre empresas e, sim, de forma cooperativa. Busca-se uma vantagem competitiva para o AP como um todo. Estas mudanças estão promovendo alianças entre empresas, formalizadas contratualmente ou informais. As inter-relações cooperativas vão assumindo novo papel e adquirindo grande importância no panorama econômico contemporâneo (FEITOSA, 2008).

Assim, Bertaglia (2008) entende que a colaboração dos fornecedores dentro das cadeias de abastecimento é vital para torná-la mais competitiva. O nível de cooperação e colaboração entre as empresas pode ser de natureza comercial e extra-comercial, como participação em feiras de produtos, em projetos de P&D, compras e consultorias consorciadas, troca de serviços que busquem a melhoria dos produtos, processos e de gestão, criando um ambiente favorável à inovação.

Para que as pequenas e médias empresas tenham acesso ao conhecimento tecnológico e à sua crescente complexidade, já que os custos de pesquisa e desenvolvimento são bastantes elevados, é necessário que haja novas estratégias de enfrentamento, relacionadas com redes de cooperação. Nesse sentido, a colaboração entre empresas pode representar uma alternativa viável na defesa de sua competitividade frente à concorrência, desde que conduzida de modo eficaz, no momento oportuno e com o parceiro adequado (FEITOSA, 2008).

2.2.6 Tipo de raciocínio presente na cadeia produtiva

Este tópico está relacionado com a postura adotada pelas empresas dentro do arranjo produtivo. Fairbanks e Lindsay (2002) entendem que existem duas posturas básicas que as empresas podem assumir: uma está relacionada à reação de “por a culpa em alguma coisa” e, a outra, a uma postura mais proativa, que trata de “não encontrar um culpado para o problema, mas, sim, encontrar uma solução”.

O primeiro tipo de postura está relacionado a arranjos produtivos que fornecem produtos primários, com baixo valor agregado, que não possuem tecnologia para adentrar no mercado internacional e estão susceptíveis a qualquer solavanco do mercado e põem, sempre, a culpa no governo, que não ajuda o setor.

A segunda postura está associada à atitude das grandes empresas, que buscam resolver seus problemas tecnológicos, dentre outros, sem esperar por outros, buscando a solução através de cooperação com universidades e centros de pesquisa, por exemplo.

2.2.7 Paternalismo dentro da cadeia produtiva

Este último fator está muito ligado às relações presentes entre as empresas e o governo, que fornece benefícios, prejudicando a competitividade das empresas no mercado internacional.

Isto se dá pela adoção de benefícios, como a isenção de impostos, subsídios à produção, dentre outros, que colocam as empresas do AP em uma situação bastante confortável, não sofrendo pressão para inovar, promover melhorias e reduzir custos.

A longo prazo, estas práticas tornam um setor dependente de subsídios e menos competitivos. No futuro, o setor estará despreparado tecnologicamente e seus produtos podem tornar-se obsoletos, sucateando as empresas.

Os autores Fairbanks e Lindsay (2002) não são contra o provimento de subsídios ao desenvolvimento da indústria, mas a sua dependência para a competitividade e sustentabilidade. O AP deve se preparar para o mercado sem subsídios, pois não é papel do governo subsidiar empresas para competirem indefinidamente somente por preço.

Assim, Bowersox *et al.* (2006) entendem que a gestão da cadeia de suprimentos compreende empresas que colaboram para alavancar o posicionamento estratégico e para melhorar a eficiência das operações. Logo, estes fatores de competitividade devem ser levados em consideração e a gestão desta cadeia deve permear estes conceitos.

CAPÍTULO 3

BASE METODOLÓGICA DOS MODELOS PROPOSTOS

3.1 Previsão de Demanda

O planejamento de produção é embasado em três conceitos básicos a partir dos quais torna-se possível fazer o planejamento e o controle da produção. São eles: previsão de demanda, verificação da capacidade de produção e controle de estoques.

Tubino (2007) entende que a demanda consiste na disposição dos clientes ao consumo de bens e serviços ofertados por uma organização. Nem sempre as vendas equivalem à demanda efetiva de um produto. Assim, a previsão de demanda serve para orientar a alocação dos recursos de produção ao longo de determinado período de tempo, fazendo com que o gestor do processo produtivo possa reservar capacidade em suas operações para viabilizar o atendimento às necessidades do consumidor. São utilizadas também para elaborar os planos estratégicos de produção, definindo que família de produtos e serviços oferecer ao mercado, de que instalações e equipamentos dispor e que qualificação de mão-de-obra buscar (TUBINO, 2007). Fatores comerciais, como preço, disponibilidade, oferta de crédito, publicidade, ações da concorrência influenciam a demanda, dificultando sua previsão. A incerteza da demanda do mercado propaga-se à montante da cadeia de suprimentos

Segundo Chopra e Meindl (2003), a previsão da demanda futura é a base para todas as decisões estratégicas e de planejamento em uma cadeia de suprimento. Stevenson (2001) entende que as previsões ajudam a reduzir parte das incertezas, permitindo-lhes desenvolver planos mais realistas. Uma previsão é uma declaração sobre o futuro. Chase *et al.* (2006) afirmam que as previsões são vitais para todas as organizações e para cada decisão administrativa significativa. É a base para o planejamento de longo prazo.

Para a realização de um modelo de previsão, são necessários que sejam seguidos alguns passos, ilustrados na Figura 3.1. Na primeira etapa, é necessário que sejam definidos os objetivos do modelo de previsão e sua utilidade. Em seguida, é preciso

averiguar qual a disponibilidade de dados e identificada a série histórica que servirá de base ao modelo de previsão. Tanto a coleta das informações, como também a escolha da técnica, é primordial para a escolha, dentre os métodos existentes, o mais adequado ao caso (BALLOU, 2005).

Assim, a escolha do modelo de previsão se dá em função dos dados coletados. Quando se obtém uma série histórica da produção do produto em questão, utilizam-se modelos de séries temporais. Quando não se possui um histórico dos dados, pode-se utilizar modelos baseados em correlação, em que os dados levados em consideração são de uma variável independente, que servirá de base.

Com o modelo escolhido, podem ser obtidas as previsões, e essas devem ser monitoradas a fim de reduzir os erros na previsão.

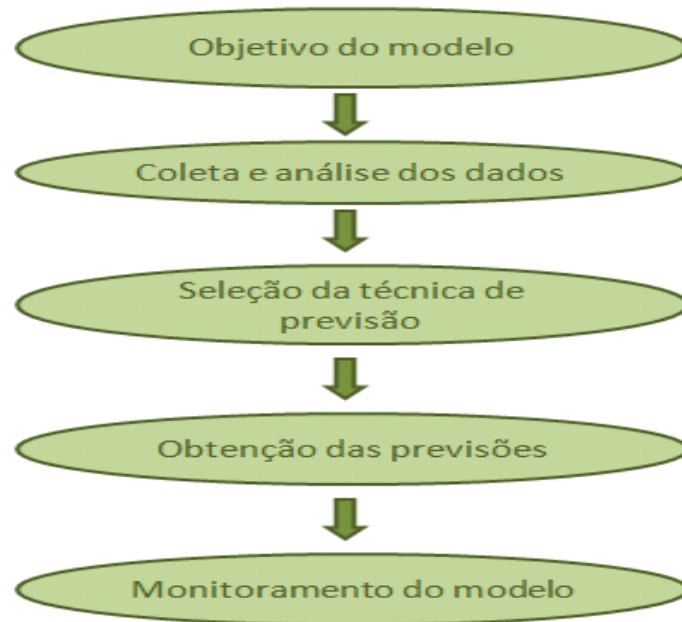


Figura 3.1: Etapas de um modelo de previsão

Fonte: Adaptado de Tubino, 2007.

Existem diversas técnicas que podem ser utilizadas para a realização da previsão. De acordo com Bowersox e Closs (2006), essas técnicas consistem em cálculos matemáticos ou estatísticos usados para transformar parâmetros numéricos de dados históricos em quantidades previstas. A Figura 3.2 mostra o processo de elaboração de uma previsão de demanda e seus clientes. Pode-se observar que este processo se baseia em histórico de vendas dos produtos ou de outros produtos que

tenham relação com o produto comercializado com a empresa. Estes dados históricos são trabalhados através de técnicas, e os resultados obtidos são utilizados por diversos setores da empresa.

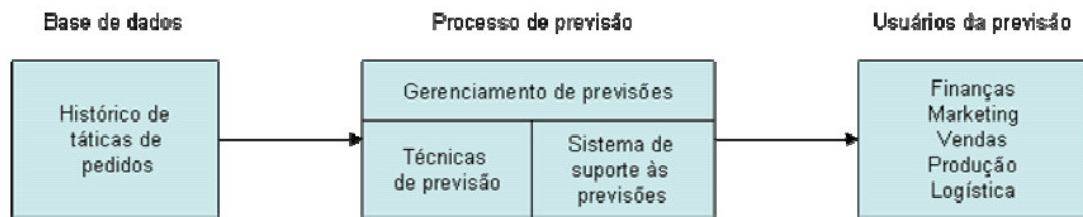


Figura 3.2: Modelo de previsão de demanda

Fonte: Bowersox Closs, 2001.

Estes modelos de previsão são mais detalhados no tópico a seguir.

3.1.1 Modelos de Previsão de Demanda

Existem variadas técnicas de previsão de demanda, que podem ser quantitativas ou qualitativas. Previsões de demanda são elaboradas utilizando métodos quantitativos, qualitativos ou combinações de ambos (PELLEGRINI e FOGLIATTO, 2009).

Mesquita (2009) e Tubino (2007) entendem que as técnicas qualitativas caracterizam-se por privilegiar dados qualitativos, são baseadas em opiniões e julgamento de pessoas-chave, usadas quando não se tem tempo para pesquisar dados ou introdução de um novo produto e quando se tem um panorama econômico instável. As principais técnicas são:

- **Predição:** na verdade, não se trata de um método científico, mas, sim, de um processo para a determinação de um acontecimento futuro com base em dados completamente subjetivos, de natureza altamente duvidosa;
- **Opiniões de Executivos:** são previsões baseadas no julgamento e opinião de um pequeno grupo de executivos de alto nível, geralmente ligados às áreas comercial, financeira e de produção. É preciso cuidar para que a previsão não seja mais uma vez confundida com meta de vendas ou de faturamento a ser alcançado;
- **Método Delphi:** são previsões baseadas em participantes pré-escolhidos, através da aplicação de um questionário, onde os resultados são sumarizados. Este procedimento é realizado diversas vezes a fim de se refinar as informações coletadas.

Já as técnicas quantitativas caracterizam-se por serem baseadas numa análise numérica de dados passados, modelos matemáticos para projeção de demanda futura e podem ser subdivididas em dois grupos principais (TUBINO, 2007):

- Modelos de Decomposição de Séries Temporais: estes modelos são amplamente utilizados e se baseiam no estudo da demanda acontecida no passado para projetar a demanda futura. São utilizados para produtos já existentes.
- Modelos de Correlação e Regressão: associação de dados históricos do produto com uma ou mais variáveis que tenham alguma relação com a demanda do produto, estabelecendo uma equação que identifique o efeito da variável de previsão sobre a demanda do produto em análise.

Nos modelos de decomposição em séries temporais, leva-se em consideração o nível da demanda, que traduz um patamar do volume de vendas da série temporal das demandas passadas, desconsiderando variações de sazonalidade e variações aleatórias; a tendência, onde os dados históricos, representados pela demanda ocorrida em cada período, podem apresentar uma tendência crescente, estabilizada ou decrescente; e a sazonalidade que representa um padrão de variação que se repete com o passar do tempo, podendo ser interpretado e previsto (TUBINO, 2007 e CHASE *et al.*, 2006).

O mesmo autor entende que, normalmente, os modelos baseados em séries temporais são mais amplamente utilizados e possuem uma probabilidade ao erro reduzida, se comparadas aos modelos de correlação e às técnicas qualitativas.

3.1.2 Modelos baseados em séries temporais

Os primeiros modelos são os que fazem a previsão de média, classificada em média móvel simples, média móvel ponderada e média móvel exponencial.

A primeira usa dados de um número predeterminado de períodos, normalmente os mais recentes, para realizar a previsão. Ela consiste na média aritmética dos n últimos períodos da demanda observada. É importante observar que quanto maior o valor de n , maior será a influência das demandas mais antigas sobre a previsão. Por isso, na prática, muitas vezes se realiza o cálculo da média móvel simples incluindo apenas os três últimos períodos (TUBINO, 2007).

Neste caso, pequenos períodos de tempo permitem uma reação maior a mudanças da demanda, enquanto grandes períodos tratam a média de forma mais homogênea. Assim, sempre que se dispõe de um dado novo, abandona-se o mais antigo e se introduz o dado mais recente na previsão. A Equação 3.1 ilustra esta metodologia.

$$F_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + D_{t-3} + \dots + D_{t-n}}{n} \quad (3.1)$$

A grande vantagem de se utilizar este método é sua simplicidade operacional e facilidade de entendimento. O modelo de previsão de demanda da média móvel simples é o mais elementar dentre os modelos de previsão quantitativos, e deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem tendência ou sazonalidade.

O segundo modelo é o de previsão de demanda pela média móvel ponderada, tratando-se de uma variação da média móvel simples, que também deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem nem tendência, nem sazonalidade.

A diferença entre este modelo e o da média móvel simples é que agora se considera um peso maior para o último período de demanda, um peso ligeiramente menor para o penúltimo período e assim por diante até o último período que se vá utilizar para a estimativa. A Equação 3.2 ilustra esta metodologia. Neste caso, p é o peso dado ao período e D é a demanda do período.

$$F_t = p_1 D_{t-1} + p_2 D_{t-2} + p_3 D_{t-3} + \dots + p_n D_{t-n} \quad (3.2)$$

O terceiro modelo é o de previsão de demanda baseado na média móvel com suavização exponencial, que é uma variação da média móvel ponderada, que também deve ser aplicado apenas para demandas que não apresentem tendência nem sazonalidade. Adota-se um peso de ponderação que se eleva exponencialmente quanto mais recentes são os períodos. A Equação 3.3 ilustra este modelo.

$$B_t = B_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - B_{t-1}) \quad (3.3)$$

Onde,

B_t = Previsão para o período t ;

B_{t-1} = Previsão para o período $t-1$;

α = Coeficiente de ponderação;

D_{t-1} = Demanda do período $t-1$.

O valor da constante de suavização (α) varia entre zero e um. Se o valor de α for muito alto, as previsões ficarão muito sujeitas à variação aleatória da demanda. Se for muito pequeno, as previsões podem ficar defasadas da demanda real.

O modelo pode representar um movimento de tendência, que se refere ao movimento gradual de longo prazo da demanda. Este tipo de modelo é baseado no modelo de regressão simples.

Para a adoção deste modelo, é necessário que sejam tomadas algumas suposições (TRIOLA, 1999):

- A) Investigação de relações lineares;
- B) Para cada valor x , γ é uma variável aleatória com distribuição normal.

Dispondo de dados amostrais, devem-se obter dados estimados dos parâmetros populacionais, calculados pelas equações abaixo.

$$b_0 = \frac{(\sum \gamma) (\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n (\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b_1 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

O cálculo é realizado pela identificação da equação que descreva esta reta. Trata-se de uma equação linear, descrita em 3.4.

$$\gamma = b_0 + b_1 x$$

(3.4)

Onde,

γ = variável dependente;

x = variável independente.

Caso a demanda apresente tendência, a média exponencial móvel demorará a reagir a esta tendência, fazendo com que os dados da previsão distorçam da demanda real.

O ajustamento exponencial para a tendência consiste em fazer previsão baseada em dois fatores: a previsão da média exponencial móvel da demanda e uma estimativa exponencial para a tendência.

Os dados, porém, podem apresentar componentes de tendência e sazonalidade. A sazonalidade caracteriza-se pela ocorrência de variações, para cima ou para baixo, a intervalos regulares nas séries temporais da demanda (TUBINO, 2007). Deve existir

uma razão plausível para a ocorrência e posterior repetição dessas variações. A forma mais simples de considerar a sazonalidade nas previsões da demanda consiste em empregar o último dado da demanda, no período sazonal em questão, e assumi-lo como previsão.

Porém, a forma mais usual de inclusão da sazonalidade nas previsões consiste em obter o índice de sazonalidade para os diversos períodos e aplicá-lo para o valor médio previsto para o período em questão. O índice de sazonalidade é obtido dividindo-se o valor da demanda no período pela média móvel centrada neste período.

Caso a demanda apresente sazonalidade e tendência, há necessidade de incorporar estas duas características no modelo de previsão. A sazonalidade caracteriza-se pela ocorrência de variações, para cima ou para baixo, a intervalos regulares nas séries temporais da demanda.

Assim, com a incorporação destas características, o modelo de previsão é realizado, segundo a Figura 3.3.

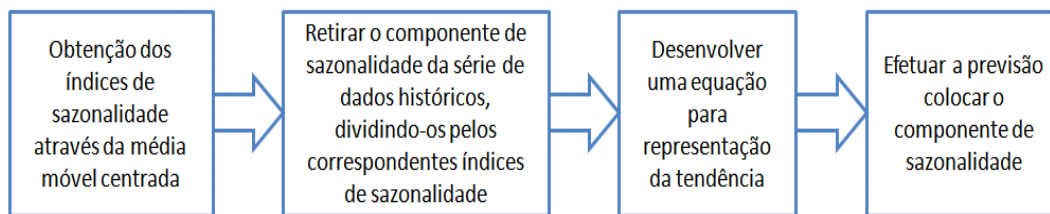


Figura 3.3: Processo de previsão de demanda

Fonte: Adaptado de Tubino, 2007.

Para a obtenção dos índices de sazonalidade, inicialmente, é calculado as médias móveis centradas para os ciclos definidos, onde o ciclo corresponde um comportamento parecido dos dados. Em seguida, as médias de cada período são divididas pelos dados históricos correspondentes de cada período, obtendo-se, assim, os índices de sazonalidade por período.

Existe ainda a previsão por correlação, que busca prever a demanda por determinado produto com base na previsão de outra variável que esteja relacionada com o produto. Quando uma correlação entre as variáveis leva a uma equação linear, ela é conhecida como regressão linear. Quando uma correlação entre as variáveis leva a uma equação curvilínea, ela é conhecida como regressão não-linear. No caso de apenas duas

variáveis estarem envolvidas, chama-se regressão simples; caso contrário, regressão múltipla (TUBINO, 2007).

O objetivo é estabelecer uma equação que identifique o efeito da variável de previsão sobre a demanda do produto em análise. Para a elaboração deste modelo, podem-se seguir os seguintes passos:

- Medir se há ou não existência de correlação entre as variáveis;
- Levantar o histórico da variável dependente;
- Levantar o histórico da variável independente;
- Definir a reta de regressão;
- Cálculo da previsão de demanda.

3.1.3 Erros de Previsão

Uma vez decidida a técnica de previsão e implantado o modelo, há necessidade de acompanhar o desempenho das previsões e confirmar sua validade perante a dinâmica atual dos dados (TUBINO, 2007). Este monitoramento é realizado pelo cálculo e acompanhamento do erro da previsão, que é dado pela diferença que ocorre entre o valor real da demanda e o valor previsto.

Padoveze *et al.* (2009) entendem que podem existir eventos que trazem conseqüências para a previsão, como é o caso das crises internacionais que afetam as previsões de vendas feitas pelas empresas. Previsões de demanda não são isentas de erros. Segundo Zan e Sellitto (2007), quanto maior o espaço de tempo futuro na previsão, menor é a sua verossimilhança.

Assim, com a técnica de previsão implantada, Tubino (2007) define que há necessidade de acompanhar o desempenho das previsões e confirmar sua validade perante a dinâmica atual dos dados.

Para atender às demandas do mercado, a organização deve definir uma política de capacidade que minimize os impactos das oscilações de demanda, tenha agilidade e baixo custo de operação. Segundo Slack *et al.* (2002), há três opções puras e disponíveis para lidar com essas variações:

- Ignorar as flutuações e manter os níveis das atividades constantes (políticas de capacidade constante);
- Ajustar a capacidade para refletir as flutuações da demanda (política de acompanhamento da demanda);

- Tentar mudar a demanda para ajustá-la à disponibilidade da capacidade (gestão da demanda).

A política de gestão da demanda busca conduzi-la de modo a levá-la para um nível próximo da capacidade constante do processo. A aplicação de cada uma das políticas citadas acima, de forma isolada, é muito rara e as empresas obtêm melhores resultados quando fazem uma combinação destas.

Seja pelos altos custos de investimentos em ativos (máquinas, equipamentos e instalações) ou pela dificuldade em recrutar e treinar a mão-de-obra em intervalos de tempo relativamente curtos, a maior parte dos processos de manufatura opta por trabalhar majoritariamente com uma política de capacidade constante, mesclada com as outras duas políticas citadas (MAGALHÃES, 2008).

Nos casos em que há excesso de capacidade instalada, a fábrica pode facilmente atender ao surgimento de demanda não prevista; no entanto, haverá baixa utilização da capacidade, aumentando os custos de capital empregado. Por outro lado, havendo uma alta ocupação do parque fabril, trabalhar com a manutenção de estoques de segurança é fundamental, fazendo com que se tornem relevantes as decisões sobre o que e quanto produzir, já que há uma demanda a ser atendida, ao mesmo tempo em que um estoque de segurança deve ser financiado. Gerados pelo descompasso (proposital ou não) entre ritmo de produção e a demanda, os estoques são encontrados em todos os sistemas de produção, sejam de bens ou de serviços.

Pode-se utilizar o CEP (Controle Estatístico do Processo) para análise da previsão, onde os LIC (Limite Inferior de Controle) e LSC (Limite Superior de Controle) são dados por 4 MAD (*Mean Absolute Deviation*), ilustrado na Equação 3.5 (TUBINO, 2007).

$$r = \frac{\sum |D_{\text{atual}} - D_{\text{prevista}}|}{n}$$

(3.5)

Onde:

r = Erro de Previsão médio

D_{atual} = demanda ocorrida no período;

D_{prevista} = demanda prevista no período;

n = número de períodos.

3.2 Modelos multicritério

O presente tópico aborda os conceitos acerca de modelos multicritério existentes e a verificação de qual dos mesmos se adéqua melhor ao caso proposto na dissertação.

Inicialmente, é apresentada a importância dos modelos para o subsídio na tomada de decisão.

3.2.1 Definições de Modelos de Apoio à Decisão

Chen *et al.* (2009) identificaram que as metodologias MCDA (*Multiple Criteria Decision Aid*) são a aplicação de variadas técnicas para ajudar na tomada de decisão, ranqueando as melhores alternativas para o problema de decisão.

Com o objetivo de subsidiar a tomada de decisão, Parreiras (2006) entende que estes modelos levam em consideração variáveis, incertezas, conflitos de informação e concorrência entre vários critérios. Assim, eles visam diminuir as incertezas inerentes ao processo decisório.

Lopes e Almeida (2008) entendem que as decisões têm implicações internas e externas às organizações, daí a necessidade da existência de uma análise formal para tomada de decisão quanto à aquisição de matéria-prima para o processo produtivo, tomando como base técnicas que abordem o problema de forma mais estruturada e que consiga envolver grande parte dos critérios levados em consideração para a tomada de decisão. Já Kujawski (2009) entende que os modelos MCDA indicam melhores alternativas dentre as possibilidades existentes. Porém, estes modelos não traduzem decisões conclusivas, pois, dependendo de alguma variável externa não contemplada no modelo, a decisão pode ser alterada.

Parreiras (2006) entende que um problema desta natureza envolve alguns elementos básicos, como o conjunto de alternativas avaliadas pelo decisor, o conjunto de consequências ou atributos oriundos destas alternativas e os critérios que regem a comparação entre as alternativas.

Chen *et al.* (2009) definem que os dados usados em um modelo MCDA podem ser classificados em dois grandes grupos: dados numéricos e dados não-numéricos. Os primeiros são usados para estabelecer uma ordem da sequência, intervalos ou, ainda, números padronizados. O segundo grupo engloba classificação ou categorização, onde os números são usados para distinção e não implica um juízo de valor.

Definem-se alguns passos básicos dentro de um modelo MCDA (HAMMOND *et al.*, 1999, CHEN *et al.*, 2009):

- Definir os objetivos de decisão;
- Determinar os atributos (medidas de performance) em consonância com o objetivo proposto;
- Hierarquizar os atributos;
- Determinar os pesos de cada atributo;
- Definir as alternativas candidatas;
- Avaliar as alternativas segundo os pesos adotados;
- Estabelecer uma fórmula aditiva para obtenção de uma avaliação global.

Grande parte destas metodologias multicritério passam por estas etapas. O que difere é o modelo de atribuição das importâncias e pesos aos atributos. A Figura 3.4 ilustra um modelo.

		Alternatives					
		A^1	A^2	...	A^i	...	A^n
Criteria	1						
	2						
	...						
	j				c_j^i		
	...						
	q						

Figura 3.4: Avaliação de alternativas em um modelo multicritério.
Fonte: Chen *et al.* (2009).

Pela figura, pode-se observar que uma alternativa A_i está associada a um critério c_{ij} , que é sua característica, podendo ser numérica ou não-numérica e possuindo um peso w_{ij} associado a ela.

A Figura 3.5 ilustra este processo. Nesta figura, pode-se observar todo o processo de tomada de decisão, em que o decisor avalia as alternativas em função dos critérios de avaliação definidos, chegando as suas consequências e a preferência é expressa através dos pesos dados aos critérios e valores obtidos pelas alternativas.

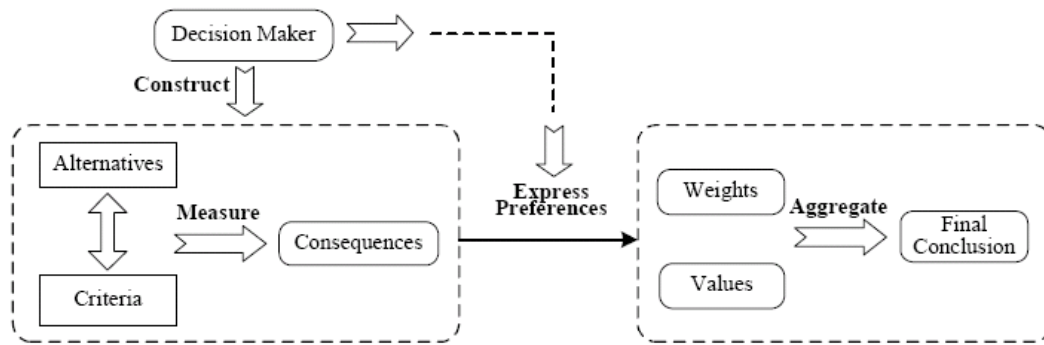


Figura 3.5: Estrutura de um problema multicritério.
Fonte: Chen *et al.* (2009).

Kujawski (2009) entende que existem diversas metodologias MCDA, mas nenhuma pode ser considerada a melhor ou apropriada para todas as situações. Assim, cada situação pode exigir um modelo diferente.

Atualmente, observam-se duas linhas de pensamento referente à tomada de decisão multicritério: as escolas americana e europeia. Cada uma traz sua linha de pensamento distinta (PARREIRAS, 2006).

A escola americana é baseada na teoria da utilidade, onde Gomes *et al.* (2004) entendem que, em qualquer problema de decisão, existe uma função de valor sobre o conjunto de alternativas que o decisor deseja examinar, ou seja, o valor de um item depende da sua utilidade para o indivíduo e não somente do valor monetário.

Segundo esta teoria, Parreiras (2006) entende que os problemas de decisão podem ser modelados matematicamente pela maximização de uma função. Com esta função, é possível atribuir uma nota a cada alternativa. A alternativa preferida, neste caso, é a que obtém a melhor nota em relação às demais. Existem vários métodos que estão contidos dentro desta linha de pensamento.

A escola europeia caracteriza-se por apresentar dois estágios. O primeiro consiste na avaliação de cada alternativa com as demais. No segundo estágio, estas relações são exploradas por meio de um conjunto de diretrizes, com o objetivo de classificar da melhor para a pior (PARREIRAS, 2006). Vários métodos são englobados nesta linha de pensamento.

Estes métodos são utilizados para definir as importâncias e os pesos de cada um dos critérios e avaliar as alternativas existentes. Em seguida, é necessário a elaboração

de uma fórmula aditiva que Chen *et al.* (2009) entendem como sendo elaborada seguindo-se três passos básicos:

- Obtenção dos valores das alternativas (níveis de impacto) e os pesos de cada critério;
- Agregação dos valores através dos pesos estabelecidos;
- Avaliar e ranquear as opções disponíveis.

Com estas etapas é possível a tomada de decisão por parte do gestor. Para a presente dissertação, optou-se pelo modelo SMARTER (*Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings*), por requerer somente uma avaliação de qual critério é mais importante e seu ordenamento. Isto foi definido por não ter sido identificado um pensamento e consciência crítica por parte do elo que engloba as usinas de biodiesel. O próximo tópico aborda este modelo de forma mais específica.

3.2.2 Modelo Smarter

Os modelos SMARTS (*Simple Multi-Attribute Rating Technique using Swings*) e o SMARTER foram propostos por Edwards & Barron (1994) para obtenção da utilidade multiatributo. Lopes e Almeida (2008) entendem que estes modelos são simplificações da MAUT (*Multi-attribute Utility Theory*), descrita em Keeney & Raiffa (1976), e buscam estabelecer um ordenamento das alternativas.

Cavalcanti (2007) entende que a grande vantagem do modelo SMART está baseada em dois pressupostos:

- A escolha do método deve considerar os *trade-off*, entre o erros da modelagem e de elicitación; e
- Facilidade na implantação do método.

Esta facilidade de implantação é extremamente benéfica para a proposta desta dissertação, pois o modelo elaborado é para ser utilizado por empresas em seu dia-a-dia. Sendo de fácil manuseio, o uso por parte dos técnicos é facilitada.

O SMARTS busca corrigir um erro intelectual (preferências dos decisores) do SMART. Lopes e Almeida (2008) entendem que o processo de elicitación de preferências produz erros maiores do que aqueles resultantes das simplificações do modelo; o que justifica a adoção de técnicas mais simples para mensurar a utilidade multiatributo. No SMARTER, não há o “swing weights”. Após a ordenação dos critérios, utilizam-se valores pré-determinados denominados ROC *weights* (*Rank Order*

Centroid weights) para os pesos, simplificando a obtenção das utilidades multiatributo (LOPES E ALMEIDA, 2008).

Parreiras (2006) entende que existem alguns passos a serem seguidos no modelo SMARTER:

- Construção da tabela de avaliação de consequência;
- Eliminação das alternativas dominadas: pequenas variações da variável entre as alternativas implicam em um baixo peso ao critério;
- Transformação dos dados em funções utilidade;
- Agregação dos critérios com uma fórmula aditiva;
- Ordenação dos critérios para a definição dos pesos;
- Cálculo dos pesos através da metodologia ROC;
- Decisão.

Para cálculo dos pesos, utiliza-se a formulação proposta pela metodologia ROC, ilustrada na equação 3.6.

$$w_k = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \frac{1}{l}$$

(3.6)

O próximo tópico aborda os modelos de otimização linear que serão utilizados na dissertação.

3.3 Modelos de Otimização Linear

Arenales *et al.* (2006) entendem que vários problemas reais podem ser estruturados como modelos de otimização linear. Caixeta-Filho (2004) define que modelos são representações idealizadas para situações do mundo real. Dentre estes problemas, observam-se os problemas de transporte, que buscam a identificação das menores distâncias e custos nesta atividade. Caixeta-Filho (2004) identifica que estas metodologias também buscam resolver problemas que envolvem balanço entre oferta e demanda.

Caixeta-Filho (2004) define alguns passos básicos, os quais devem ser seguidos na solução de problemas de programação linear:

- Definir o objetivo básico do problema;
- Definir variáveis de decisão envolvidas;
- Definir as restrições do problema.

Inicialmente, o mesmo autor define que o problema deve ser estruturado de forma diagramática, como ilustrado na Figura 3.6.

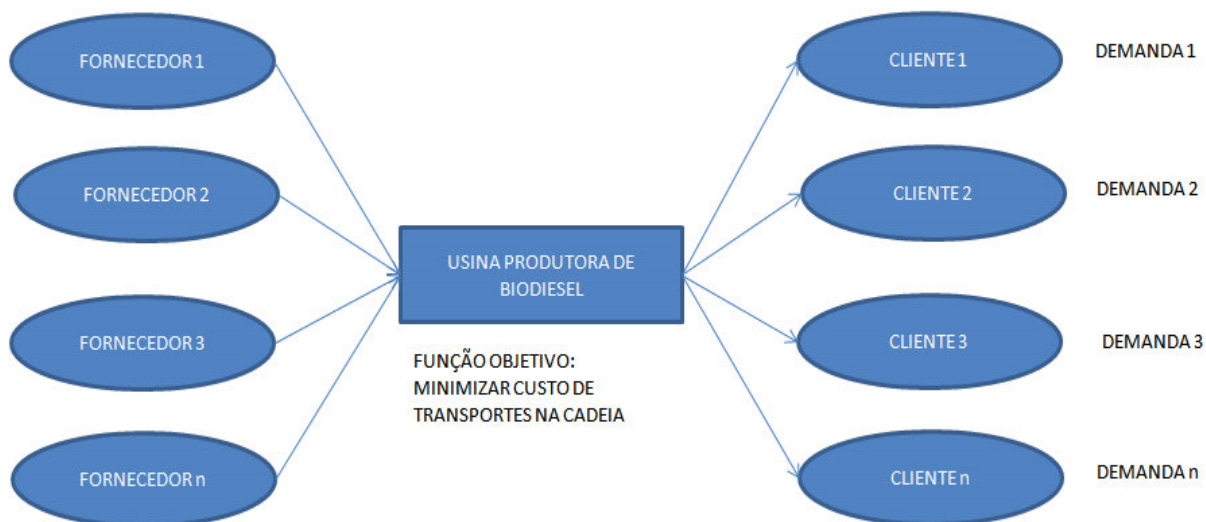


Figura 3.6: Esquema Diagramático

Este diagrama ilustra as possibilidades de fornecimento na cadeia de suprimentos e suas demandas. Assim, é possível identificar, com mais clareza, as fontes de MP e as demandas dos clientes.

Com a estruturação do problema em forma diagramática, faz-se necessária a definição das variáveis de decisão. No caso do exemplo ilustrado na Figura 3.6, são as quantidades transportadas entre os fornecedores e a empresa e as quantidades transportadas entre a empresa e os pontos da demanda. Observa-se que existe uma relação de custo e a distância envolvidos no processo. Estes entram como dados no problema, bem como a disponibilidade de fornecimento e a demanda do cliente. Em muitos casos, como o analisado nesta dissertação, não existe um balanceamento entre a oferta e demanda. Assim, é necessária a utilização de alguns artifícios na resolução do problema.

Com todos estes dados em mãos, a próxima etapa consiste na elaboração da função objetivo. Neste caso, ela está relacionada em encontrar uma estrutura de suprimento e distribuição que represente um menor custo operacional possível.

Nos problemas de transporte, porém, existem algumas limitações que o modelo deve observar. Normalmente, estas restrições são em termos de capacidade de transporte entre pontos, imposições governamentais, restrições tecnológicas e de acesso.

Assim, o modelo também deve contemplar estas restrições a fim de atingir um resultado aplicável à realidade, dado que modelos são simplificações da realidade.

Com a modelagem estruturada, é preciso que seja definido o *software* para que o modelo de programação matemática seja resolvido. Normalmente, para modelos menores, utilizam-se planilhas eletrônicas. Porém, para modelos mais robustos, sugere-se a utilização de *softwares* específicos para solução destes problemas.

CAPÍTULO 4

BASE CONCEITUAL BIODIESEL: CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE E COMPETITIVIDADE

4.1 Conceito de biodiesel e considerações gerais

Holanda (2006) define o biodiesel como sendo a denominação genérica para combustíveis e aditivos provenientes de fontes renováveis de energia, como as plantas oleaginosas. Dentre as principais matérias-primas para a produção do biodiesel encontram-se: óleos vegetais, gordura animal e óleos e gorduras residuais. Como exemplo de óleos vegetais, pode-se citar o babaçu, a soja, a palma, o pinhão-manso e a mamona. Dentre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros. O biodiesel pode ser considerado um excelente aditivo verde para o óleo diesel, pois ele substitui o enxofre, garantindo a lubricidade do óleo diesel e diminuindo o impacto ambiental (HOLANDA, 2006).

Howell e Jobe (2006) entendem que, durante o século XX, a produção dos combustíveis fósseis permaneceu barata e abundante. Durante este período, a indústria do petróleo e de seus derivados evoluiu e se desenvolveu perante uma demanda crescente e incessante por combustível, especialmente por parte do transporte, que era e ainda é realizada com a utilização de combustíveis fósseis, entre eles do diesel.

Porém, no final dos anos 70 e início dos anos 80, observou-se a primeira crise do petróleo. Com aumento do preço do barril de petróleo, diversos pesquisadores começaram a investigar acerca da utilização de óleos vegetais como combustível. Aliado a este fenômeno, observou-se a necessidade em se reduzir os índices de poluição atmosférica, devido aos efeitos danosos ao ambiente por ela provocada.

Vale ressaltar ainda que a agricultura, durante este período, sofreu mudanças significativas nas técnicas de cultivo e plantio, o que incrementou a produção e produtividade, reduzindo custos e impactos ambientais.

Assim, a indústria do biodiesel encontrou condições favoráveis para seu desenvolvimento. O Quadro 4.1 resume os fatores que levaram ao desenvolvimento da indústria do biodiesel no mundo.

Fator	Impacto
Dependência por óleo estrangeiro	Visando a diminuição por óleos estrangeiros, os países desenvolvidos buscaram incrementar a produção dos biocombustíveis
Saúde Humana e Ambiental	Observou-se no mundo uma preocupação com a redução das emissões de gases que causam mal à saúde humana. Assim, o biodiesel tende a se desenvolver, por emitir uma quantidade reduzida de poluentes atmosféricos
Nova Tecnologias de Motores	Com a evolução tecnológica dos motores, como exemplo o motor <i>flex</i> , que suporta outros tipos de combustíveis renováveis, a demanda por novos combustíveis ditos “ecologicamente corretos”.
Desenvolvimento Econômico	Por utilizar óleos vegetais como matéria-prima, os biocombustíveis podem propiciar a inclusão social de famílias de agricultores, trazendo desenvolvimento para localidades pobres.
Legislação	Observam-se leis de incentivo à produção dos biocombustíveis, como subsídios em isenção de impostos.

Quadro 4.1: Fatores que levaram ao desenvolvimento da indústria dos biocombustíveis

Fonte: Adaptado de Howell e Jobe (2006).

Assim, a indústria do biodiesel vem se desenvolvendo e crescendo a um ritmo acelerado, configurando-se uma excelente oportunidade para o Brasil conseguir aproveitar a demanda crescente do mercado mundial para estes combustíveis. Este movimento atual ao redor de energias renováveis trouxe à tona a possibilidade concreta de produção de combustível a partir de plantas oleaginosas, o chamado biodiesel, e de cana de açúcar, o etanol. A produção de biocombustíveis deve levar em consideração variáveis econômicas, políticas e ambientais, o que torna a análise de todas estas variáveis muito complexa (OECD, 2008).

Assim, foram levantados os critérios existentes no mundo no que tange à dimensão destas variáveis, para a certificação da cadeia de valor do biodiesel. O próximo tópico aborda estas considerações.

4.2 Cadeia Produtiva do Biodiesel

A primeira etapa do trabalho tem por objetivo a realização de um estudo e análise inicial da cadeia produtiva em estudo. A Figura 4.1 ilustra o funcionamento da Cadeia Produtiva do Biodiesel (CPB). Esta seqüência de atividades culmina no produto final: o biodiesel. Como subprodutos desta cadeia, têm-se o farelo de oleaginosa e a glicerina, que podem servir de matéria-prima para outras cadeias produtivas de centenas de produtos.

Cada caixa ilustra um elo desta rede, na qual é identificada a atividade realizada. Estas atividades são interligadas, formando a cadeia.

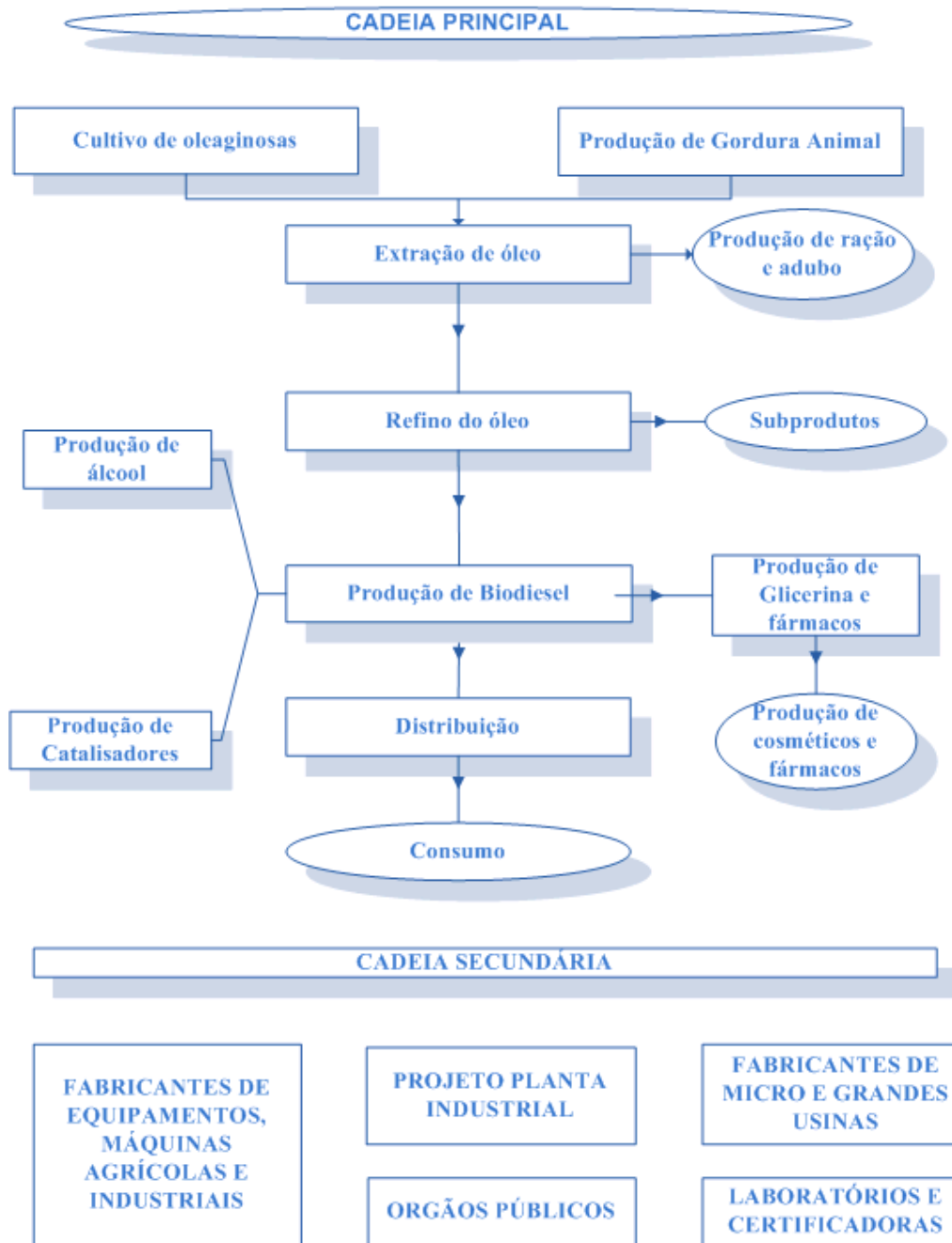


Figura 4.1: Cadeia produtiva do biodiesel

Fonte: CARMO, 2007.

Na Figura 4.1, a CPB foi dividida em duas partes: a cadeia principal e a cadeia secundária. Na parte de cima, pode-se observar a cadeia principal ou primária, onde ocorre a transformação da matéria-prima em biodiesel e subprodutos. Na parte inferior, tem-se a cadeia secundária ou auxiliar, onde estão alocados os elos que apóiam esta

transformação. Nesta parte da Cadeia Produtiva (CP), estão inclusas todas as atividades que dão suporte à cadeia primária.

Assim, observa-se que o objetivo final desta cadeia é a disponibilização de biodiesel para o mercado.

4.3 Certificação da cadeia produtiva do biodiesel

A grande preocupação na produção dos biocombustíveis é a adequação aos critérios de sustentabilidade. Entende-se por sustentabilidade o “desenvolvimento que supre as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras” (ABNT NBR 16001, 2004). Isso significa, no caso dos biocombustíveis, em produzi-los com impacto reduzido, de forma a não comprometer o meio ambiente e os recursos.

Dois temas predominam as discussões políticas sobre a energia na Europa. De um lado, as modificações no clima e, de outro, o problema da segurança no abastecimento de energia para a mobilidade nos transportes (BRÄUNINGER *et al.*, 2007).

Combustíveis fósseis representam um potencial para diminuir impactos ambientais, segurança para reserva energética, agronegócio, entre outros. Mas, a demanda crescente por estes combustíveis tem provocado críticas relacionadas à biodiversidade, trabalho em condições inadequadas, ao desmatamento, à escassez e ao aumento no preço dos alimentos (DOORNBOSCH, *et al.* 2007; BRÄUNINGER *et al.*, 2007).

Preocupação semelhante é observada nos requisitos de certificação elaborados pela *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO, 2007) para proteger as florestas tropicais de extração do óleo de palma na Ásia.

O aumento de percentuais de mistura de biodiesel e bioetanol nos combustíveis tem provocado interesse por importação de combustíveis fósseis por empresas européias que, segundo algumas ONGs, utilizam-se de processos sociais e ecológicos abaixo de padrões europeus. Como exemplos, citam-se as condições de trabalho nas plantações de cana de açúcar na América do Sul.

Por outro lado, os países europeus podem regular o mercado através de cotas de importação e taxas de importação, como forma de pressionar o atendimento de requisitos mínimos aos exportadores destes produtos. Considera-se, como exemplo, a

capacidade de sustentabilidade das áreas de produção agrícola e a diminuição de emissões de CO². Para assegurar estes requisitos mínimos, justifica-se o atual esforço europeu para desenvolver um sistema de certificação europeu e internacional.

Assim, o aspecto do grande potencial para o cultivo de plantas oleaginosas, devido ao clima favorável a estas culturas e à grande extensão territorial no Brasil, pode ser aproveitado se for definida uma norma para certificação deste combustível, a fim de atender às necessidades de países importadores, como os da Europa. Vale ser ressaltado que a produção deste combustível vem como uma alternativa aos derivados de petróleo. Esta alternativa acompanha um grande desafio de fazer este combustível prezar a responsabilidade social e ambiental. O Brasil já desponta no cenário mundial como um dos maiores produtores de biodiesel, com tecnologia própria e avançada. Porém, para que o país continue na vanguarda dos biocombustíveis, faz-se necessário que sejam atendidas normas internacionais para a produção de biocombustíveis.

Existem algumas normas de certificação, principalmente em países europeus. Como exemplo, podem ser citadas as diretrizes em elaboração do governo holandês, alemão e suíço.

4.3.1 Modelo alemão de certificação

Existe um consenso público-privado e político europeu que a produção de biomassa e biocombustíveis deve ser sustentável. Critérios de sustentabilidade devem ser considerados como condição para receber apoio fiscal e administrativo. Seguindo diretrizes do ministério da agricultura, o governo alemão desenvolveu, junto com a FNR (2007), as seguintes fases para o desenvolvimento de um sistema de certificação:

- Desenvolvimento do conceito geral;
- Internacionalização;
- Estruturação do sistema de certificação e;
- Implementação internacional.

No ano de 2007, a empresa alemã *méo Consulting* apresentou uma proposta conceitual para certificação ao longo da cadeia de valor de biocombustível, de forma a garantir requisitos de sustentabilidade. Este conceito será testado, em fase piloto, nos próximos dois anos, incluindo países como o Brasil, Argentina, Malásia e Singapura.

O projeto prevê as seguintes etapas:

- Seleção do método de certificação para assegurar a sustentabilidade ao longo da cadeia de valor, considerando processos nacionais e internacionais;
- Verificação das emissões de gases GHC (*Greenhouse Gas*) ao longo da cadeia de valor;
- Estabelecimento de instrumento para verificação e monitoramento;
- Integração e padronização de outros sistemas de certificação em desenvolvimento;
- Desenvolvimento e implementação de requisitos mínimos para certificação, considerando as características específicas de regiões e recursos;
- Avaliação da interação de diferentes elementos da certificação.

4.3.2 Modelo holandês

O governo holandês iniciou em 2006 o projeto “*Sustainable Productions of Biomass*”. Os principais critérios são:

- O balanço da emissão de gás do efeito estufa precisa ser positivo ao longo da cadeia de valor do biocombustível e aplicação da biomassa;
- A produção de biomassa não deve ser realizada em áreas com baixa reserva de carbono (vegetação e solo);
- A produção de biomassa não deve ameaçar a produção de alimentos;
- A produção de biomassa não deve prejudicar a biodiversidade;
- A qualidade do solo deve ser mantida ou melhorada com a produção e processamento de biomassa;
- Durante a produção e processamento da biomassa, o solo e a água não devem ser exauridos de nutrientes e a qualidade da água deve ser mantida;
- A produção de biodiesel deve contribuir para a melhoria da economia e qualidade de vida.

O governo holandês pretende exigir um relatório de Sustentabilidade, a partir de 2009, dos comerciantes destes produtos.

4.3.3 Modelo suíço

O Energy Center at the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, na Suíça, está desenvolvendo princípios e critérios para garantir a entrega de biocombustíveis de forma sustentável. Os critérios foram agrupados da seguinte maneira:

- Eficiência do ciclo de vida do gás do efeito estufa;
- Impactos ambientais (ex.: biodiversidade, solo e uso da água);
- Impactos sociais (ex.: aspectos que contemplam direitos humanos até o impacto na produção de alimentos);
- Implementação (fácil de implementar e monitorar).

O primeiro esboço da norma foi previsto para o ano de 2008.

4.3.4 Desenvolvimento de critérios baseado nos princípios de certificação

Este tópico busca a transformação das diretrizes, identificadas nos modelos alemão, holandês e suíço, em requisitos para avaliação das performances dos biocombustíveis brasileiros, representados no Quadro 4.2.

Quesito	Impacto
Impacto Ambiental	Visa qualificar os impactos no efeito estufa, de emissão de CO ₂ e utilização e esgotamento do solo e da água.
Exploração de trabalho	Busca identificar as relações de trabalho, envolvidas no processo de produção do biocombustível, desde o campo até o consumidor final.
Impacto sobre a oferta de alimentos	Avalia o quanto a produção deste biocombustível impacta a produção de alimentos, levando em consideração o avanço da cultura sobre as culturas alimentícias.
Crédito de carbono	Identificar o quanto a utilização deste combustível contribui para a redução do efeito estufa. Deve-se levar em consideração, inclusive, a emissão de carbono nas etapas de produção.
Custo de produção	Levantamento dos custos envolvidos na produção dos biocombustíveis.
Impacto na biodiversidade	Analisa o avanço e a pressão das culturas (oleaginosas e cana de açúcar) sobre o desmatamento e utilização de matas virgens.
Impacto na qualidade de vida da população	Avaliar o impacto da utilização dos biocombustíveis na qualidade de vida da população.

Quadro 4.2: Quesitos para avaliação dos biocombustíveis brasileiros

No próximo tópico, aborda-se a questão da cadeia de valor dos biocombustíveis e a adequação de cada etapa desta cadeia aos quesitos apresentados no Quadro 4.2.

Existe ainda o termo “tecnologia social”, que tem sido usado para o conjunto de conhecimentos aplicados a produtos, técnicas e metodologias desenvolvidas na interação com a comunidade, e que represente efetivas soluções de transformação social. Considera-se apoio técnico, crédito, disponibilidade de melhorias genéticas de sementes, treinamento, assessoramento, entre outros.

4.4 Fatores para certificação da cadeia de valor do biodiesel

O ponto principal da certificação é a sustentabilidade da produção agrícola e do balanço de CO². O objetivo da certificação é evidenciar que o biocombustível poderá ser produzido de forma sustentável e socialmente responsável. A seguir, são elencados os principais critérios de sustentabilidade na cadeia de valor dos biocombustíveis. São considerados os processos de produção de matéria-prima (plantação), transporte (suprimento e distribuição), transformação, consumo (utilização), conforme classificação por Bräuning *et al.* (2007).

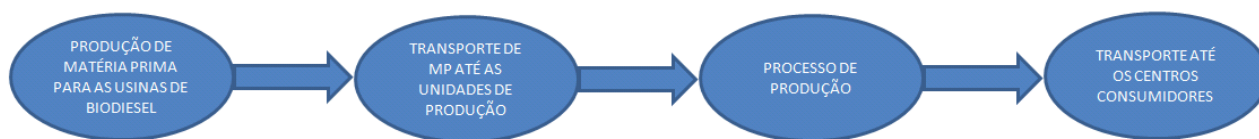


Figura 4.2: Cadeia de valor do biocombustível – aplicação de Potter

4.4.1 Produção da matéria-prima do biodiesel

A produção de biodiesel está intimamente ligada à produção de plantas oleaginosas e a de etanol à produção de cana de açúcar. No cultivo destas culturas, deve-se considerar a utilização de terras já comprometidas com a produção de alimentos e desmatamentos e o avanço das áreas plantadas sobre a vegetação nativa.

Um exemplo do impacto causado pela produção de biocombustíveis no mundo foi o uso de milho para produção de etanol, que resultou no aumento de preço do milho importado do México, causando a crise da tortilha “falta de farinha de milho na alimentação do povo mexicano”. Observa-se, ainda, a crise mundial de alimentos com problemas de abastecimento e aumento dos preços.

O impacto na biodiversidade considera a variedade e quantidade de espécies e os tipos de ecossistemas. Critica-se o desmatamento de florestas para plantação de palmas na Indonésia e imensas áreas cultivadas para a plantação de cana de açúcar no Brasil. O

sistema de certificação busca avaliar o impacto negativo do cultivo destas plantações na biodiversidade.

Para a avaliação do potencial de redução do efeito estufa, observa-se a emissão de CO_2 , N_2O e outros gases no manuseio da terra. As emissões de N_2O dependem, principalmente, da quantidade e do tipo de adubação e da qualidade da terra. Também se considera a quantidade de água necessária para o manejo da terra, sobretudo em lugares em que a água é escassa e que se necessita de grandes quantidades de energia para a sua obtenção e transporte.

Holanda (2004) entende que a tecnologia de segunda geração “lignocelulose”, para produção de biodiesel parece tornar o problema da concorrência de alimentos ainda pior. O uso de restos de material orgânico, utilizado para alimentação de animais e esterco de solo, poderá ser utilizado para esta finalidade.

Observa-se que a demanda crescente por matéria-prima para a produção dos biocombustíveis sinaliza para a importância do manejo destas culturas, dado o aumento do consumo de produtos químicos associados ao plantio destas plantas (risco associado ao impacto na qualidade da água).

Aspectos sociais também devem ser considerados, destacando-se: condições de trabalho dos trabalhadores rurais, trabalho infantil e escravo, manuseio de pesticidas e outros critérios regulamentados pela Organização de Internacional do Trabalho (OIT). As famílias rurais deverão ter acesso a alimentos a preços compatíveis nos locais onde predominam a monocultura.

4.4.2 Transporte – emissão de gases

Analisa-se a emissão de CO_2 para o transporte de biomassa, necessário para as usinas de biodiesel e produção de biocombustível, e para distribuição para os centros de consumo. Ao contrário do óleo mineral, estes custos são mais expressivos, devendo-se considerar diferentes tipos de produtos conforme a sua origem.

O impacto na emissão dos gases provenientes do transporte da matéria-prima e do biocombustível deve ser levado em consideração como um impacto negativo do transporte na cadeia dos biocombustíveis. Assim, a localização das usinas é vital pois devem estar próximas aos produtores de matéria prima (MP) e não distantes dos centros consumidores, caso contrário, a emissão de poluentes pesa de forma negativa para esta cadeia produtiva.

O consumo ocorre através da combustão do biocombustível. A emissão de CO², comparativamente ao combustível fóssil, dependerá do percentual utilizado na mistura, da qualidade do biocombustível e, ainda, das condições de transporte.

Observa-se que, no geral, os biocombustíveis apresentam menores emissões que os derivados de petróleo. Porém, no balanço energético, é necessário que sejam avaliadas as emissões por parte dos processos envolvidos na sua produção.

O biodiesel, apesar de ser considerado um combustível limpo possui maior índice de emissão de compostos nítricos. Porém, este combustível reduz a emissão de poluentes como materiais particulados, monóxido de carbono, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (compostos cancerígenos), óxidos de enxofre, e gás carbônico, em relação ao diesel mineral (UDAETA, *et. al.*, 2008).

4.4.3 Processo de produção do biodiesel

Para a conversão de biomassa em biocombustível, é necessária uma quantidade de energia, que dependerá do tipo de processo industrial e do tipo de biomassa utilizada. No caso da cana-de-açúcar, o balanço energético é de, aproximadamente, 1:8, isto é: cada unidade de biomassa tem capacidade de produzir oito unidades em energia de etanol. Comparativamente, na produção de etanol através do milho, nos USA, esta relação é bem menor: de 1:2,5. Considera-se, ainda, a produção de subprodutos desejáveis e não-desejáveis poluentes e sistemas de tratamento de resíduos. Outro componente calculado é a quantidade de CO² produzida, que entra no seu balanço energético. A Figura 4.3 ilustra o balanço energético de algumas culturas, tanto para etanol, como para biodiesel (SAMPAIO, 2007).

Assim, pode-se verificar que existem culturas que são mais vantajosas para a produção do biocombustível. Logo, é importante analisar as vantagens da produção de biocombustíveis a partir de certos tipos de plantas em comparação com seu impacto das mesmas na quantidade de alimentos no mundo.

Tratando-se do biodiesel, observa-se que a soja não possui um rendimento interessante se comparada a outras culturas como a palma e a própria mamona.

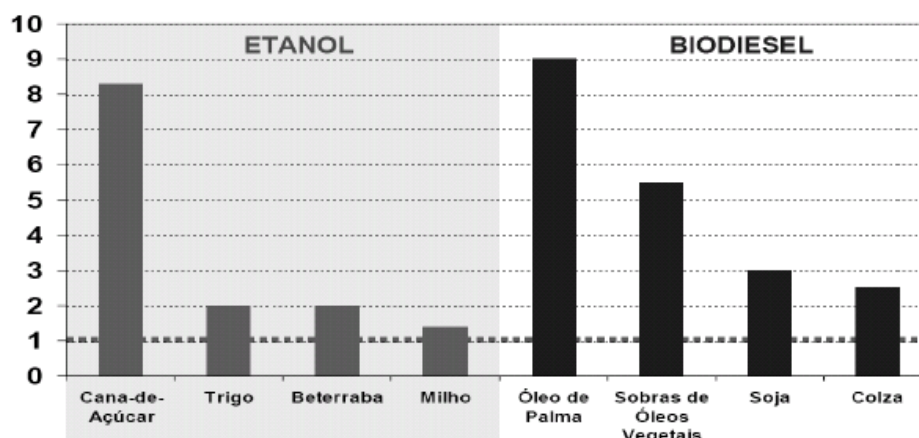


Figura 4.3: Energia contida no combustível/ energia fóssil usada para produzi-lo.

Fonte: World Watch Institute *apud* Jank (2007).

O Quadro 4.3 apresenta as vantagens e desvantagens deste combustível sob os aspectos de certificação apresentados.

Quesitos	Biodiesel	
	Vantagens	Desvantagens
Impacto Ambiental	Observa-se que a agricultura familiar, se bem orientada, pode ter impactos ambientais reduzidos.	Nas grandes culturas, como a soja, pode haver um avanço destas sobre a vegetação nativa. Observa-se ainda a eutrofização e acidificação do solo.
Exploração de trabalho	Selo verde: inclusão social.	O agronegócio, muitas vezes, é celeiro de mão-de-obra mal remunerada.
Impacto sobre a oferta de alimentos	Possibilidade da utilização de culturas que não são fontes de alimentos (estrutura alimentar), como a mamona, palma, dentre outras.	Outras culturas, como a soja e o milho, possuem um forte impacto sobre a oferta de alimentos, por serem utilizadas na alimentação humana e animal.
Crédito de carbono	Diminuição do efeito estufa, preservação dos recursos não-renováveis fósseis.	Aumento na emissão de compostos nítricos.
Custo de produção	-----	Alto custo de produção, se comparado aos combustíveis fósseis e etanol.
Impacto na biodiversidade	Existência de mapeamento da Embrapa das áreas cultiváveis para cada cultura (zoneamento).	Avanço das culturas sobre áreas virgens.
Impacto na qualidade de vida da população	Inclusão social, impacto como um todo, na economia da região devido à distribuição de renda.	O agronegócio é um elemento altamente concentrador de renda, o que diminui a qualidade de vida da população.

Quadro 4.3: Resumo de Desempenho da CBP sob a ótica da Certificação

4.5 Considerações sobre o sistema de certificação em desenvolvimento no Inmetro

Inmetro (2008) aponta que os veículos internacionais de informação divulgam que a produção dos biocombustíveis está vinculada ao trabalho escravo e infantil, que apresenta impacto no aumento de desmatamento e que vem causando a exaustão dos

recursos naturais. Para responder a estas alegações, o Inmetro está estruturando um modelo de certificação para o biodiesel e etanol.

O objetivo da norma de certificação visa (INMETRO, 2008):

- Criação das condições técnicas para os biocombustíveis serem “commodities”: desenvolvimento de normas e padrões, métodos analíticos, aceitos e validados internacionalmente;
 - Inserção internacional do Brasil e ampliação de sua capacidade de neutralizar barreiras técnicas;
 - Acesso direto e privilegiado à comunidade internacional de C&T do mais alto nível ligada a biocombustíveis;
- Geração de conhecimento C&T na área dos biocombustíveis;
- Necessidades de desenvolver conhecimentos em metrologia para os biocombustíveis.

O objetivo do Inmetro é credenciar empresas e organismos certificadores para a certificação de biocombustíveis. Estes organismos certificadores estarão habilitados a certificarem as empresas produtoras. A Figura 4.4 ilustra a estrutura de certificação do Inmetro.

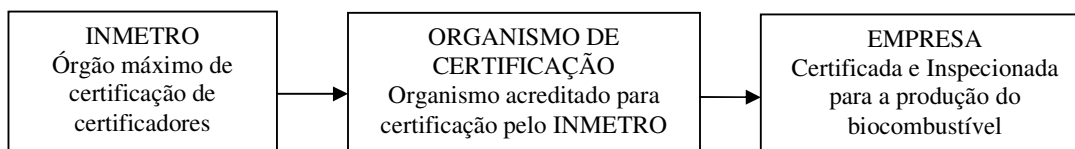


Figura 4.4: Estrutura de certificação dos biocombustíveis proposta pelo Inmetro.

Fonte: Inmetro, 2008.

O sistema de certificação em desenvolvimento deverá contar com a credibilidade da comunidade internacional, o que irá assegurar o desenvolvimento sustentável destas cadeias de valor.

Pôde-se observar que existe uma grande preocupação com aspectos ambientais e social, bem como segurança alimentar, objeto de estudo destas diretrizes que estão sendo elaboradas.

Assim, o modelo proposto deve contemplar estas diretrizes afim de tornar este negócio mais viável e facilitar a negociação com demais países, podendo o Brasil se tornar um grande exportador deste tipo de produto.

Porém, para que isto aconteça, não somente os critérios de certificação são necessários para garantir o sucesso desta cadeia. Faz-se necessário também a sua avaliação segundo os critérios de competitividade de arranjos produtivos apresentados no Capítulo 2.

4.6 Fatores de competitividade na CPB

4.6.1 Tipo de Produto Fornecido

O primeiro fator a ser analisado é o tipo de produto disponibilizado ao mercado pela CPB. Neste caso, observa-se a demanda por biodiesel, e não por óleo ou semente de oleaginosa, ou ainda, o sebo animal. Logo, constata-se que, dentro das etapas de produção do biodiesel, produzir e vender sementes (ex. baga de mamona) e óleo vegetal pode ser menos lucrativo para a CP do que vender o biodiesel pronto para o consumo, que é o produto que o consumidor deseja (analisando-se a CPB, neste caso, excluem-se as possibilidades de outros usos). Outro aspecto a ser analisado é o potencial de produção de produtos com maior valor agregado, como bioquerosene e bioaditivos.

Logo, sob esta ótica, o elo que trata da produção de biodiesel, propriamente dito, é o elo que possui maior “poder” dentro desta cadeia, que faz a governança e dita as regras para os elos antecessores. Constata-se, assim, que a regulação do governo deve agir sobre este elo, onde o poder econômico está mais concentrado. Daí, a imposição do selo social, que impõe às empresas a aquisição de, no mínimo, 30% da matéria prima oriundas na Agricultura Familiar (AF).

Assim, a chamada “vantagem competitiva” de mão-de-obra familiar não garante a sustentabilidade de longo prazo frente às novas gerações de tecnologias na produção de biodiesel como produção celulósica, de algas e outras.

Vale ser destacado que o objetivo da CPB deve ser de prover o mercado de produtos desejados pelo consumidor, como o biodiesel, e se preocupar com o desenvolvimento de novos produtos, que criem novas necessidades de demanda.

4.6.2 Nível de Conhecimento de Mercado

O segundo item avaliado é o nível de conhecimento do mercado, que está associado aos requisitos de fornecimento do mercado alvo. Foram identificados em clientes potenciais, como países europeus, requisitos de sustentabilidade considerados importantes e diferenciadores no mercado global, relacionados no Quadro 4.2, na página 55.

Assim, estes quesitos devem ser levados em consideração, pois são características exigidas no mercado externo, sobretudo o europeu. Vale ressaltar que deve-se também estar atento às especificações técnicas do biodiesel no Brasil.

Porém, constata-se que, atualmente, a produção de biodiesel está voltada para o mercado interno e não leva em consideração muitos dos fatores identificados como requisitos do mercado internacional.

4.6.3 Entendimento do Posicionamento Competitivo

Como terceiro item a ser avaliado, tem-se o nível de entendimento do posicionamento competitivo do Arranjo Produtivo (AP). Este tópico está relacionado em conhecer a dinâmica da concorrência. Pode-se observar um grande desenvolvimento desta indústria com o aumento da preocupação com a emissão de gases do efeito estufa e a oscilação dos preços dos combustíveis fósseis, o que tornou a produção de biocombustíveis viável. A indústria do biodiesel encontrou condições favoráveis para o seu desenvolvimento no mundo.

Devem-se estruturar os atores envolvidos na CPB para que esta tenha um bom posicionamento no mercado produtor e consumidor de biodiesel, congregando informações sobre mercado e concorrentes, inovações tecnológicas e investimento em mão-de-obra qualificada, que é fonte inesgotável de inovação. A inovação, aliada a uma boa atratividade do produto, poderá caracterizar o AP como líder de mercado, servindo de referencial para as outras cadeias. Pesquisas realizadas por organizações como NUTEC, UFC, TECBIO, EMBRAPA, entre outras, são essenciais para o desenvolvimento da CPB a longo prazo.

4.6.4 Oportunidades de Agregação de Valor

Quanto às oportunidades de integração para agregar valor presente neste AP, observa-se a existência de usinas de médio e grande portes e a dificuldade de se obter matéria-prima proveniente da agricultura familiar.

As usinas promovem a agregação de valor da CP quando elas incentivam aos pequenos agricultores a se associarem e a aumentarem o valor produzido, no sentido de não só plantarem a oleaginosa, mas produzirem o óleo vegetal propriamente dito.

A busca pelo selo social tem promovido a tecnologia social familiar com enorme apoio das usinas compradoras de matéria-prima. Mas, não se observa um incentivo destas empresas para que os agricultores produzam o biodiesel, visto que eles se

tornariam concorrentes das empresas maiores. A falta de capacidade de gestão do agronegócio familiar e as dificuldades relacionadas ao associativismo têm contribuído negativamente para o desenvolvimento deste negócio, mesmo com elevada demanda.

Assim, a preocupação social se dá em parte, pois as empresas não têm o interesse de que os pequenos produtores avancem na cadeia produtiva e elas são as que fazem a governança da cadeia.

Esta pode ser uma crítica bastante interessante de ser levantada pois, até que ponto o governo não pode propiciar o desenvolvimento destes pequenos agricultores para sua entrada no mercado competitivo globalizado através de incentivos fiscais, dentre outros?

4.6.5 Cooperação e Colaboração

No que tange ao nível de cooperação e colaboração interempresas do AP, observa-se que é incipiente e de forma individualizada. Existem iniciativas governamentais, mas com pouca representatividade e efetividade. A cooperação existente se dá de forma mais localizada com algumas iniciativas de associação de agricultores. Já sob a ótica do agronegócio, observa-se um grande corporativismo entre os produtores.

Assim, esta desarticulação do agronegócio familiar pode significar uma redução da competitividade desta cadeia no mercado internacional, visto que uma das diretrizes busca a melhoria da qualidade de vida da população inserida nesta cadeia.

4.6.6 Tipo de Raciocínio Presente na Cadeia

Quando se pensa no tipo de raciocínio presente na cadeia, pode-se observar que ela busca resolver seus problemas comuns, através de iniciativas individuais. Isto fica ilustrado na questão da falta de matéria-prima de origem familiar onde, para resolver estes problemas, empresas estão formando seus próprios assentamentos ou, ainda, utilizando a matéria-prima oriunda do agronegócio.

Porém, quando se fala de MP oriunda do agronegócio da soja, pode-se observar um comportamento mais proativo, diferentemente do que ocorre com a agricultura familiar. Os produtores de soja, oriundos do agronegócio, fazem parte de uma cadeia estruturada, o que facilita a cooperação entre estes atores.

4.6.7 Paternalismo

Entre as ações realizadas pelo governo como forma de incentivar a produção de biodiesel, está a criação do selo combustível social, dado às empresas que produzem biodiesel de acordo com três regras: compra de matéria-prima de agricultores filiados ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), estabelecimento de contratos com regras claras sobre a compra do produto e prestação de assistência técnica aos agricultores. Alguns plantadores, entretanto, manifestam grandes dificuldades na obtenção de financiamento para a agricultura familiar.

Outro fato que ilustra este tipo de ação é a política do governo de obrigar a mistura do biodiesel ao diesel, forçando a demanda para este produto. A política brasileira do biodiesel tem levado a um grande desenvolvimento da capacidade produtiva em poucos anos. Resumindo, é apresentado o Quadro 4.4, com as vantagens.

Fatores de Competitividade	Biodiesel	
	Vantagens	Desvantagens (inibidores)
Tipo de produto exportado	O Brasil possui conhecimento tecnológico para a produção deste biocombustível e já investe no desenvolvimento de novos produtos, a fim de criar novas necessidades no mercado.	Dificuldades na produção de matéria-prima da agricultura familiar. Exportação de glicerina e óleo vegetal.
Conhecimento do mercado	Apresenta um grande potencial de fornecimento para o mercado estrangeiro, pelas vantagens como o selo social, que promove a inclusão social, possui um impacto ambiental reduzido, devido à utilização do semi-árido para as culturas e baixo custo de produção.	Falta de padronização de normas de produto e desconhecimento de critérios para a certificação da CPB. Pouca ênfase no mercado de exportação.
Posicionamento competitivo	Tradição e incentivo a P&D por organizações dedicadas à CPB. Incentivo através do Programa Brasileiro de Biodiesel. Selo e tecnologia social.	Incertezas em relação ao futuro e a pouca articulação do setor privado. Ameaça de monopólio da Petrobras. Demanda compulsória e preço elevado do biodiesel.
Integração para agregação de valor	Incentivo por parte das empresas para que o agricultor forneça o óleo e não a semente.	Faltam condições para que o agricultor produza óleo vegetal e biodiesel. Dificuldade da gestão do agronegócio familiar e do associativismo. Concentração de usinas.
Cooperação	Iniciativas governamentais. Tecnologia social com apoio da empresa líder para garantir o seu abastecimento e selo social.	As empresas ainda não possuem esta proposta de cooperação, agindo de forma isolada para resolver problemas comuns.
Raciocínio	Reação proativa por parte das empresas no sentido de procurar soluções para seus próprios problemas.	Dificuldade do associativismo para pequenos produtores.
Paternalismo	Existem incentivos por parte do governo para a produção dos biocombustíveis através de leis que tornam o uso obrigatório. Incentivos do Programa Brasileiro do Biodiesel.	Subsídios não devem tornar o biodiesel dependente disto a longo prazo, nem reduzir as pressões para inovação.

Quadro 4.4: Resumo de Desempenho da CPB sob a ótica da Competitividade

Nesta primeira análise, constatou-se que o Brasil possui conhecimento tecnológico suficiente para desenvolver e aprimorar o biodiesel. O grande gargalo identificado, porém, é a falta de matéria-prima oriunda da agricultura familiar. A localização das usinas está muito ligada à disponibilidade de soja, onde se identifica sua grande concentração na Região Centro Oeste.

Quanto ao nível de conhecimento do mercado, foi identificado que existem normas de certificação que estão sendo elaboradas, no que tange a questões como impacto ambiental e social da atividade e o impacto na oferta de alimentos, dentre outras. Estas questões ainda não são amplamente difundidas neste Arranjo Produtivo. Atualmente, a grande preocupação está em garantir a disponibilidade de MP para a produção dos biocombustíveis. Vale ser ressaltado, neste ponto, que esta indústria do biodiesel está caminhando para os moldes do agronegócio do etanol.

Pôde-se constatar que não existe ainda uma preocupação com a dinâmica da concorrência exterior. A concorrência se dá entre as empresas do âmbito nacional. Mas, constata-se uma demanda crescente por este tipo de combustível no mercado internacional. Sabe-se que, atualmente, o mercado brasileiro é fechado, mas acredita-se que este tipo de política não se sustenta quando este AP estiver estruturado e houver a disponibilidade de MP de forma mais ampla.

Quanto à cooperação e colaboração, as empresas trabalham de forma isolada e, quanto às matérias-primas, constata-se que o agronegócio trabalha com estas técnicas, mas a agricultura familiar ainda não se estruturou para trabalhar desta forma. Identificaram-se ações isoladas, como a “Fazenda Santa Clara”.

Por último, atualmente, existem subsídios por parte do governo para a produção de biodiesel. Constata-se que estas ações não influenciam de forma a prejudicar a competitividade do AP no mercado, não se configurando assim como um inibidor de desenvolvimento. A liberação gradual do mercado irá tornar o biodiesel sustentável e mais competitivo. Para isto são necessárias novas tecnologias e maior organização do setor.

Quanto às características de certificação, elas não são difundidas pelo mercado e a preocupação presente está na garantia de fornecimento de MP com menor custo de produção possível.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DA ARTE DA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL NO CONTEXTO NACIONAL

5.1 Análise das fontes de matéria-prima

Existem diversas fontes de matéria-prima para a produção de óleo vegetal. Ardenghy (2008) identificou estes diversos potenciais de fornecimento de matéria prima, dentre elas: soja, mamona, dendê, girassol, canola, palmiste, babaçu, tucumã, caroço de algodão, pequi, semente de gergelim, pinhão-manso, buriti, nabo forrageiro, jojoba e linhaça.

Dentre estas possibilidades, existem algumas que são mais amplamente utilizadas na indústria brasileira de biodiesel. Foram realizadas visitas às empresas no estado do Ceará e Piauí, bem como a alguns produtores de MP. Segundo estas visitas, foram identificadas fontes mais importantes, normalmente associadas ao potencial existente de óleo, tradição na cultura e tipo de óleo produzido para a usina de biodiesel. A Tabela 5.1 ilustra as principais fontes encontradas de matéria-prima para as usinas de biodiesel e seu rendimento médio por hectare.

Tabela 5.1: Relação quantidade de óleo por hectare.

Matéria prima	Rendimento do cultivo (kg/hectare)	Conteúdo de óleo considerado (%)	Potencial de óleo (kg/hectare)	Uso de terra (hectares/ton de óleo)
Dendê (côco)	9479	20	1896	0,5
Amendoim (em casca)	2018	41,5	837	1,2
Milho (grão)	3254	6,5	211	4,7
Soja (grão)	2558	18,5	473	2,1
Coco da baía (fruto)	3146	57	1793	0,6
Algodão (caroço)	459	15	69	14,5
Mamona (semente)	643	46	296	3,4
Girassol (semente)	1342	48	644	1,6

Fonte: Mourad, 2007.

Pela Tabela 5.1, observa-se que o coco da baía é a semente que apresenta maior rendimento de óleo dentre as principais fontes de MP levantadas.

5.1.1 Soja

A soja é a principal oleaginosa cultivada no mundo devido ao seu alto teor protéico. O aumento da produção e a grande disponibilidade no mercado internacional fazem com que a soja seja a matéria-prima mais comercializada para abastecer os complexos agroindustriais, não somente na cadeia produtiva do biodiesel (DA SILVA, 2005).

O Brasil é conhecido mundialmente como um dos grandes produtores de soja. A produção se dá, na maioria das vezes, através do agronegócio, envolvendo latifúndios e processo mecanizado. A produção brasileira de soja em 2006 (dado mais recente) foi de 52.464.640 toneladas (IBGE, 2008). A Figura 5.1 ilustra a representatividade de cada região brasileira na produção de soja.

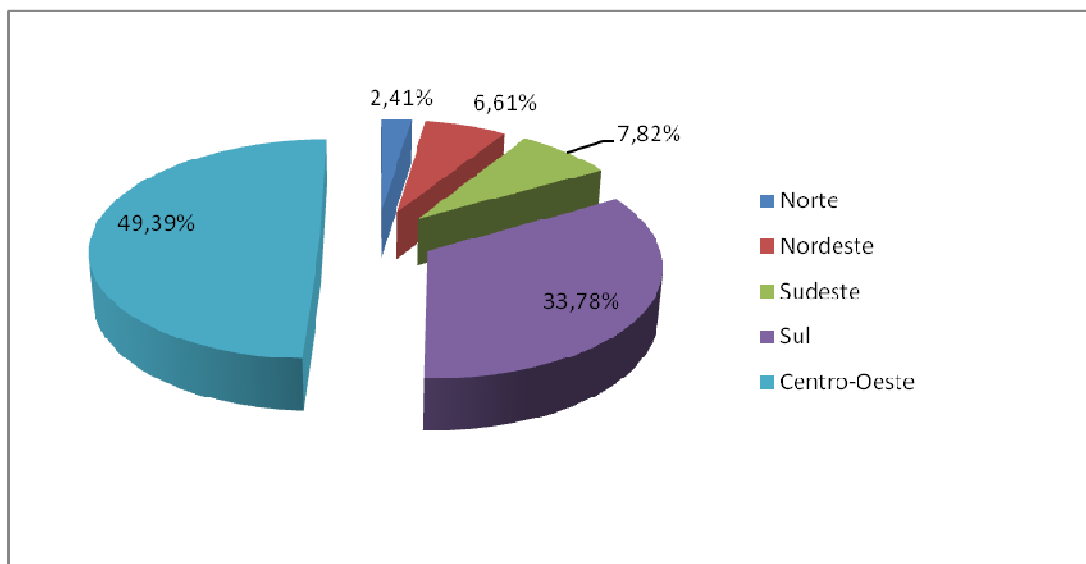


Figura 5.1: Representatividade por região da produção de soja

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Pelo gráfico da Figura 5.1, pode-se observar que a produção de soja brasileira está concentrada na Região Centro-Oeste, responsável por quase metade da produção brasileira, seguida pelas Regiões Sul e Sudeste. Juntas, elas detêm mais de 90% da produção de soja do Brasil. Analisando-se por unidade de federação, pode-se constatar que os grandes produtores de soja brasileiros são os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás. A Tabela 5.2 ilustra esta situação.

Tabela 5.2: Produção de soja por unidade da federação.

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Participação por Unidade da Federação	Quantidade produzida (t)
Rondônia	0,52%	273 701
Acre	0,00%	24
Amazonas	0,01%	5 138
Roraima	0,06%	30 800
Pará	0,40%	209 864
Tocantins	1,42%	742 891
Maranhão	1,77%	931 142
Piauí	1,04%	544 086
Ceará	0,00%	1 026
Alagoas	0,00%	264
Bahia	3,80%	1 991 400
Minas Gerais	4,68%	2 453 975
São Paulo	3,14%	1 648 100
Paraná	17,85%	9 362 901
Santa Catarina	1,52%	798 809
Rio Grande do Sul	14,41%	7 559 291
Mato Grosso do Sul	7,92%	4 153 542
Mato Grosso	29,72%	15 594 221
Goiás	11,47%	6 017 719
Distrito Federal	0,28%	145 746
Total	100,00%	52 464 640

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

A soja, porém, pode ter muitas utilidades, como, de fato, é constatado por Schlesinger (2008). O autor avalia que a soja produzida no Brasil tem várias finalidades, ilustradas na Figura 5.2. Pode-se observar que cerca de 40% da soja brasileira é exportada em grão, em forma bruta; mais de 46% é transformada em farelo, que serve de alimentação, e somente 12% é destinada à produção de óleo vegetal, dos quais ¼ da produção ainda é exportada, ficando para o mercado interno apenas 9,6% da produção de óleo.

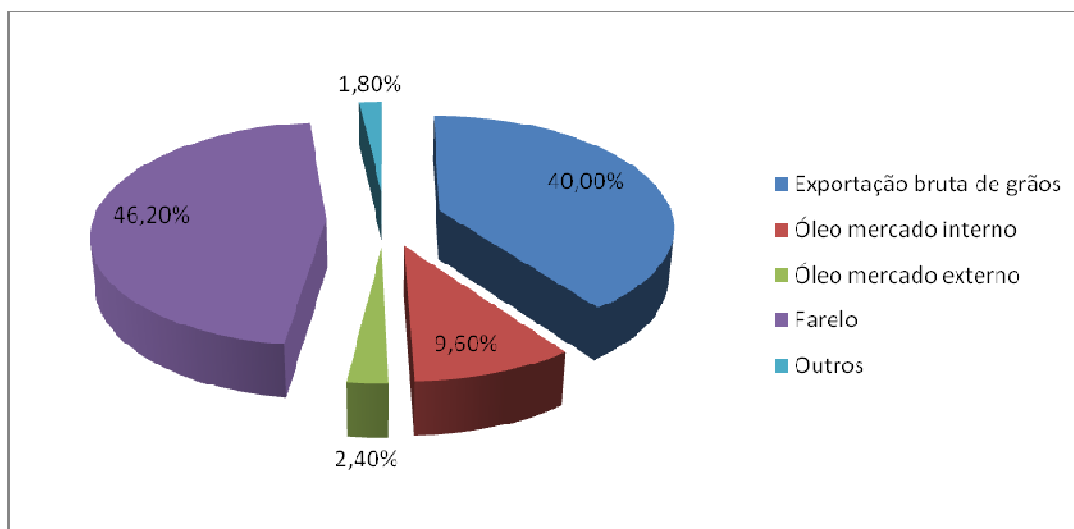


Figura 5.2: Destinação da Soja no Brasil

Fonte: Adaptado de Schlesinger, 2008.

Vale ressaltar que, segundo o mesmo autor, o óleo de soja é utilizado sob a forma comestível ou como ingrediente em inúmeros produtos, como chocolates, biscoitos, margarina, temperos e pães. O restante é exportado, principalmente para o Extremo Oriente e o Oriente Médio. O farelo é destinado à alimentação animal: 65% vão para o exterior, enquanto os outros 35% são utilizados na engorda dos animais brasileiros, principalmente aves. O farelo de soja e milho, juntos, respondem por 80% da alimentação animal.

Assim, levando em consideração que somente 9,6% da soja produzida no Brasil é destinada à produção de óleo vegetal para o mercado interno, e que o conteúdo de óleo na semente é de 18,5%, o potencial de produção de óleo de soja no Brasil (para o mercado nacional) fica em torno de 931.772 toneladas de óleo vegetal de soja (considerando os dados de 2006).

Avaliando a soja pelos critérios de certificação, obtém-se o Quadro 5.1.

Quesito	Impacto
Impacto Ambiental	Observa-se a expansão da produção de soja na região Norte, impactando o desmatamento da Amazônia – impacto negativo neste quesito.
Exploração de trabalho	A produção de soja no Brasil é mecanizada, onde não há a utilização de mão-de-obra em excesso. Devido ser um negócio bem desenvolvido no Brasil, existe fiscalização nas fazendas, se comparadas às outras MP, oriundas de outras culturas.
Impacto sobre a oferta de	A produção de biodiesel, utilizando esta MP, apresenta

alimentos	forte impacto negativo na segurança alimentar, visto que esta cultura serve às alimentações humana e animal.
Crédito de carbono	Sendo este agronegócio mecanizado, tem de ser avaliado o nível de emissão de poluentes das máquinas utilizadas no processo – impacto negativo neste quesito.
Custo de produção	Neste aspecto, devido à organização da cadeia da soja, observa-se que os custos de produção são mais reduzidos pela utilização de maquinário e consequente redução de mão-de-obra.
Impacto na biodiversidade	Neste ponto, a soja está invadindo áreas do cerrado no Centro-Oeste e áreas na Amazônia, configurando-se como ponto negativo.
Impacto na qualidade de vida da população	Observa-se que a produção de soja no Brasil está muito focada no agronegócio, o que implica na grande concentração de renda.

Quadro 5.1: Soja: critérios para certificação

5.1.2 Amendoim

A produção nacional do amendoim é bem menos expressiva que a produção de soja, ficando em apenas 249.916 toneladas (IBGE, 2008). A Figura 5.3 ilustra a produção de amendoim por região brasileira. Pode-se observar que quase a totalidade da produção de amendoim nacional se concentra na região sudeste, que responde por mais de 80% da produção nacional do produto, concentrando-se no Estado de São Paulo (responde por mais 80% da produção nacional) e, os dados pertinentes a este Estado serão utilizados para a generalização da produção nacional.

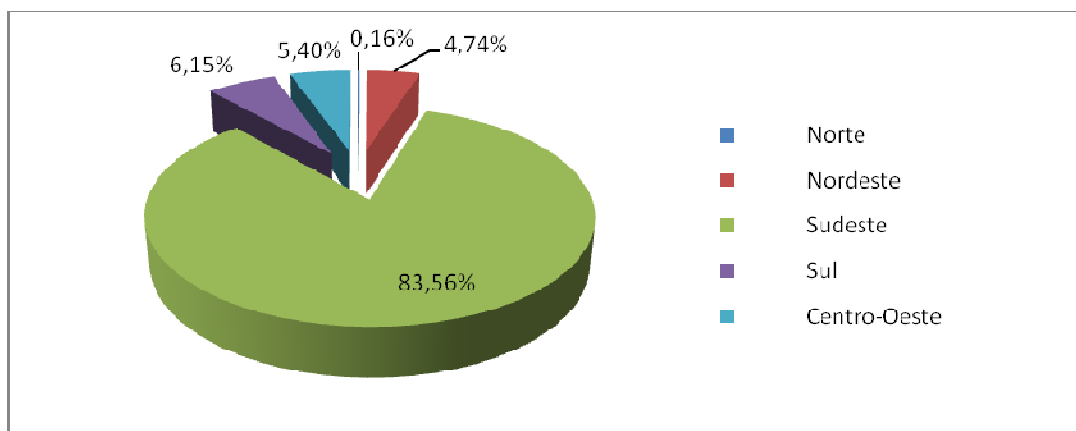


Figura 5.3: Participação das regiões brasileiras na produção de amendoim

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Um fato interessante a ser ressaltado por IEA (2008) é que as exportações de amendoim do Estado de São Paulo representam uma grande parcela da produção nacional. Na Figura 5.4, pode-se observar que uma parcela considerável produzida no Brasil é exportada, passando de 1/3 da produção.

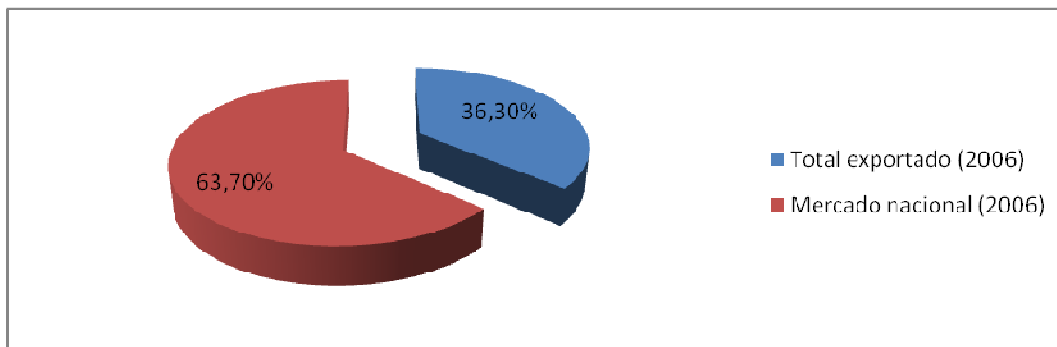


Figura 5.4: Destinação do amendoim produzido em São Paulo

Fonte: Gerado a partir de IEA, 2008.

Como a produção desta MP é muito baixa no país e, considerando que uma parcela razoável é exportada (IEA, 2008), pode-se constatar que seu potencial em se tornar fonte de matéria prima para a CPB é muito baixo devido à capacidade produtiva brasileira.

Assim, considerando que todo o restante da produção seja utilizado para a produção de óleo na produção de biodiesel, observa-se um potencial de 66.000 toneladas, ainda muito abaixo do potencial representado pela soja.

Avaliando esta cultura sob o aspecto de certificação, tem-se o Quadro 5.2 abaixo.

Quesito	Impacto
Impacto Ambiental	Não encontrado na bibliografia
Exploração de trabalho	O Agronegócio vem se adequando com a aquisição de secadoras, construção de armazéns e desenvolvimento de novas categorias de grãos, aumentando a mecanização.
Impacto sobre a oferta de alimentos	Trata-se de uma cultura com alto valor nutricional, para qual, inclusive, foi criado o Pró-Amendoim – Programa de Auto Regulamentação e Expansão do Consumo do Amendoim, com o objetivo de resgatá-lo como um alimento de alta qualidade nutricional e de total confiança.
Crédito de carbono	Sendo este agronegócio extremamente mecanizado, tem de ser avaliado o nível de emissão de poluentes das máquinas utilizadas no processo, que é um ponto negativo neste aspecto.

Custo de produção	O preço comercializado do amendoim está entre R\$ 25 a 28 por saca de 25 Kg, bastante elevado se for considerado que o quilo sairá por mais de R\$1,00.
Impacto na biodiversidade	Não encontrado na bibliografia
Impacto na qualidade de vida da população	Trata-se de um agronegócio que possui impacto na qualidade de vida da população se for pensado na industrialização para o consumo humano e não para a extração de óleo para a produção de biodiesel.

Quadro 5.2: Amendoim: critérios para certificação

Fonte: Gerado a partir de IEA, 2008.

5.1.3 Milho

O milho é a segunda maior cultura do país, perdendo somente para a soja. A produção nacional é de 42.661.677 toneladas de milho (IBGE, 2008). Garcia *et al.* (2006) constataram que o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, perdendo semente para os EUA e China. Um aspecto também observado pelos autores é que o mercado do milho é, principalmente, caracterizado pelo consumo humano e para alimentação dos animais.

A Figura 5.5 ilustra a representatividade de produção por região brasileira. Pode-se observar que a Região Sul é a que detém a maior parte da produção nacional, chegando a mais de 40% da produção nacional, seguida das Regiões Centro-Oeste e Sudeste.

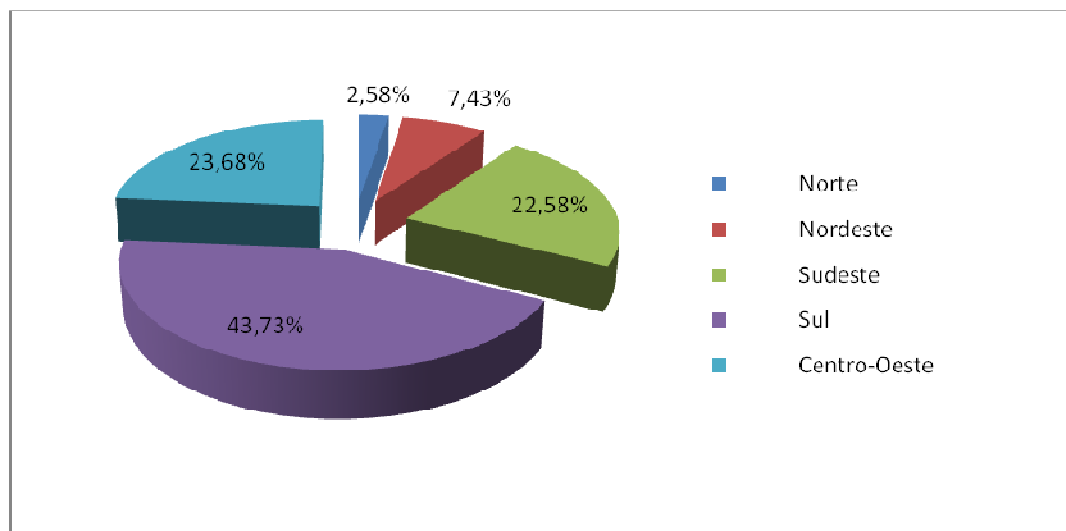


Figura 5.5: Representatividade por região na produção de milho.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Ao se fazer uma análise por unidade da federação brasileira na produção de milho, obtêm-se a Tabela 5.3. Por este gráfico, pode-se observar que a produção, que está concentrada na Região Sul, é, em grande parte, advinda do Estado do Paraná. Ele vem seguido dos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

Tabela 5.3: Representatividade de produção de milho por unidade da federação

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Participação por unidade da federação	Quantidade produzida (t)
Rondônia	0,62%	264430,00
Acre	0,13%	56612,00
Amazonas	0,09%	37069,00
Roraima	0,06%	24000,00
Pará	1,35%	576579,00
Amapá	0,00%	1530,00
Tocantins	0,33%	142149,00
Maranhão	1,00%	426203,00
Piauí	0,54%	229533,00
Ceará	1,78%	760231,00
Rio Grande do Norte	0,12%	51647,00
Paraíba	0,37%	156854,00
Pernambuco	0,46%	195573,00
Alagoas	0,09%	38664,00
Sergipe	0,43%	184908,00
Bahia	2,64%	1124206,00
Minas Gerais	12,08%	5152200,00
Espírito Santo	0,18%	78377,00
Rio de Janeiro	0,06%	25786,00
São Paulo	10,26%	4378380,00
Paraná	26,35%	11239987,00
Santa Catarina	6,77%	2886139,00
Rio Grande do Sul	10,61%	4528143,00
Mato Grosso do Sul	5,49%	2342619,00
Mato Grosso	9,91%	4228423,00
Goiás	7,73%	3297193,00
Distrito Federal	0,55%	234242,00
Total:	100,00%	42661677,00

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Se for levado em consideração o rendimento de 6,5% de óleo no milho, pode-se entender que não se trata de uma oleaginosa que possui um rendimento apropriado, sendo o mais baixo dentre todas analisadas. Vale ressaltar também que existem grandes críticas mundiais e restrições na utilização do milho como fonte de MP para a indústria de combustíveis. O problema consiste, como já foi mencionado, em que a produção de milho atende ao consumo animal e humano, o que fica em evidência se pensar nos EUA, que são criticados pela utilização do milho como fonte de MP para fazer o seu etanol.

Assim, o potencial conteúdo de óleo proveniente do milho é de 2.773.009 toneladas de óleo. Vale ressaltar que, neste caso, o impacto na produção de alimentos é significativa, como no caso da soja, com mais um agravante: o rendimento de óleo é muito baixo.

Logo, pode-se constatar que esta oleaginosa não se constitui como um potencial fornecedor de MP para a indústria do biodiesel. O Quadro 5.3 ilustra o milho sob a ótica da certificação.

Quesito	Impacto
Impacto Ambiental	Não se observam impactos ambientais significativos desta cultura, pois ela não apresenta crescimento significativo no Brasil.
Exploração de trabalho	O milho normalmente é produzido em pequenas escalas de consumo em pequenas propriedades e é muito utilizado na agricultura de subsistência.
Impacto sobre a oferta de alimentos	O mercado do milho é, principalmente, caracterizado pelo consumo humano e para alimentação dos animais.
Crédito de carbono	Trata-se de uma cultura ainda não muito mecanizada no Brasil. Outro ponto a ser destacado é que se trata de uma cultura disseminada no território nacional.
Custo de produção	Os preços nunca atingiram patamares que fossem considerados satisfatórios para justificar a permanência na atividade. Não há clareza na formação dos preços.
Impacto na biodiversidade	Não observado na literatura.
Impacto na qualidade de vida da população	Pode-se dizer que o setor é pulverizado, e as dez principais empresas atuantes detêm apenas 5,2% da comercialização do milho no Brasil.

Quadro 5.3: Milho: critérios para certificação

Fonte: Adaptado de IICA, 2007.

5.1.4 Algodão

Considerado cultura muito antiga no território nacional. A sua produção é de 2.898.721 toneladas (IBGE, 2006). Trata-se de uma cultura com expressiva representatividade, porém muito abaixo da soja e do milho. A Figura 5.6 ilustra a distribuição de produção pelas regiões brasileiras.

Pode-se observar que a produção de algodão está concentrada na Região Centro-Oeste no Brasil, respondendo por 60% da produção nacional. Observa-se, ainda, uma produção expressiva da região nordestina, liderada especialmente pelo Estado da Bahia.

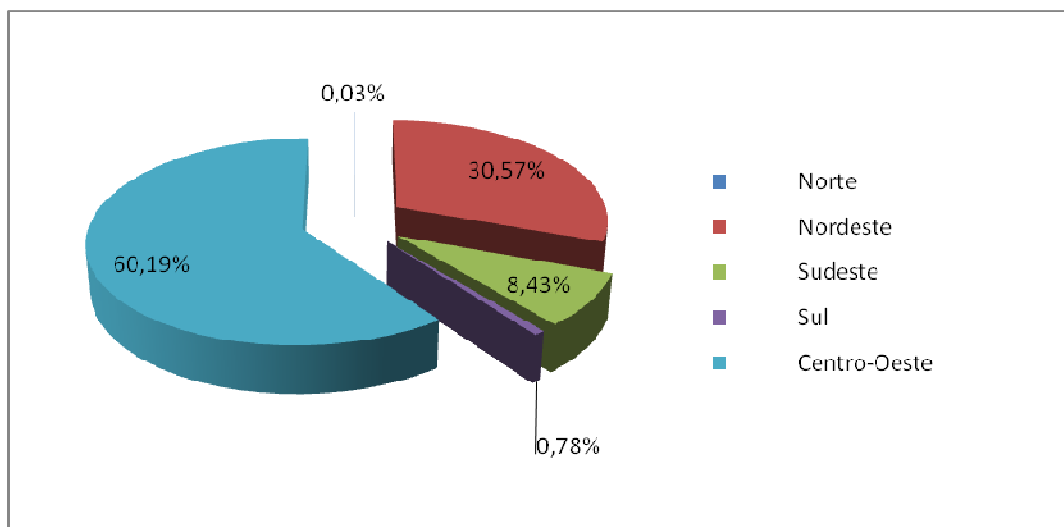


Figura 5.6: Representatividade na produção de algodão por região brasileira

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008

A Tabela 5.4 ilustra a produção de algodão por unidade da federação. Por essa figura, pode-se observar que a representatividade de produção, obtida pelas regiões Centro-Oeste e Nordeste, advém dos estados do Mato Grosso, que responde sozinho pela produção de quase 50% da produção nacional, e da Bahia, que responde por quase 30% da produção nacional de algodão em caroço.

Tabela 5.4: Representatividade na produção de algodão por unidade da federação.

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Representatividade por unidade da federação	Quantidade produzida (t)
Acre	0,00%	28
Amazonas	0,00%	1
Tocantins	0,03%	920
Maranhão	0,64%	18 611
Piauí	0,86%	24 999
Ceará	0,35%	10 131
Rio Grande do Norte	0,30%	8 729
Paraíba	0,27%	7 755
Pernambuco	0,08%	2 289
Alagoas	0,11%	3 229
Bahia	27,95%	810 253
Minas Gerais	3,45%	100 049
São Paulo	4,98%	144 370
Paraná	0,78%	22 609
Mato Grosso do Sul	3,25%	94 116
Mato Grosso	49,61%	1 437 926
Goiás	7,00%	202 914
Distrito Federal	0,34%	9 792
Total:	100,00%	2 898 721

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Barros (2007) identificou que a exportação de algodão brasileiro representa 0,3% na pauta nacional, com uma quantidade exportada de 430 mil toneladas em 2006. O mesmo autor identifica que o principal destino do algodão nacional são os países asiáticos e a Argentina.

Levando em consideração a exportação exposta pelo mesmo autor e o conteúdo de óleo de 15%, observa-se que o potencial para produção de matéria-prima para o biodiesel é de 370.310 toneladas de óleo. Pode-se constatar também que o rendimento de óleo, por parte do algodão, também é insatisfatório, por ser relativamente baixo se comparado às demais culturas avaliadas.

O Quadro 5.4 ilustra o algodão sob esta ótica de certificação.

Quesito	Impacto
Impacto Ambiental	Não encontrado na bibliografia
Exploração de trabalho	Trata-se de uma cultura mecanizada.
Impacto sobre a oferta de alimentos	Não possui impacto sobre a oferta de alimentos.
Crédito de carbono	Política do governo e o interesse empresarial se aliaram para promover a cotonicultura nas extensas áreas adequadas à mecanização.
Custo de produção	Não encontrado na bibliografia
Impacto na biodiversidade	Não encontrado na bibliografia
Impacto na qualidade de vida da população	Em 2004, representava 53% do consumo industrial brasileiro de fibras e filamentos, o que ilustra possuir grande potencial de impacto positivo na qualidade de vida da população, se for levado em consideração a indústria de fibras.

Quadro 5.4: Algodão: critérios para certificação

Fonte: Adaptado de IICA, 2007.

5.1.5 Mamona

A mamona é a cultura que foi inicialmente pensada para a produção de biodiesel no Nordeste, devido ao potencial de produção da área de semi-árido. A produção nacional desta oleaginosa é de 95.000 toneladas no ano de 2006 (IBGE, 2008), sendo o Nordeste responsável por quase 90% da produção nacional. A Figura 5.7 ilustra essa situação.

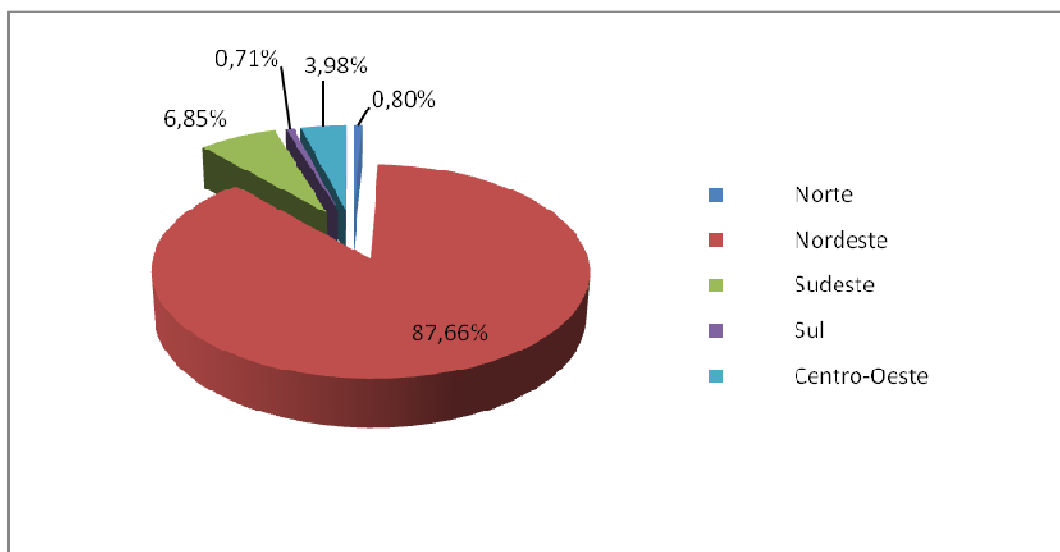


Figura 5.7: Representatividade na produção de mamona por região brasileira.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Assim, pode-se observar que o Nordeste possui uma vocação para a produção deste tipo de oleaginosa, que tem um grande potencial para a produção de óleo.

Se forem levadas em consideração as unidades da federação, observa-se que a Bahia é o estado que possui maior produção desta fonte de MP, como ilustrado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Representatividade por unidade da federação na produção de mamona.

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Representatividade por unidade da federação	Quantidade produzida (t)
Tocantins	0,80%	759
Piauí	5,97%	5 676
Ceará	4,62%	4 393
Rio Grande do Norte	0,60%	567
Paraíba	0,34%	327
Pernambuco	3,89%	3 698
Alagoas	0,00%	4
Bahia	72,23%	68 615
Minas Gerais	3,81%	3 620
São Paulo	3,04%	2 890
Paraná	0,70%	661
Rio Grande do Sul	0,01%	13
Mato Grosso do Sul	0,81%	770
Mato Grosso	2,49%	2 362
Goiás	0,68%	645
Total:	100,00%	95 000

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

O potencial de óleo desta oleaginosa é de 46%, o que implica numa produção de óleo de 42.750 toneladas de óleo.

Esta fonte de MP tem uma baixa produção nacional, mas possui um grande potencial de fornecimento se for produzida em áreas do semi-árido nordestino, promovendo, simultaneamente, a inclusão social.

O Quadro 5.5 ilustra a mamona sob esta ótica de certificação.

Quesito	Impacto
Impacto Ambiental	Existe um risco potencial nesta cultura de expansão devido ser realizada por intermédio da agricultura familiar, que, se for feita sem supervisão técnica, traz sérios riscos ao ambiente.
Exploração de trabalho	O potencial para a agricultura familiar que esta cultura representa é um dos requisitos impostos para a produção de biodiesel. A organização dos agricultores e a capacidade de gerir o agronegócio são aspectos importantes para o sucesso da agricultura familiar.
Impacto sobre a oferta de alimentos	Não apresenta impacto sobre a oferta de alimentos, pois, muitas vezes, é uma cultura que é consorciada com outras culturas de subsistência.
Crédito de carbono	Cultura não mecanizada, o que lhe confere um caráter de menor emissão de poluentes, fora que seu rendimento de óleo é bem maior que outras culturas.
Custo de produção	O custo de produção deste óleo é elevado, podendo ser utilizado para fins mais nobres, que não a produção de biodiesel.
Impacto na biodiversidade	Existe risco potencial nesta cultura de expansão, devido ser realizada por intermédio da agricultura familiar.
Impacto na qualidade de vida da população	Ao óleo vegetal de mamona pode-se agregar valor em suas diversas aplicações na indústria, como matéria-prima para fabricar vernizes, tintas, cosméticos, fibras sintéticas, lubrificantes, germicidas, desinfetantes, nylon e muitas outras. Muitas destas aplicações aumentariam a demanda por produtos biodegradáveis e, conseqüentemente, pelo óleo vegetal, substituindo o óleo mineral e proporcionando maiores alternativas de comercialização e agregação de valor para os produtores locais.

Quadro 5.5: Mamona: critérios para certificação

5.1.6 Girassol

Trata-se de uma cultura relativamente nova no Brasil. A produção é ainda muito restrita a algumas regiões, como é exemplificado na Figura 5.8. A quantidade produzida de girassol é de 87.362 toneladas no ano de 2006. Pela Figura 5.8, pode-se constatar que a produção de girassol está concentrada na Região Centro-Oeste, respondendo esta por mais de 60% da produção nacional. A Região Sul também se destaca como produtora de girassol, respondendo pelo restante. O Nordeste tem uma representatividade baixíssima, não chegando nem a 0,10% da produção nacional.

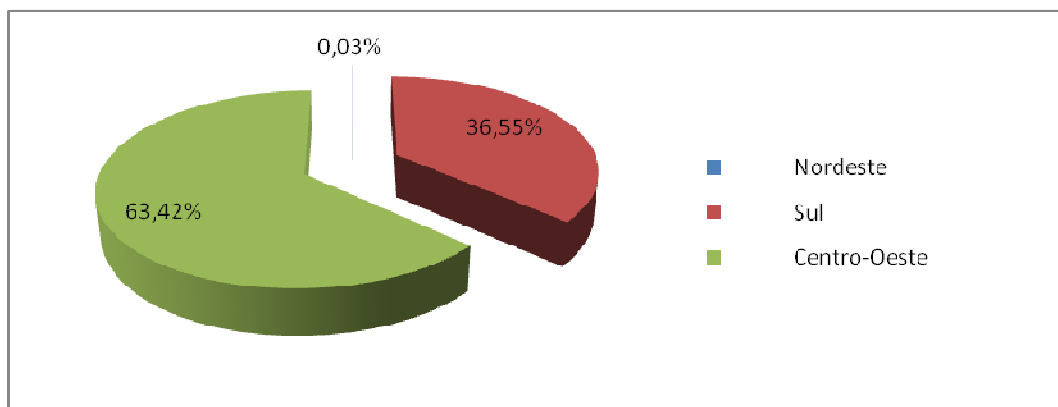


Figura 5.8: Representatividade de produção de girassol por região brasileira.

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Se for feita uma análise da produção por unidade da federação, pode-se constatar que os estados que possuem a maior produção são Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul (Figura 5.9).

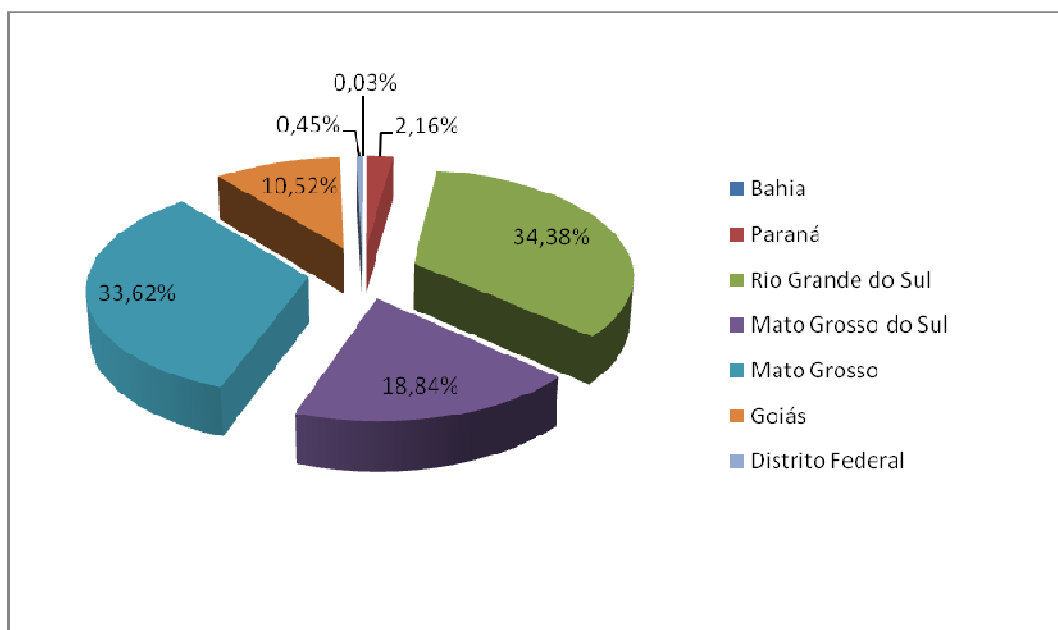


Figura 5.9: Representatividade das unidades da federação na produção de girassol

Fonte: Adaptado de IBGE, 2008.

Pelo rendimento apresentado, observa-se que o girassol possui um potencial de 48% de óleo por semente, o que representa um potencial de produção de óleo nacional de 41.933,76 toneladas de óleo em 2006.

Esta fonte de matéria-prima vem crescendo no Brasil a cada ano, o que pode estar relacionado à demanda por óleo vegetal. Observa-se uma tendência de crescimento desde 2005, que é o ano marco do início do biodiesel no Brasil.

Bringueti (2008) avalia que a Região Centro-Oeste possui grande potencial para a produção desta MP, devido às condições climáticas favoráveis à sua produção. A possível área de expansão do girassol, porém, pode invadir áreas plantadas de soja nas regiões Sul e Centro-Oeste.

O Quadro 5.6 ilustra o girassol sob esta ótica de certificação.

Quesito	Impacto
Impacto Ambiental	Características agrônômicas importantes, como maior resistência à seca, ao frio e ao calor. Graças a elas, apresenta-se como opção nos sistemas de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos.
Exploração de trabalho	Não encontrado na bibliografia
Impacto sobre a oferta de alimentos	É um dos óleos vegetais de melhor qualidade nutricional e organoléptica do mundo.
Crédito de carbono	Cultura ainda não mecanizada, o que lhe confere uma emissão reduzida de poluentes.
Custo de produção	Pode-se observar uma redução significativa no custo médio da produção do girassol, conforme se aumenta o rendimento físico por hectare. O produtor que produzir menos que 1.333 kg/ha não conseguirá pagar pelos insumos, operações e juros que assumiu para o custeio de sua safra. Mais grave é saber que o produtor, ao obter 1.333 kg/ha (22 sacas por ha), não poderá pagar seus custos fixos e remunerar seu capital.
Impacto na biodiversidade	Não encontrado na bibliografia
Impacto na qualidade de vida da população	Pode ser consorciada com outras culturas, com tempo diferenciado de colheita dos alimentos, o que representa um potencial de renda para famílias da agricultura familiar.

Quadro 5.6: Girassol: critérios para certificação

Fonte: Adaptado de Embrapa, 2008.

5.1.7 Outras Oleaginosas

Existem diversas outras fontes de matéria-prima para a produção de biodiesel. Pensando no dendê, o Brasil possui o maior potencial de produção de dendê do mundo, dado os quase 75 milhões de hectares de terras aptas à dendeicultura. A Bahia participa com, aproximadamente, 900.000ha deste total, sendo o único estado do Nordeste brasileiro com condições climáticas adequadas na faixa costeira para o plantio do

dendezeiro. Porém, observa-se o baixo incentivo na produção desta oleaginosa, visto que um dos maiores produtores de dendê é a Colômbia, com sementes desenvolvidas pela Embrapa.

Existem ainda várias outras culturas que servem de fonte de matéria-prima para a cadeia produtiva do Biodiesel, bem como estudos para a utilização de vísceras de peixe, óleos residuais, dentre outras oportunidades. Vale ser ressaltado que nenhuma destas oportunidades deve ser desprezada, pois uma mistura destes óleos pode ser viável para a produção de biodiesel.

5.1.8 Potencial de fornecimento por tipo de cultura

Após a avaliação individual de cada cultura, elaborou-se um resumo, apresentado abaixo dos potenciais de fornecimento de óleo vegetal para a indústria de biodiesel, conforme ilustra a Figura 5.10.

A produção nacional teve um potencial de produção de 13.102.174 toneladas de óleo em 2006. Porém, vale ressaltar que se trata de uma estimativa, visto que esta produção não necessariamente será utilizada para a produção de biodiesel.

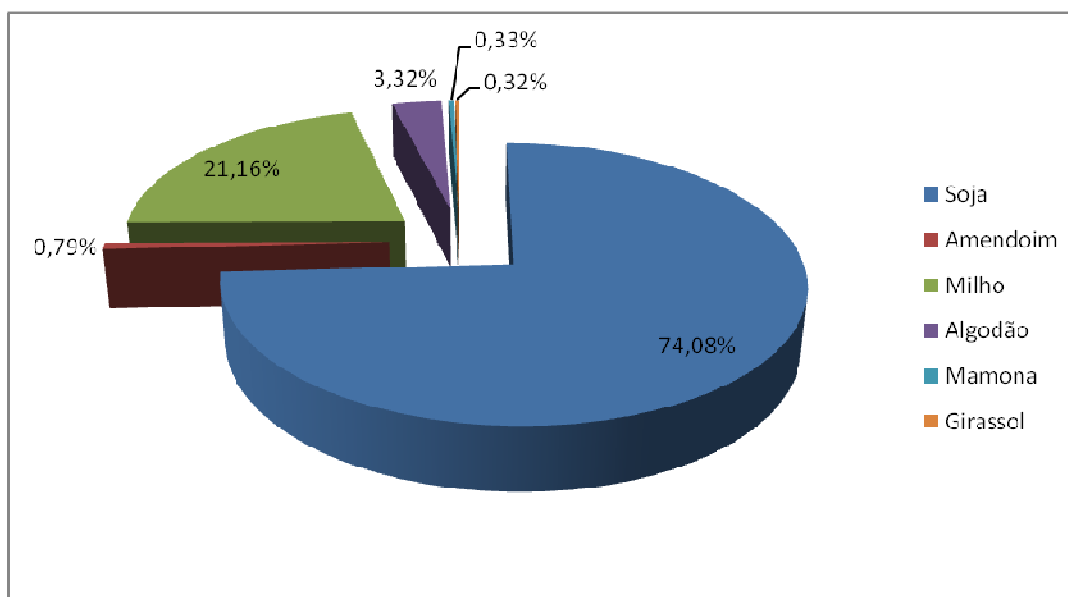


Figura 5.10: Potencial de produção de óleo brasileiro

Resumindo o que foi exposto, na Figura 5.10, constata-se que o grande potencial de fornecimento é de óleo de soja, que responde por quase $\frac{3}{4}$ da produção nacional. O Quadro 5.7 ilustra as características positivas e negativas de cada cultura.

Característica / Cultura	Impacto Ambiental	Exploração de trabalho	Impacto sobre a oferta de alimentos	Crédito de carbono	Custo de produção	Impacto na biodiversidade	Impacto na qualidade de vida da população	Rendimento de óleo (Kg/ha)
Soja	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo	473
Amendoim	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	837
Milho	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Positivo	211
Algodão	-	Positivo	Positivo	Negativo	-	-	Positivo	69
Mamona	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo	Positivo	296
Girassol	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	-	Positivo	644

Quadro 5.7: Resumo da avaliação das fontes de matéria prima

Levando-se em consideração as características positivas e negativas de cada uma das culturas, o milho, apesar de possuir muitas características positivas, apresenta um forte impacto sobre a oferta de alimentos, o que não é interessante. Em seguida, existe a possibilidade de mamona e girassol, que representam grandes potenciais devido à possibilidade de serem plantados consorciados com outras culturas.

Estes dilemas devem ser compreendidos para avaliação dos fornecedores em usinas de biodiesel, sendo necessária a avaliação mais pontual de cada fornecedor segundo estes quesitos, que é o próximo passo da metodologia proposta.

Assim, pode-se constatar que a grande “disponibilidade” de MP está no agronegócio da soja. Porém, ao se levar em consideração os critérios de certificação, pode-se identificar que esse tipo de matéria-prima não está em consonância com esses fatores.

Porém, pela análise macro da cadeia produtiva do biodiesel, não fica possível a constatação da viabilidade da mesma levando em consideração os critérios. Assim, para uma avaliação mais precisa, é necessário que sejam observadas individualmente cada usina e seus fornecedores.

5.2 Capacidade produtiva brasileira de biodiesel

Inicialmente, foram identificadas as usinas produtoras de biodiesel em funcionamento, em construção e previstas. Observa-se que esta capacidade instalada e projetada está na faixa de 5,7 bilhões de litros. Ressalta-se que a capacidade instalada engloba a capacidade prevista.

A Figura 5.11 ilustra a localização das unidades produtoras de biodiesel no Brasil. Pode-se observar uma grande concentração de usinas nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste do país. Vale ressaltar ainda que existem poucas usinas na Região Nordeste e são quase inexistentes na Região Norte. A Região Sul possui uma quantidade expressiva de usinas, com capacidade menor. Este é um dado bastante preocupante, pois as áreas existentes são cultiváveis para alimentos nestas regiões, diferentemente da região Nordeste, com predominância do semi-árido e grande potencial de produção de culturas oleaginosas, com impacto reduzido na produção de alimentos.

Vale colocar que a produção de biodiesel pode comprometer a cultura de alimentos se a mesma não for feita com responsabilidade. A Figura 5.11 ilustra o gráfico obtido com os dados coletados no site da Revista BiodieselBr, onde estes dados foram alocados no mapa (construído no *arcview*).

Um fato interessante a ser ressaltado é que a localização das usinas está atrelada à produção de soja. Foi observado que a localização das usinas está, em grande parte, na região Centro-Oeste e Sudeste, que é responsável por grande parte da produção de soja, o que traz o indício de que a produção de biodiesel está se dando baseada nesta cultura, o que não atende à proposição inicial do governo que consistia em promover a inclusão social através da produção desta cultura.



Figura 5.11: Mapa das Usinas Produtoras de Biodiesel

Complementado o que foi dito, observa-se que as Regiões Sudeste e Centro-Oeste contribuem com mais de 50% da produção nacional. A Região Sul vem em seguida, respondendo apenas por um pouco mais de 22% da produção nacional, seguida pela Região Nordeste. Por último, vale ainda ser destacado que a Região Norte responde por uma parcela ínfima da produção. Estes fatos estão ilustrados na Figura 5.12.

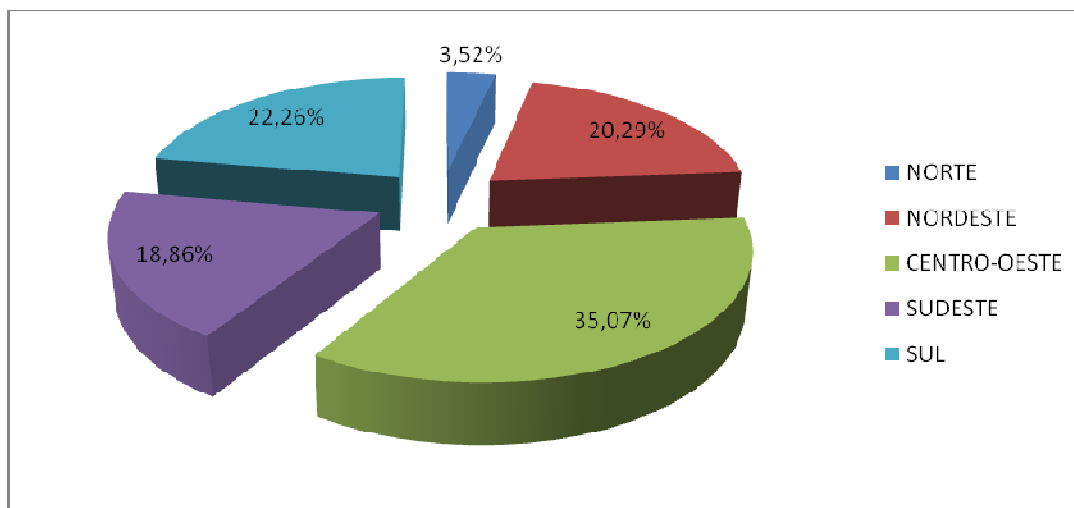


Figura 5.12: Participação das regiões na produção nacional de biodiesel.

5.3 Análise da demanda por biodiesel

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa para identificação de possibilidades de modelos que propusessem uma previsão para a demanda por biodiesel. Não foi encontrado nenhum modelo que realizasse esta previsão. Assim, foi adotado o modelo de previsão de demanda com tendência e sazonalidade, que foram identificadas nos dados.

Esta etapa do trabalho tem por objetivo fazer uma estimativa do consumo de biodiesel no mercado. Inicialmente, pensou-se em trabalhar com a série histórica de consumo de biodiesel. Porém, isto não é possível, pois os dados não possuem um comportamento livre, ou seja, são atrelados às imposições feitas pelo Governo, como foi com a entrada em vigor da lei 11.097, de 2005, que previa a venda de diesel com 3% de biodiesel até 2008 e 5% misturado ao diesel em 2013, que pode ser adiantado para 2010.

A Figura 5.13 ilustra a evolução do consumo de biodiesel no Brasil. Por este gráfico, pode-se observar que a demanda por biodiesel era muito baixa, com valores irrisórios, se comparado à produção de diesel. Porém, com o advento da lei em 2005, a

produção de biodiesel cresceu de forma exponencial e tende a crescer mais, de acordo com o aumento de biodiesel misturado ao diesel, previsto pelo Governo Federal.

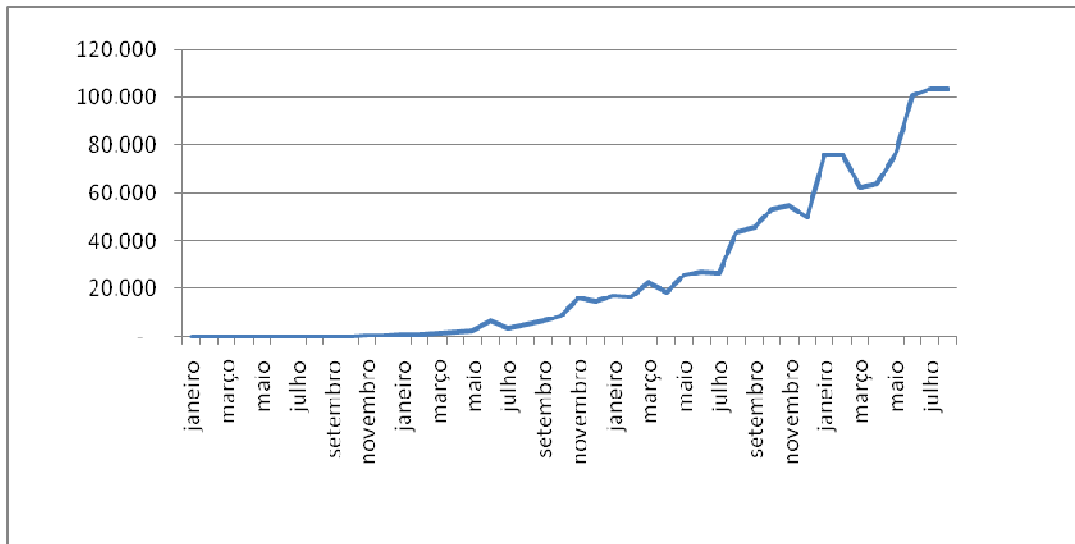


Figura 5.13: Produção de Biodiesel no Brasil.

Fonte: Adaptado de ANP, 2008.

Assim, como estes dados não são “livres”, devido à produção estar atrelada à lei, utilizou-se a produção de diesel para fazer a previsão de vendas de biodiesel. Utilizou-se este pressuposto devido ao fato do diesel que é vendido no Brasil deve ser misturado ao biodiesel conforme previsto na lei, como foi explicado no parágrafo anterior.

Um fato que deve ser ressaltado é a impossibilidade de se fazer uma análise de correlação entre a produção de biodiesel e a de diesel, devido à inexistência de uma série histórica. Os dados existentes são somente referentes aos anos a partir de 2005, não permitindo uma análise mais precisa.

A segunda etapa da previsão foi identificar a série histórica de vendas de diesel. Optou-se por fazer a previsão de demanda por biodiesel em função das vendas de diesel. A Figura 5.14 ilustra a série histórica de consumo de diesel, que será utilizada como base para a realização da previsão de necessidade de biodiesel.

Na Figura 5.14, pode-se observar a sazonalidade, com queda nas vendas sempre nos meses iniciais do ano e aumento da demanda nos meses finais do ano. Outro fato observado é a tendência de crescimento nas vendas de diesel, mesmo que de forma mais discreta.

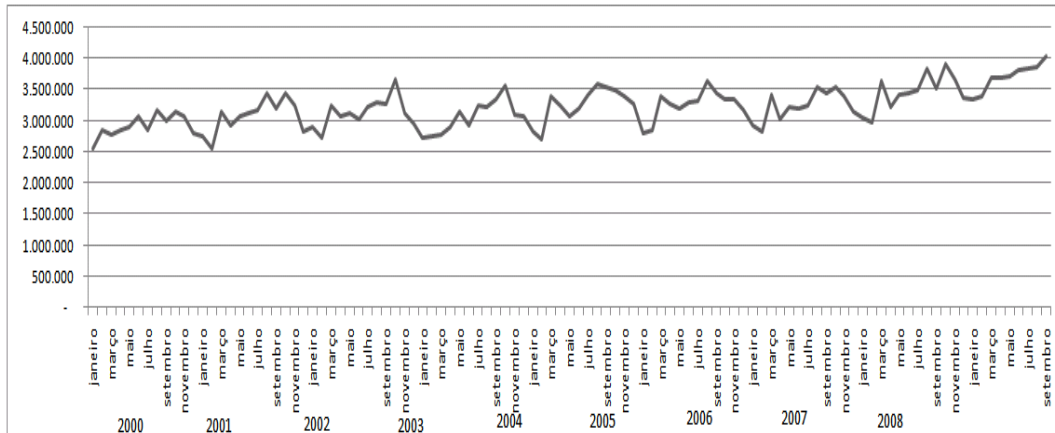


Figura 5.14: Série histórica de vendas de diesel.

Fonte: Adaptado de ANP, 2008.

O terceiro passo foi a elaboração do modelo de previsão não-paramétrico. Este modelo contempla a sazonalidade e a tendência. Por este modelo, obtém-se uma reta de regressão linear para expressar a tendência dos dados e fazer a estimativa futura. Sobre estes dados são colocados os coeficientes de sazonalidade do período respectivo.

Inicialmente, foram definidos os ciclos dos dados, que estão relacionados com a sazonalidade. Cada ciclo deve possuir um comportamento parecido dos dados. Para o caso analisado, constatou-se que o ciclo coincide com a escala de tempo anual, o que pode ser ilustrado pelo comportamento dos dados na Figura 5.15.

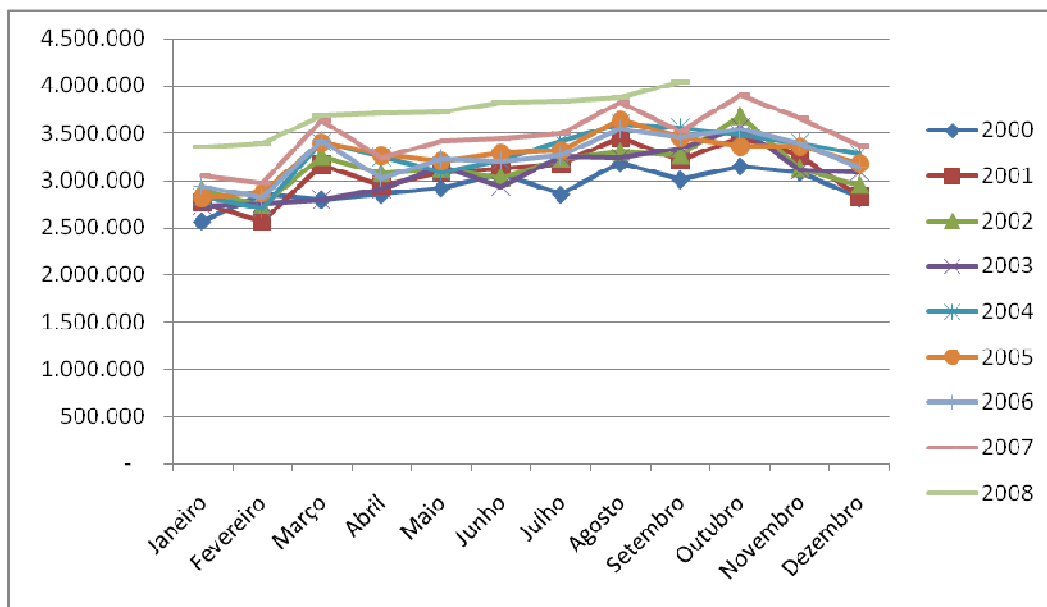


Figura 5.15: Identificação dos ciclos.

Sendo o ciclo composto por um número par, com o centro dos dados no meio de um período, primeiro, calcula-se a média móvel centrada no meio dos períodos ($MMC_{1/2}$).

No estudo de caso, a média móvel centrada está localizada entre os meses de junho e julho e esta média é dada pela média dos seis períodos anteriores (janeiro a junho) e dos seis períodos posteriores (julho a dezembro). Esta média deve ser calculada para cada uma das intercalações, como ilustra a Tabela 5.6 e a equação (5.1). O passo seguinte é a obtenção da média destas intercalações, que vai resultar na média móvel centrada do período, ilustrada na equação (5.2).

$$MMC_{1/2} = \frac{(Produção\ real_{jan} + Produção\ real_{fev} + \dots + Produção\ real_{dez})}{12} \quad (5.1)$$

$$MMC = \frac{(MMC_{1/2\text{anterior}}) + (MMC_{1/2\text{posterior}})}{2} \quad (5.2)$$

A próxima etapa consiste na obtenção dos índices de sazonalidade no período, dada pela equação 5.3.

$$IS_{período} = \frac{MMC_{período}}{Produção\ real_{período}} \quad (5.3)$$

Tabela 5.6: Obtenção do índices de sazonalidade por mês

Anos	Mezes	Produção Real	Média Móvel Centrada no meio do período	Média Móvel Centrada	Índice de Sazonalidade	
2000	Janeiro	2.562.815			0,115312248	
	Fevereiro	2.851.462			0,106164426	
	Março	2.795.766			0,130321693	
	Abril	2.850.548			0,12028355	
	Maior	2.917.606			0,125248059	
	Junho	3.073.554			0,126605798	
	Julho	2.852.406	2.929.272	2.937.476	0,971039779	
	Agosto	3.182.950	2.945.680	2.933.619	1,084990788	
	Setembro	3.010.823	2.921.558	2.936.960	1,025149349	
	Outubro	3.150.900	2.952.363	2.956.162	1,06587517	
	Novembro	3.086.337	2.959.961	2.966.859	1,040290939	
	Dezembro	2.816.039	2.973.757	2.975.881	0,946287444	
			2.978.004			
2001	Janeiro	2.759.716		2.991.569	0,922497985	
	Fevereiro	2.561.987	3.005.134	3.016.532	0,849315408	
	Março	3.165.428	3.027.930	3.036.168	1,042573542	
	Abril	2.941.729	3.044.405	3.057.077	0,962268399	
	Maior	3.083.161	3.063.750	3.077.055	1,001984475	
	Junho	3.124.514	3.084.360	3.084.884	1,012846381	
	Julho	3.177.964	3.085.409	3.100.213	1,025079196	
	Agosto	3.456.504	3.115.017	3.142.668	1,099862893	
	Setembro	3.208.521	3.170.320	3.170.592	1,011962862	

O índice de sazonalidade médio mensal é dado pela média dos índices de sazonalidade de cada mês dos anos da série histórica. Assim, para cada período (mês), obteve-se um índice de sazonalidade. A Tabela 5.7 ilustra os índices de sazonalidade obtidos em cada período do ano.

Tabela 5.7: Índices de Sazonalidade por mês

Período	IS ₁	IS ₂	IS ₃	IS ₄	IS ₅	IS ₆	IS ₇	IS ₈	IS ₉	IS ₁₀	IS ₁₁	IS ₁₂
Índice de Sazonalidade	0,90	0,87	1,02	0,97	0,99	0,99	1,02	1,08	1,16	1,09	1,02	0,95

Com o índice de sazonalidade calculado, é necessário encontrar uma equação que represente a tendência de crescimento ou decréscimo da série histórica. A equação é obtida aproximando-se a evolução dos dados como uma reta, que foi representada pela equação linear (5.4). Com a equação identificada, o índice de

sazonalidade é multiplicado, a fim de se encontrar o valor estimado da demanda por biodiesel.

$$Y = 4982,63 x + 291614$$

(5.4)

Esta equação representa a tendência de evolução dos dados, retirada a sazonalidade do período. Com a equação de tendência e os índices de sazonalidade dos períodos, é possível realizar a previsão de vendas de diesel para os anos subseqüentes.

5.4 Análise dos resultados do modelo de previsão

Com o modelo de previsão de demanda de diesel, foram calculados os valores de demanda por biodiesel até o ano de 2020, conforme Figura 5.16. Essa estimativa foi elaborada em função dos níveis de mistura de biodiesel ao diesel. Para a realização da previsão, foram utilizadas situações hipotéticas de fornecimento, com a adição de 5%, 10%, 15% e 20% de biodiesel ao diesel vendido no Brasil. Todos estes dados são ilustrados na Figura 5.20, em metros cúbicos.

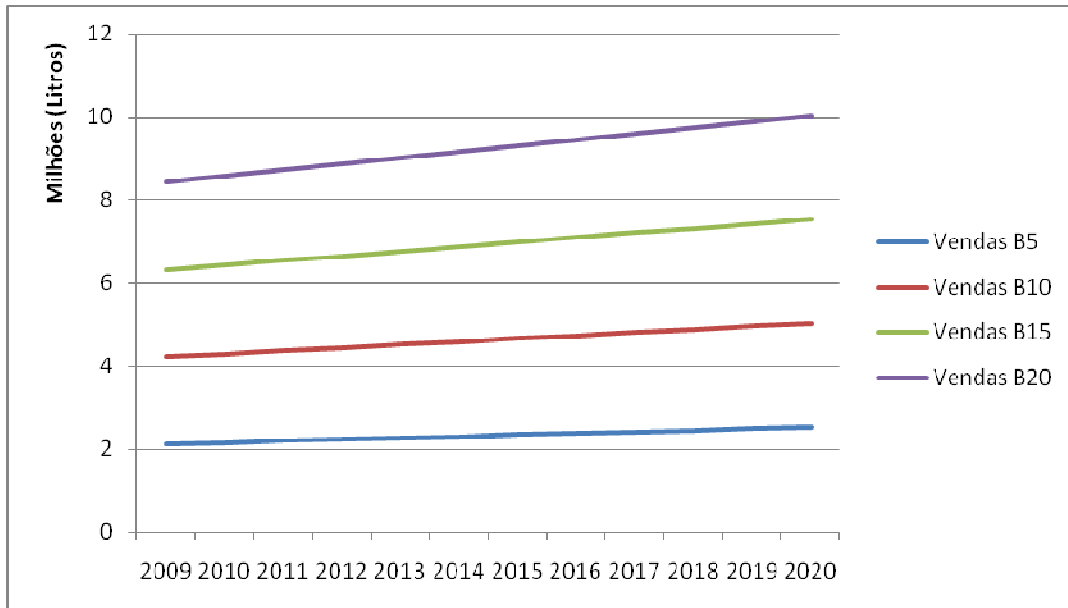


Figura 5.16: Previsão de demanda por biodiesel.

Pelo gráfico da Figura 5.16, pode-se observar que a demanda por biodiesel varia bastante em função do percentual da mistura. Assim, existem dois cenários extremos:

um primeiro, que é a adoção de 20% de biodiesel ao diesel, o que demandaria a produção de 10 bilhões de litros até 2020.

No cenário mais brando, que prevê a adição de somente 5% de biodiesel ao diesel, existe uma demanda até 2012 de, aproximadamente, 2,3 bilhões de litros.

Considerando a demanda de biodiesel por região, observa-se que a concentração das vendas de diesel se dá nas regiões Sudeste e Sul (juntas, são responsáveis por quase 70% das vendas de diesel), o que se explica pelo seu desenvolvimento e pela quantidade de indústrias instaladas em relação ao restante do país. Este fato está ilustrado no gráfico da Figura 5.17.

Pelo que foi exposto, o grande mercado está concentrado na região Sudeste. Porém, um estudo que deve ser realizado é quanto irá custar transportar o biodiesel excedente nas demais regiões para essas que possuem um maior consumo.

Vale ainda ser ressaltado que o transporte do biodiesel é mais interessante se realizado na forma pura, pois a produção de diesel está concentrada na região Sudeste, não tendo sentido o transporte de diesel de uma localidade para outra na forma de mistura com biodiesel.

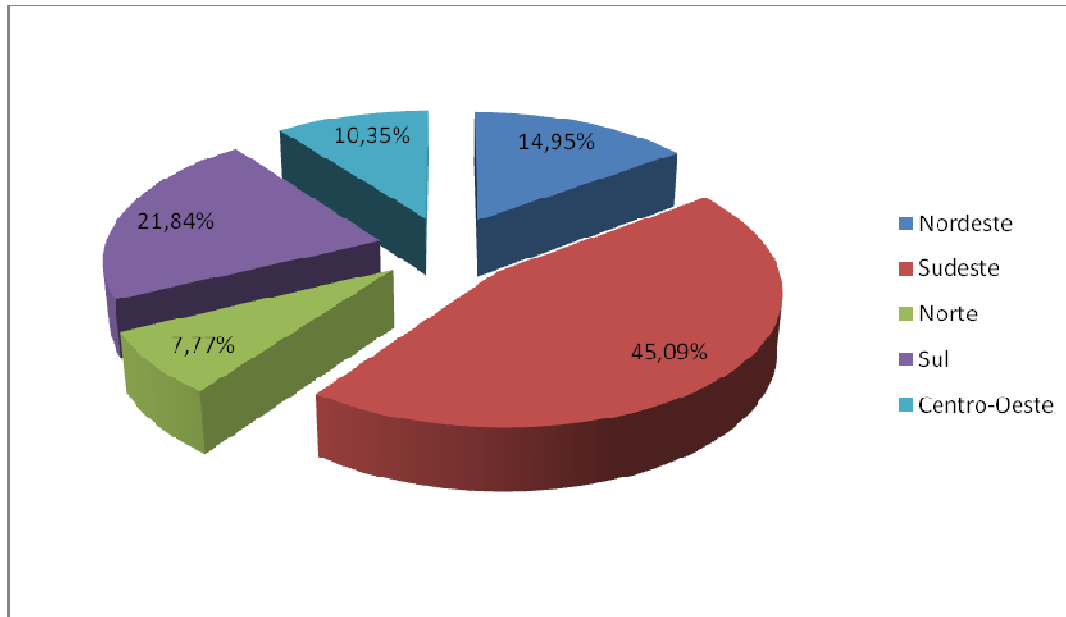


Figura 5.17: Demanda por diesel por região

Assim, dependendo da disponibilidade de matéria-prima, o país tem capacidade de responder por uma demanda de B10 (mistura de 10% de biodiesel ao diesel), com

uma folga bastante confortável, podendo-se pensar inclusive na exportação de parte deste combustível produzido até 2020.

Essa análise, porém, não é satisfatória, pois existem discrepâncias nesta cadeia que devem ser analisadas. Assim, é necessário que cada fornecedor seja avaliado, de forma individualizada, para saber se o mesmo está de acordo com os quesitos impostos pelas diretrizes de certificação e competitividade.

Essa avaliação individual deve envolver, além dos fornecedores, fatores econômicos para viabilizar a produção dessa cadeia.

CAPÍTULO 6

MODELO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES E OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE NA CPB

6.1 Modelo de seleção de fornecedores

Inicialmente, foram identificados os fatores de competitividade para a cadeia produtiva do biodiesel e seus fatores de certificação. De acordo com a revisão da bibliografia, foi elaborada uma lista de construtos, que nortearam o modelo de avaliação proposto. Esses construtos estão listados abaixo:

- Competitividade em cadeias produtivas;
- Sustentabilidade ambiental do negócio;
- Sustentabilidade social do negócio;
- Produtividade, confiabilidade e custos; e
- Transporte e seus custos.

Com base nesses dados, foi elaborada uma estrutura arborescente para auxiliar o agrupamento destes fatores de acordo com a sua correlação qualitativa. A Figura 6.1 ilustra a estrutura obtida. Os quesitos avaliados foram obtidos com base em conversas com especialistas e gestores da área. Alguns itens foram deixados de fora por não terem sido encontradas associações diretas para a mensuração. Utilizou-se também a pesquisa bibliográfica.

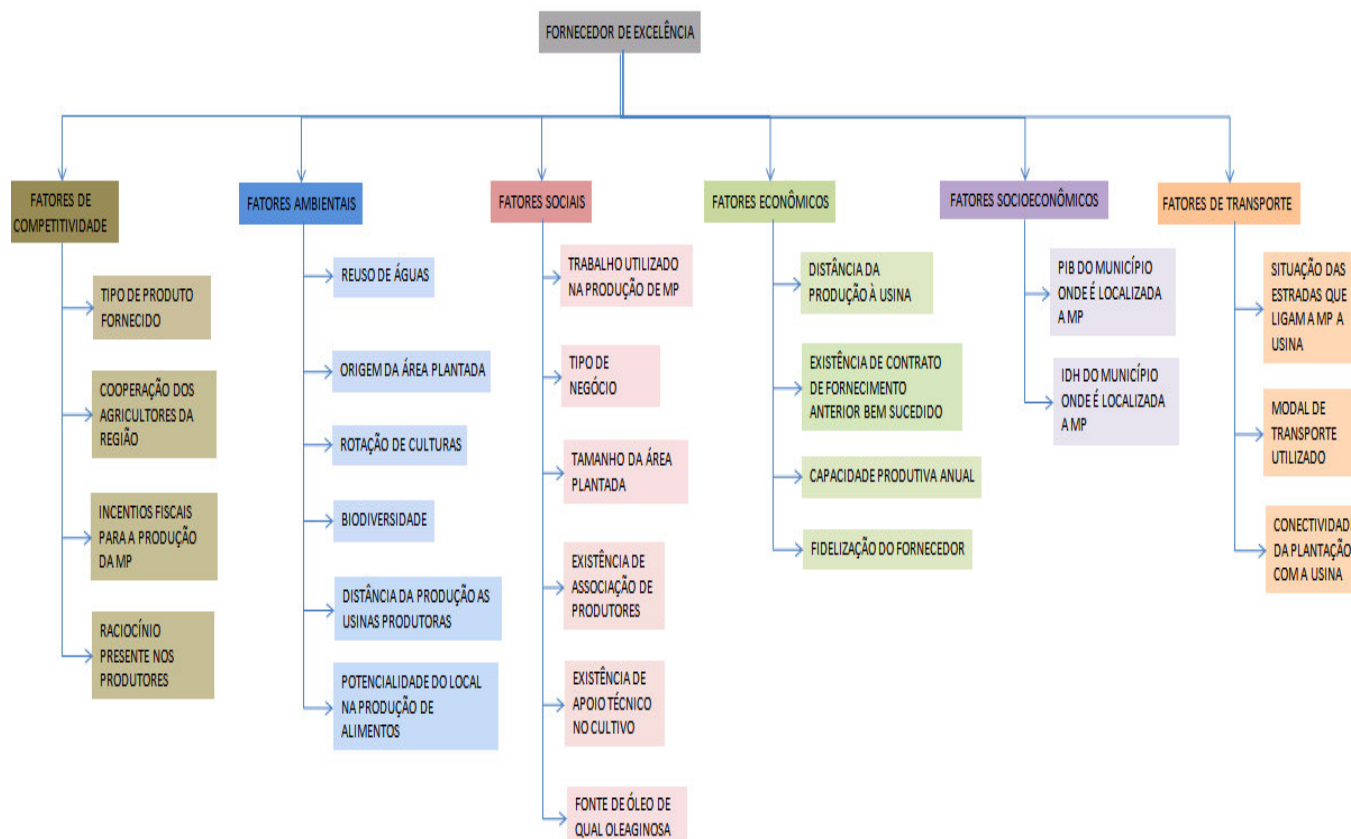


Figura 6.1: Estrutura arborescente para a tomada de decisão.

Pela Figura 6.1, constata-se a existência de seis fatores para análise do fornecedor, que agrupam características desejáveis tanto para a competitividade da cadeia, como para a adequação aos princípios de certificação elaborados no mundo.

Para a avaliação dos fornecedores para as usinas de biodiesel, optou-se pela utilização do modelo SMARTER por ser de fácil implantação e manuseio, o que torna a usabilidade deste modelo no setor produtivo mais simples. Também, por não haver parâmetros suficientes para a definição dos pesos w_i de cada ferramenta e cada grupo de fatores avaliado, para evitar erros de modelagem e elicitação por parte dos gestores, que não conhecem, em muitos casos, as diretrizes de certificação e competitividade. Esta decisão foi tomada pelo fato deste modelo trazer uma visão inovadora de avaliação de fornecedores, ficando difícil a avaliação por parte do mercado, tendo em vista o desconhecimento dos fatores analisados pelo mundo.

A primeira etapa do modelo consiste na construção de uma tabela de avaliação de conseqüências, que podem ser imensuráveis, como as características do tipo de produto fornecido ou grandezas mensuráveis, como o Índice de Desenvolvimento

Humano (IDH) e o Produto Interno Bruto (PIB) do município. Nesta etapa, analogamente ao modelo MACBETH, são definidos os níveis de impacto de cada uma das alternativas.

O primeiro grupo de fatores engloba as características de competitividade desejáveis para a CPB. Foram identificadas quatro características principais que os fornecedores devem possuir. Para cada uma dessas características, foram definidos níveis de impacto, o que é ilustrado na Figura 6.2.

Existem características que possuem três níveis de impacto e outras que possuem dois. A divisão dos níveis de impacto foi realizada através da técnica intervalar média.

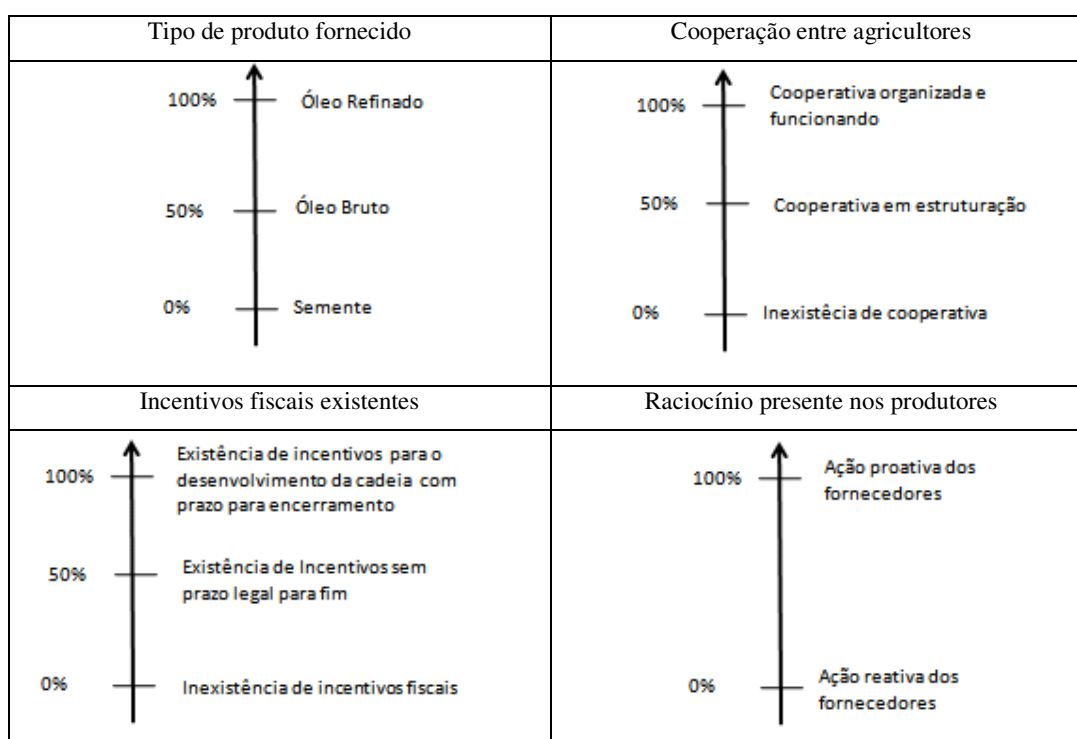


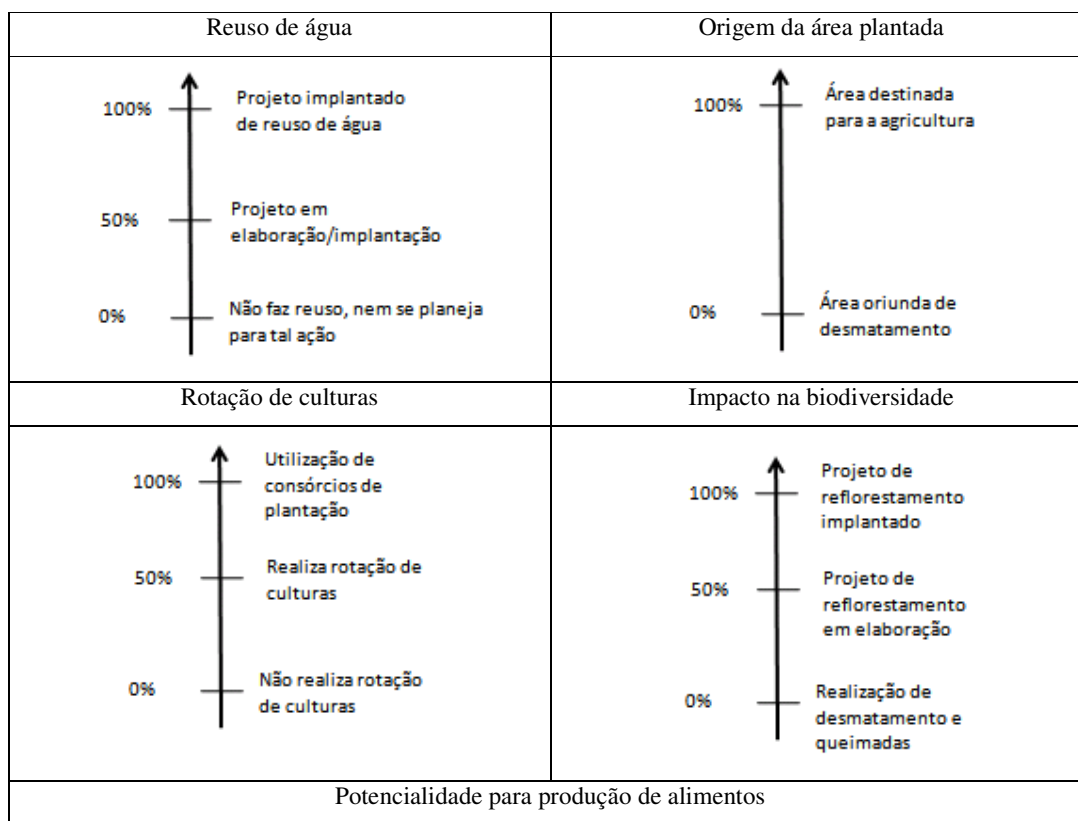
Figura 6.2: Níveis de impacto dos fatores de competitividade.

A primeira característica é o tipo de produto fornecido pelo fornecedor. Neste caso, do ponto de vista da usina, é mais interessante receber o óleo vegetal refinado. Além de ser mais importante, os elos anteriores têm maior possibilidade de agregação de valor ao seu produto, melhorando a qualidade de vida dos agricultores, requisito imposto pelas diretrizes de certificação. A segunda característica é a existência ou não de uma cooperativa organizada. Isto se faz necessário para dar uma maior confiabilidade ao sistema de fornecimento, além de facilitar o desenvolvimento da agricultura familiar. Existe ainda a questão da existência ou não de incentivos fiscais. É

interessante que existam incentivos fiscais, mas eles devem possuir um prazo de vigência, para que a cadeia não fique dependente destes incentivos. Isso pode minar o seu desenvolvimento. Por último, tem-se a característica de raciocínio. Neste caso, uma análise mais qualitativa visa identificar qual a postura do fornecedor, se ele busca a solução para os problemas do seu elo ou, simplesmente, espera ações governamentais para alcançar esta solução. Fornecedores mais ativos são mais confiáveis no fornecimento e para a manutenção da competitividade da cadeia.

No segundo grupo de fatores, foram avaliados os fatores ambientais, que são um dos requisitos para futura certificação da cadeia de valor do biodiesel. Neste ponto, procura-se avaliar o impacto ambiental causado pela produção de matéria-prima dentro dos ecossistemas. Para tanto, foram identificadas cinco características para formar este fator, de acordo com as diretrizes internacionais observadas.

Para cada uma destas características, foram definidos níveis de impacto, ilustrados na Figura 6.3.



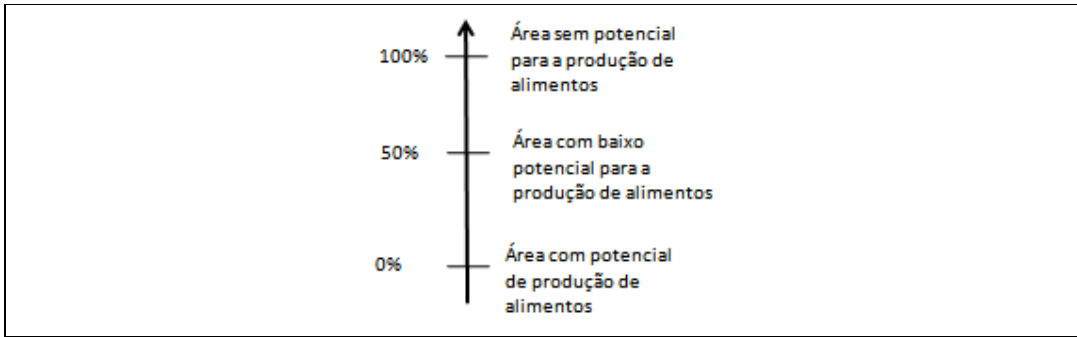


Figura 6.3: Níveis de impacto dos fatores ambientais.

A primeira característica visa identificar a preocupação do fornecedor quanto ao reuso de águas, uma das diretrizes definidas pelos países europeus. Outra característica é a origem da área plantada, que deve observar o zoneamento da Embrapa para a identificação das áreas passíveis de serem cultivadas, sem haver desmatamento. Outro ponto é se o fornecedor realiza ou não a rotação de culturas. Esta preocupação visa identificar se há a preocupação ou não com o desgaste do solo e projetos de reflorestamento. Ainda foi contemplada a característica de potencialidade da área para a produção de alimentos, evitando áreas que podem ser utilizadas para esse fim, buscando diminuir o impacto da produção dos biocombustíveis na segurança alimentar.

O terceiro grupo de fatores engloba os fatores sociais, avaliando o impacto da produção de MP para a sociedade. Estas características buscam identificar os benefícios da produção da MP para a sociedade, observando o impacto na qualidade de vida do entorno das plantações. Este também é um quesito constatado quando se fala na certificação da cadeia de valor do biodiesel. A Figura 6.4 ilustra os níveis de impacto destes fatores.

Trabalho utilizado na produção de MP	Tipo de negócio
<p>100% ↑ Trabalhadores são proprietários das plantações</p> <p>50% Trabalhadores participam dos lucros da produção</p> <p>0% Utilização de mão-de-obra escrava ou em condições subhumanas</p>	<p>100% ↑ Agricultura familiar (selo social)</p> <p>0% Agronegócio</p>

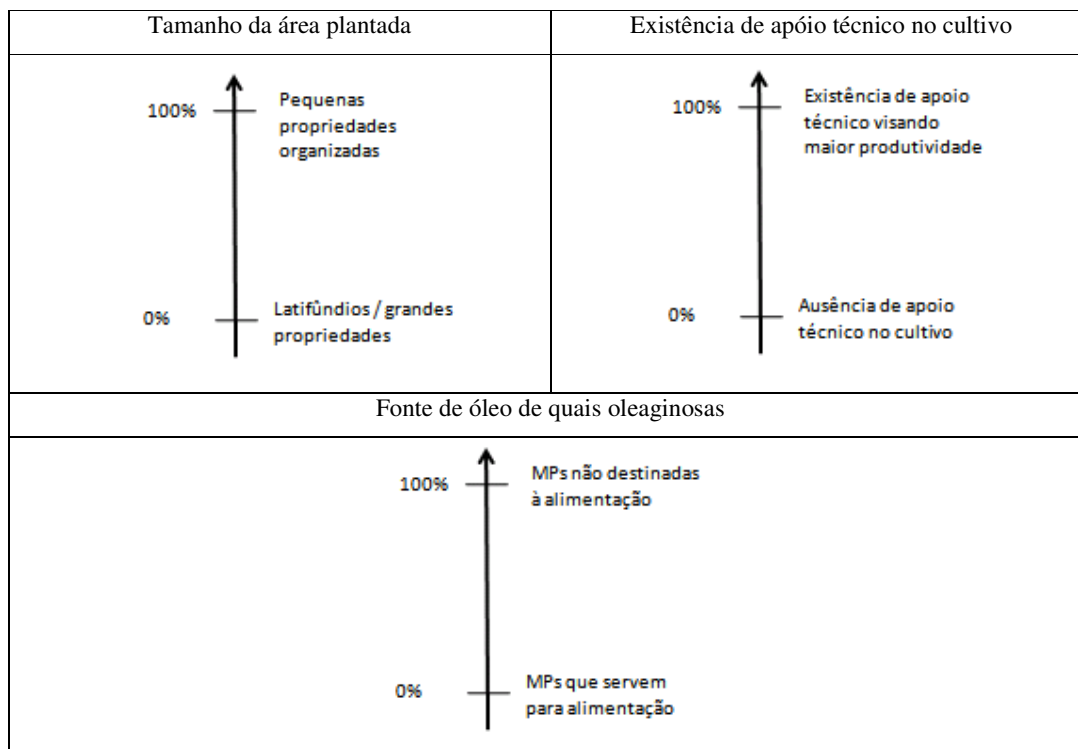


Figura 6.4: Níveis de impacto dos fatores sociais.

Essas características identificam o quanto a produção das matérias-primas trazem o desenvolvimento social nos elos anteriores. Busca-se avaliar se existe ou não trabalho escravo, se trata de agricultura familiar ou não, qual o tamanho das áreas, identificação da existência de apoio técnico no cultivo e se a MP serve ou não como fonte de alimentação.

O quarto grupo de fatores engloba os fatores econômicos, visando privilegiar matérias-primas com menor custo econômico no transporte. Observam-se também características quanto à confiabilidade do fornecimento, para evitar a falta de MP nesta cadeia produtiva. A Figura 6.5 ilustra os possíveis níveis de impacto das características englobadas no fator econômico.

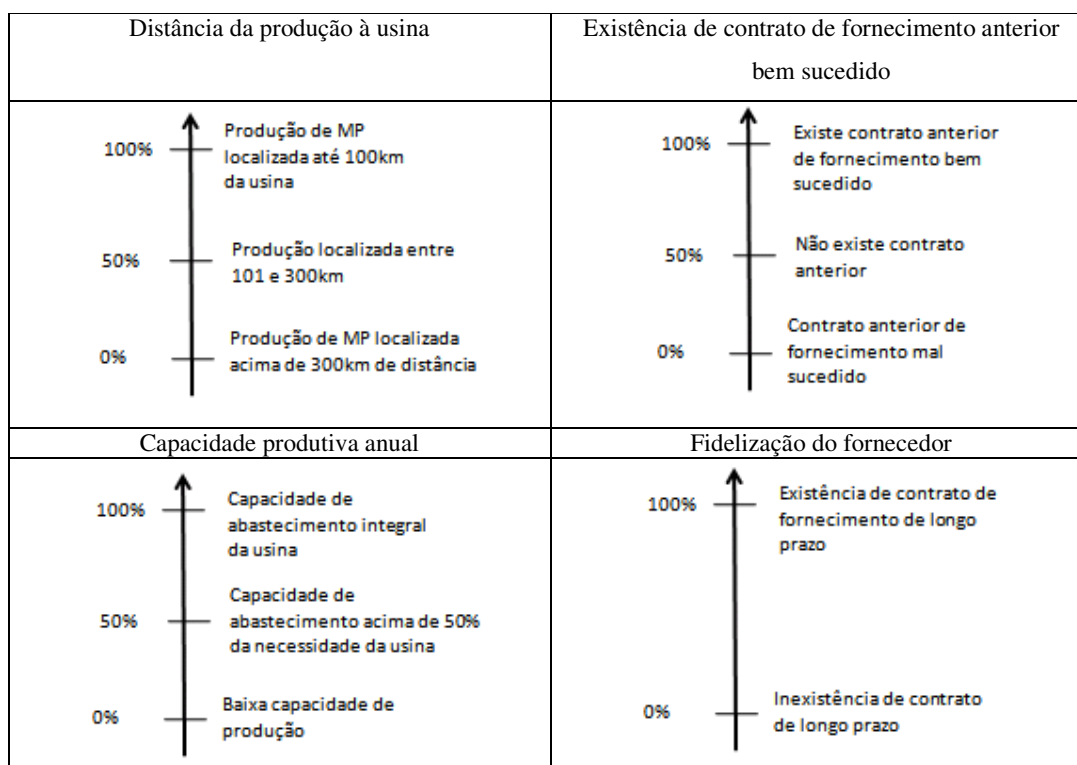


Figura 6.5: Níveis de impacto dos fatores econômicos.

O fator econômico se reporta às variáveis que visam à produtividade da cadeia e aos custos envolvidos no transporte. Busca-se identificar os fornecedores mais confiáveis (grande problema de falta de MP), qual a sua capacidade de fornecimento e qual a distância deles até as unidades produtoras de biodiesel.

O quinto grupo de fatores engloba os fatores socioeconômicos, visando priorizar plantações localizadas em municípios pobres, porém, que possuam maior índice de desenvolvimento humano. Essa escolha foi feita devido se pensar que sejam preferíveis municípios que invistam no seu desenvolvimento humano e social, porém, que não tenham alto poder aquisitivo.

Este fator também busca a consonância com os critérios de inclusão social e aumento da qualidade de vida da população no entorno, que são requisito para a certificação da cadeia de valor do biodiesel. A Figura 6.6 ilustra os níveis de impacto das características agrupadas neste fator.

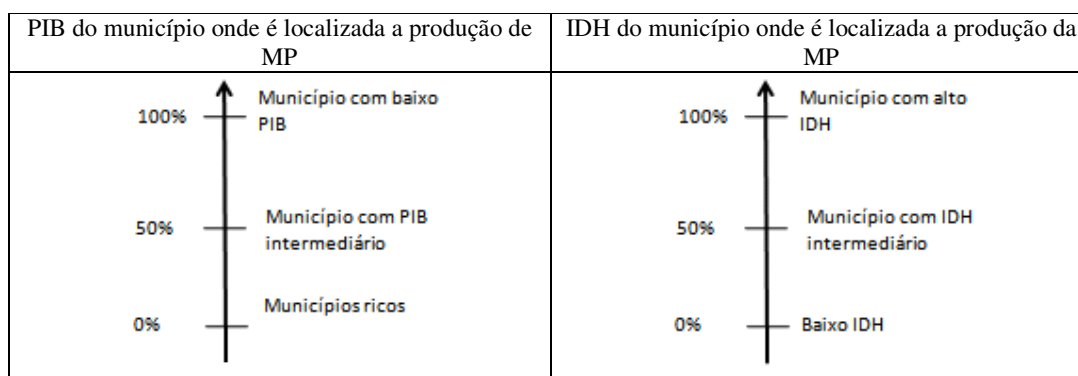


Figura 6.6: Níveis de impacto dos fatores socioeconômicos.

Estas características ainda não foram definidas, mas o interessante é que municípios com alto índice de desenvolvimento humano e considerados “pobres” sejam privilegiados, a fim de promover o desenvolvimento destes municípios e privilegiar os que buscam o desenvolvimento de sua população.

Por último, existe o fator de transporte, que engloba características quanto à conectividade e situação da ligação entre as fontes de matéria-prima até as usinas de destino das mesmas. Busca-se selecionar os modais com menor custo de transporte, a melhor infra-estrutura disponível e a conectividade entre as localidades produtoras e consumidoras. A Figura 6.7 ilustra os níveis de impacto destas características.

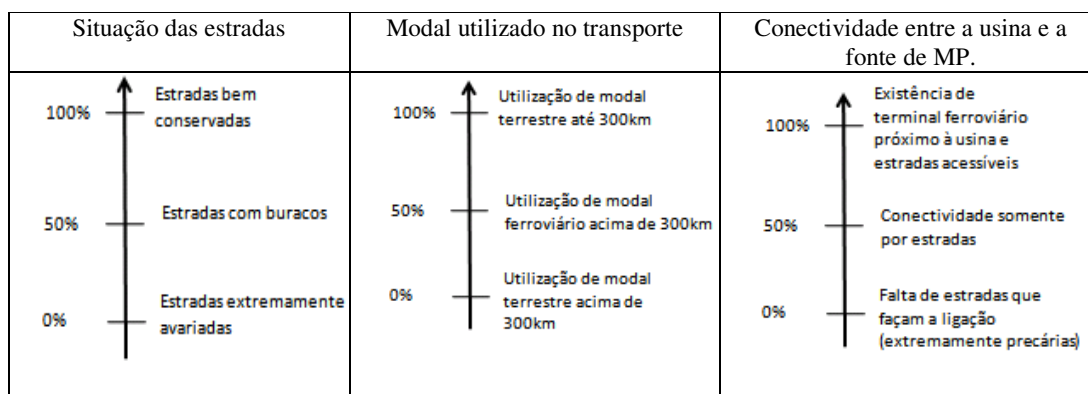


Figura 6.7: Níveis de impacto do fator transporte.

A segunda etapa do modelo SMARTER é observar a existência de alguma variável controlada por outra. Nesse caso, na construção do modelo, já houve esta preocupação, a fim de se evitar esta etapa. Existe, porém, a possibilidade de haver a dependência entre os fatores socioeconômicos, mas estas características não serão retiradas por sua importância no estudo.

A terceira etapa consiste no ordenamento dos critérios por ordem de preferência. Para a definição dos pesos, constata-se a inexistência de informações quantitativas para o ordenamento das importâncias. Assim, foi escolhida a metodologia ROC (*Rank-order centroid*) para o ordenamento e atribuição dos pesos respectivos.

Esta etapa foi realizada em duas fases em que, na primeira, foram ordenados os pesos por fator e, em seguida, ordenados os seus pesos.

No modelo ROC, o primeiro passo é a definição da ordem de importância de cada característica em cada um dos fatores levantados. Vale ser ressaltado que o peso dessas características deve somar 100%.

Assim, foram elaborados os pesos para cada característica. Para o primeiro fator, chamado de competitividade, foi adotado a seguinte ordem de importância das características dentro do fator:

PRODUTO FORNECIDO > EXISTÊNCIA DE COOPERAÇÃO > INCENTIVOS FISCAIS > RACIOCÍNIO PRODUTORES

Com base nesta ordem de preferência, foram adotados pesos relativos a cada característica dentro deste fator, ilustrado na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Pesos referentes ao fator competitividade.

Característica	Formulação utilizada	Peso encontrado
Produto fornecido	$w_1 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^{i=4} \frac{1}{i}$	52,08%
Existência de cooperação	$w_2 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=2}^{i=4} \frac{1}{i}$	27,08%
Incentivos fiscais	$w_3 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=3}^{i=4} \frac{1}{i}$	14,58%
Raciocínio produtores	$w_4 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=4}^{i=4} \frac{1}{i}$	6,25%

No segundo fator, a ordem de preferência é dada a seguir:

POTENCIALIDADE PROD. ALIM. > ROT. CULTURA > REUSO DE ÁGUA > BIODIVERSIDADE > ORIGEM TERRA

A adoção desta ordem de importância foi atribuída segundo a opinião de especialistas consultados e com base em pesquisas bibliográficas.

Com base nesta ordem de preferência, foram adotados os pesos relativos a cada característica dentro deste fator, ilustrado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2: Pesos referentes ao fator ambiental.

Característica	Formulação utilizada	Peso encontrado
Potencialidade para produção de alimentos	$w_1 = 1/5 \cdot \sum_{i=1}^{i=5} 1/i$	45,67%
Rotação de cultura	$w_2 = 1/5 \cdot \sum_{i=2}^{i=5} 1/i$	25,67%
Reuso de águas	$w_3 = 1/5 \cdot \sum_{i=3}^{i=5} 1/i$	15,67%
Impacto na biodiversidade	$w_4 = 1/5 \cdot \sum_{i=4}^{i=5} 1/i$	9,00%
Origem da terra	$w_5 = 1/5 \cdot \sum_{i=5}^{i=5} 1/i$	4,00%

No terceiro fator, a ordem de preferência é dada a seguir:

TIPO DE NEGÓCIO > MÃO-DE-OBRA UTILIZADA > EXISTÊNCIA DE APOIO TÉCNICO > TAMANHO DA ÁREA > TIPO DE OLEAGINOSA

A adoção desta ordem de importância foi atribuída segundo impressões pessoais de visitas realizadas e estudos.

Com base nesta ordem de preferência, foram adotados os pesos relativos a cada característica dentro deste fator, ilustrado na Tabela 6.3.

Tabela 6.3: Pesos referentes ao fator social.

Característica	Formulação utilizada	Peso encontrado
Tipo de Negócio	$w_1 = 1/5 \cdot \sum_{i=1}^{i=5} 1/i$	45,67%
Mão-de-obra utilizada	$w_2 = 1/5 \cdot \sum_{i=2}^{i=5} 1/i$	25,67%
Existência de apoio técnico	$w_3 = 1/5 \cdot \sum_{i=3}^{i=5} 1/i$	15,67%
Tamanho da área plantada	$w_4 = 1/5 \cdot \sum_{i=4}^{i=5} 1/i$	9,00%

Tipo de oleaginosa	$w_5 = \frac{1}{5} \cdot \sum_{i=5} \frac{1}{i}$	4,00%
--------------------	--	-------

No quarto fator, o econômico, a ordem de preferência é dada a seguir:

FIDELIZAÇÃO DO PRODUTOR > EXISTÊNCIA DE CONTRATO ANTERIOR > CAPACIDADE PRODUTIVA > DISTÂNCIA ATÉ A USINA

Para a definição desta ordem de preferência, buscou-se priorizar um fornecimento constante, pois foi observado que muitas usinas estão paradas por falta de matéria-prima para a produção. A Tabela 6.4 ilustra os valores obtidos para os pesos.

Tabela 6.4: Pesos referentes ao fator econômico.

Característica	Formulação utilizada	Peso encontrado
Fidelização do produtor	$w_1 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^4 \frac{1}{i}$	52,08%
Existência de contrato anterior	$w_2 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=2}^4 \frac{1}{i}$	27,08%
Capacidade produtiva	$w_3 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=3}^4 \frac{1}{i}$	14,58%
Distância até a usina	$w_4 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=4}^4 \frac{1}{i}$	6,25%

No quinto fator, o socioeconômico, buscou-se priorizar os produtores localizados em municípios com maior índice de desenvolvimento humano, pois o mesmo ilustra a qualidade de vida da população, critério mais importante para certificação.

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO > PRODUTO INTERNO BRUTO DO MUNICÍPIO

Assim, com esta ordem estabelecida, foram calculados os pesos para estas duas características, ilustrado na Tabela 6.5.

Tabela 6.5: Pesos referentes ao fator socioeconômico.

Característica	Formulação utilizada	Peso encontrado
IDH município	$w1 = 1/2 \cdot \sum_{i=1}^{i=2} 1/i$	75,00%
PIB município	$w2 = 1/2 \cdot \sum_{i=2}^{i=2} 1/i$	25,00%

Por último, observa-se o sexto fator, o fator transporte, onde se buscou priorizar os modais que, em teoria, possuem um menor custo.

MODAL UTILIZADO NO TRANSPORTE > CONECTIVIDADE DO MUNICÍPIO > SITUAÇÃO DAS ESTRADAS

Assim, com esta ordem estabelecida, foram calculados os pesos para estas três características, ilustrado na Tabela 6.6.

Tabela 6.6: Pesos referentes ao fator transporte.

Característica	Formulação utilizada	Peso encontrado
Modal utilizado no transporte	$w1 = 1/3 \cdot \sum_{i=1}^{i=3} 1/i$	61,11%
Conectividade do município	$w2 = 1/3 \cdot \sum_{i=2}^{i=3} 1/i$	27,78%
Situação das estradas	$w3 = 1/3 \cdot \sum_{i=3}^{i=3} 1/i$	11,11%

Como foi descrito anteriormente, esta etapa do modelo foi realizada em duas partes, onde a primeira encontra os pesos referentes às características em cada uma dos fatores e, a segunda, define os pesos referentes a cada uma dos fatores. Para tanto, também se utilizou a metodologia ROC para a definição destes pesos.

Para a definição da ordem de importância de cada um dos fatores, foram levados em consideração alguns pressupostos:

- Constatou-se que várias usinas estão trabalhando abaixo de sua capacidade produtiva ou não estão operando. Por este motivo, adotou-se o fator mais importante como o econômico, por contemplar a confiabilidade de fornecimento para a cadeia;
- O segundo fator mais importante é a competitividade, que define a viabilidade futura da cadeia;

- O terceiro fator mais importante é o fator ambiental por considerar os impactos no ambiente e a segurança alimentar, elemento crítico em toda bibliografia consultada;
- O quarto fator mais importante é o fator social, por ser um elemento vital nas normas de certificação existentes;
- O quinto fator é o transporte, visando uma maior eficiência do mesmo;
- Por último, observa-se o fator socioeconômico, que complementa a análise do ponto de vista macro.

Assim, estabeleceu-se a ordem de preferência dos fatores para seleção dos fornecedores para a cadeia produtiva do biodiesel, ilustrado abaixo.

FATOR ECONÔMICO > FATOR COMPETITIVIDADE > FATOR AMBIENTAL > FATOR SOCIAL > FATOR TRANSPORTE > FATOR SOCIOECONÔMICO

Assim, com esta ordem estabelecida, foram calculados os pesos para estas três características, ilustrado na Tabela 6.7.

Tabela 6.7: Pesos referentes fatores para seleção de fornecedores.

Característica	Formulação utilizada	Peso encontrado
Fator Econômico	$w_1 = 1/6 \cdot \sum_{i=1}^{i=6} 1/i$	40,83%
Fator Competitividade	$w_2 = 1/6 \cdot \sum_{i=2}^{i=6} 1/i$	24,17%
Fator Ambiental	$w_3 = 1/6 \cdot \sum_{i=3}^{i=6} 1/i$	15,83%
Fator Social	$w_4 = 1/6 \cdot \sum_{i=4}^{i=6} 1/i$	10,28%
Fator Transporte	$w_5 = 1/6 \cdot \sum_{i=5}^{i=6} 1/i$	6,11%
Fator Socioeconômico	$w_6 = 1/6 \cdot \sum_{i=6}^{i=6} 1/i$	2,78%

Com os pesos obtidos para cada característica e para cada fator de avaliação, o passo seguinte é a elaboração da fórmula de agregação aditiva. Para a agregação aditiva, tomam-se as seguintes definições:

- C_{ij} = característica i, no fator j;
- W_{ij} = peso da característica i no fator j;

Com estas duas definições, estabelece-se a avaliação dos fornecedores segundo a Equação 6.1:

$$\sum_i \sum_j C_{ij} \cdot W_{ij}$$

(6.1)

Para a avaliação global do fornecedor, é necessário colocar ainda a ponderação de cada fator. Para tanto, seguem as definições abaixo:

- F_j = Fator de índice j;
- W_j = Peso do fator F com índice j;

Assim, para uma avaliação global, observa-se a equação abaixo:

$$W_i = \sum_{j=1}^n F_j \cdot W_j \cdot \left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k C_{ij} \cdot W_{ij} \right)$$

(6.2)

Onde W_i = avaliação do fornecedor, n = número de fatores e k = número de características por fator.

O modelo apresenta características que avaliam os fornecedores segundo critérios de certificação e competitividade. A sua grande restrição é a adoção dos pesos sem a opinião empresarial, pois os mesmos ainda não trabalham com essa consciência.

Logo, foi elaborado o modelo que prioriza os fornecedores de cada uma das usinas, embasando-se em fatores de certificação. Porém, somente estes fatores não são suficientes para definir o sucesso deste negócio. Assim, foram levados em consideração também os fatores de competitividade desta cadeia.

O modelo proposto é capaz de avaliar os fornecedores conforme o gráfico da Figura 6.8, que ilustra um exemplo.

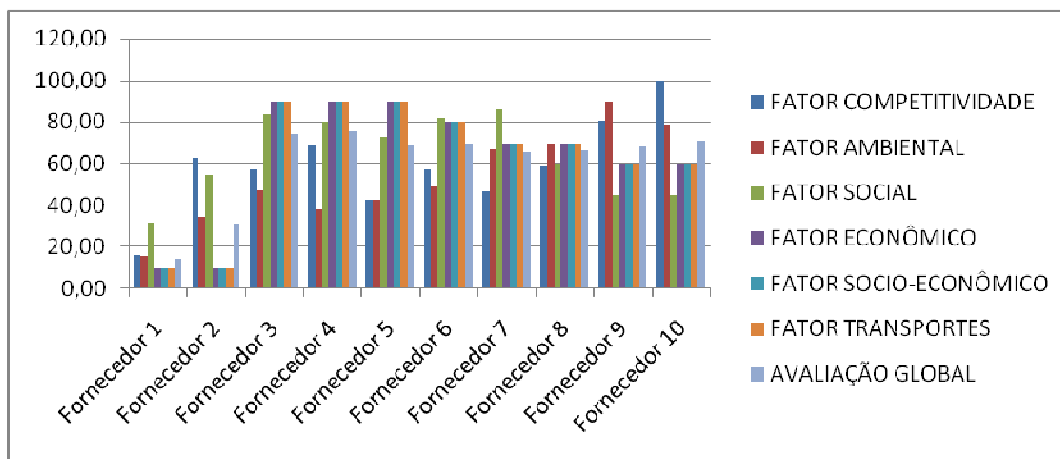


Figura 6.8: Exemplo de Avaliação fornecida

Pela Figura 6.8, os fornecedores são avaliados segundo seis fatores. Cada um destes fatores possui um nível de importância, dado pelo modelo SMARTER. Neste caso, buscou-se colocar como mais importante o fator econômico, dado ele ser, atualmente, considerado como mais importante na conjuntura nacional e ainda não ser permitido a exportação deste tipo de combustível para o mercado internacional.

Existe ainda uma avaliação global fornecida por este modelo, em que cada um destes fatores possui um peso específico. Vale ser ressaltado que a definição da ordem de importância foi definida com base em visitas realizadas e impressões acerca desta cadeia, devido às empresas ainda não apresentarem este tipo de preocupação.

A Tabela 6.8 ilustra o desempenho dos fornecedores hipotéticos. Por esta tabela, pode-se observar que o primeiro fornecedor é o que possui pior desempenho e o quarto é o melhor avaliado.

Tabela 6.8: Exemplo de Avaliação fornecida

FORNECEDORES	NOTA OBTIDA
FORNECEDOR 1	14,60
FORNECEDOR 2	31,23
FORNECEDOR 3	74,65
FORNECEDOR 4	75,58
FORNECEDOR 5	69,26
FORNECEDOR 6	69,81
FORNECEDOR 7	65,61
FORNECEDOR 8	66,36
FORNECEDOR 9	68,24
FORNECEDOR 10	71,09

Por este modelo, a avaliação global serve como um peso positivo, um redutor de custo “virtual”, que visa beneficiar fornecedores que seguem diretrizes de certificação e competitividade.

Com o modelo de avaliação de fornecedores, proposto acima, a próxima etapa consiste na proposição de um modelo de otimização que considera o raciocínio anterior.

6.2 Modelo de Otimização

A presente etapa do trabalho tem por objetivo a apresentação da modelagem matemática utilizada para a realização da otimização dentro da cadeia produtiva do biodiesel. Este modelo tem por foco a usina produtora, por ser entendido que a mesma é responsável pela governança desta cadeia.

A Figura 6.9 ilustra a estruturação do problema para a otimização do sistema e o Quadro 6.1 traz a descrição das variáveis do modelo.

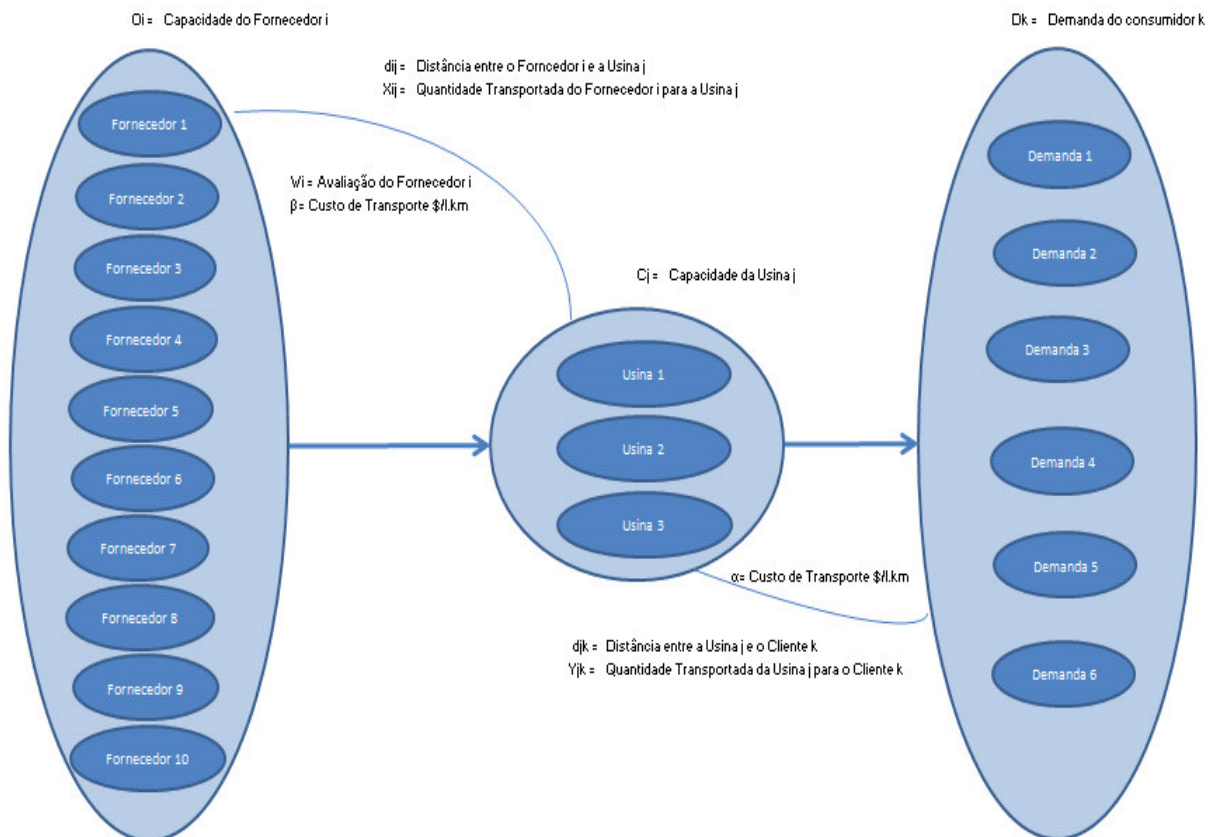


Figura 6.9: Estruturação do Problema.

Variável	Nomenclatura	Tipo
Distância entre o fornecedor e a usina	d_{ij}	Parâmetro
Quantidade de óleo transportado entre fornecedor e usina	X_{ij}	Variável de Decisão
Capacidade do fornecedor	O_i	Parâmetro
Custo associado ao transporte	β	Parâmetro
Capacidade da usina	C_j	Parâmetro
Demanda do cliente	D_k	Parâmetro
Custo do transporte de biodiesel	α	Parâmetro
Avaliação obtida pelo fornecedor	W_i	Parâmetro
Distância entre a usina e o cliente	d_{jk}	Parâmetro
Quantidade transportada de biodiesel entre a usina e o cliente	Y_{jk}	Variável de Decisão
Valor de imposição do selo social	Δ	Parâmetro

Quadro 6.1: Descrição das Variáveis do Modelo

Pela Figura 6.9, observa-se a existência de fornecedores de matéria-prima (MP). Associados aos mesmos, existe uma distância d_{ij} entre o fornecedor e a usina produtora de biodiesel e uma variável X_{ij} , que ilustra a quantidade de MP transportada entre o fornecedor i e a usina j . Cada fornecedor i possui uma capacidade O_i de fornecimento definida. Existe ainda um valor de custo associado ao transporte expresso em \$/l.km, chamado de β .

Por parte do elo que contém as usinas, existe um parâmetro associada a elas, que é a sua capacidade produtiva, expressa por C_j .

Por último, constata-se a existência do elo que representa a demanda por biodiesel. Neste caso, a demanda do cliente k é ilustrada pelo parâmetro D_k . Existe ainda uma distância associada entre a Usina j e o Cliente k (d_{jk}) e a quantidade transportada entre a Usina j e o Cliente k (y_{jk}). Por último, existe o custo de transporte entre estes dois elos como sendo α , expresso por \$/l.km.

Com este esquema preparado, foram elaborados dois modelos diferentes, o primeiro, sem levar em consideração a restrição imposta pelo governo, através do selo social, e outro que a considera. Os dois modelos serão apresentados nos tópicos a seguir.

6.2.1 Modelo sem a imposição do selo social

O objetivo deste modelo é procurar uma solução para a minimização dos custos de transportes na cadeia principal de produção de biodiesel.

$$FO = \min \sum_i \sum_j X_{ij} \cdot d_{ij} \cdot \frac{\beta}{W_i} + \sum_j \sum_k Y_{jk} \cdot d_{jk} \cdot \alpha \quad (6.3)$$

$$\sum_j X_{ij} \leq O_i \quad \forall i \quad (6.4)$$

$$\sum_i X_{ij} \leq C_j \quad \forall j \quad (6.5)$$

$$\sum_k Y_{jk} \leq \sum_i X_{ij} \quad \forall j \quad (6.6)$$

$$\sum_j Y_{jk} \geq D_k \quad \forall k \quad (6.7)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad e \quad Y_{jk} \geq 0 \quad (6.8)$$

A Equação 6.3 ilustra esta função, chamada de função objetivo (FO).

Pela equação 6.3, a função objetivo do problema é a minimização do custo e está associada às distâncias entre fornecedores e usinas e entre as usinas e os clientes. A estas distâncias está associado um custo de transporte \$/l.km e a quantidade transportada entre cada fornecedor e a usina (x_{ij}), e entre a usina e o cliente (y_{jk}). O objetivo deste modelo é encontrar as relações de transporte que ofereçam o menor custo total de transporte entre os fornecedores, usinas e clientes.

Porém, existem algumas restrições a serem obedecidas no modelo. A primeira restrição diz que o somatório da quantidade transportada de MP, oriunda de cada fornecedor i para todas as usinas, deve ser inferior ou igual à disponibilidade de MP do mesmo (O_i), conforme a Equação 6.4.

Outra restrição definida no modelo diz que a quantidade total transportada de MP dos fornecedores para a usina j deve ser igual ou inferior à sua capacidade produtiva (C_j). Isso foi adotado devido ao risco de oxidação que o óleo possui quando é armazenado, tornando-se inviável para a produção de biodiesel. A Equação 6.5 ilustra este fato.

Em seguida, foram definidas algumas restrições na parte da cadeia entre as usinas e os clientes. A primeira se baseia no pressuposto de que uma quantidade x de

óleo produz a mesma quantidade de biodiesel. Isso implica que o somatório da quantidade de biodiesel transportada de cada usina j para as diferentes demandas deve igual ou menor à quantidade de óleo vegetal transportada dos fornecedores para a respectiva usina j , como ilustrado na Equação 6.6.

Foi definido ainda que o somatório da quantidade de biodiesel transportado das usinas para a demanda k deve ser maior ou igual à essa demanda. Esta restrição é ilustrada pela Equação 6.7.

Valem destacar as restrições que dizem respeito às quantidades transportadas entre os fornecedores e as usinas e entre as usinas e os clientes, que devem ser maiores ou iguais a zero, ilustradas nas restrições 6.8.

O modelo utilizado está demonstrado no Anexo B – Modelo 1. O próximo tópico mostra a formulação do modelo, levando em consideração a imposição do governo.

6.2.2 Modelo com a imposição do selo social

Para a formatação deste modelo, segundo esta nova restrição imposta, o selo social, a variável “X” foi desmembrada em duas variáveis: X_{i1j} e X_{i2j} . Esta dissociação está relacionada com esta política de governo, onde o fator 1 indica agricultura familiar e, o fator 2, outro tipo de negócio.

Do mesmo modo, o objetivo do modelo é o estabelecimento de uma estrutura de fornecimento e distribuição que vise a um custo total mínimo na estrutura de transporte. Este objetivo é ilustrado na Equação 6.9.

$$FO = \min \sum_j \left[\sum_{i1} X_{i1j} \cdot \frac{a_{i1j}}{W_{i1}} + \sum_{i2} X_{i2j} \cdot \frac{a_{i2j}}{W_{i2}} \right] \cdot \beta + \sum_j \sum_k Y_{jk} \cdot d_{jk} \cdot \alpha \quad (6.9)$$

$$\sum_j X_{i1j} \leq O_{i1} \quad \forall i1 \quad (6.10)$$

$$\sum_j X_{i2j} \leq O_{i2} \quad \forall i2 \quad (6.11)$$

$$\sum_{i1} X_{i1j} + \sum_{i2} X_{i2j} \leq C_j \quad \forall j \quad (6.12)$$

$$\sum_{i1} X_{i1j} \geq \Delta \cdot (\sum_{i1} X_{i1j} + \sum_{i2} X_{i2j}) \quad \forall j \quad (6.13)$$

$$\sum_k Y_{jk} \leq \sum_{i1} X_{i1j} + \sum_{i2} X_{i2j} \quad \forall j \quad (6.14)$$

$$\sum_j Y_{jk} \geq D_k \quad \forall k \quad (6.15)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad e \quad Y_{jk} \geq 0 \quad (6.16)$$

Neste caso, W_{i1} e W_{i2} são as avaliações obtidas pelos fornecedores. Analogamente ao modelo anterior, este está sujeito a algumas restrições. Inicialmente, o somatório da quantidade de MP, oriunda de agricultura familiar (AF) transportada de cada fornecedor para as usinas, deve ser menor/igual à disponibilidade de MP da mesma, de acordo com a Equação 6.10.

Como para a MP oriunda da AF, segue a mesma restrição para a MP advinda de outros tipos de negócio. A Equação 6.11 retrata esta restrição.

A próxima restrição trabalha com o transporte de MP até a capacidade produtiva da usina, onde o somatório da quantidade de MP transportada (advinda da AF) e o somatório da quantidade de MP (advinda do agronegócio) entre os fornecedores e a usina j deve ser inferior à sua capacidade, pelos motivos explicados anteriormente, ilustrado na Equação 6.12. Pela imposição do governo quanto ao selo social, foi apresentada a equação 6.13, em que, pelo menos, 30% da MP comprada pelas usinas dos seus fornecedores deve ser oriunda da AF.

Por último, observa-se o grupo de restrições por parte da demanda, o que é caracterizado, analogamente, ao modelo anterior (Equações 6.14 e 6.15).

Vale ainda serem destacadas as restrições que dizem que as quantidades transportadas entre os fornecedores e as usinas e entre as usinas e os clientes devem ser maiores ou iguais a zero, ilustrados nas restrições 6.16.

Para ambos os modelos, valem as seguintes pressuposições:

- A quantidade ofertada de MP deve ser maior ou igual à demanda por biodiesel, ilustrado na Equação 6.17.

$$\sum_i O_i \geq \sum_k D_k$$

(6.17)

- A demanda por biodiesel deve ser inferior ou igual à capacidade instalada, ilustrado na Equação 6.18.

$$\sum_k D_k \leq \sum_j C_j$$

(6.18)

O modelo utilizado está demonstrado no Anexo B. Com a formulação matemática, a etapa seguinte consiste na implementação desta modelagem, que foi realizada no Lingo 8.0. O próximo tópico descreve como esta etapa foi realizada.

Para a elaboração do modelo, considerou-se o custo de transporte de MP e biodiesel como sendo R\$0,0002825 por litro por quilômetro. Este dado foi considerado com base no modelo de custos fornecido pela TRC (2009). Vale ressaltar que estes valores variam de acordo com a distância. Para fim de simplificação, adotou-se um valor médio para que fossem comparados os modelos sob a ótica de certificação e competitividade. A tabela de onde este custo foi obtido está disponível no Anexo A.

6.3 Dados utilizados nos modelos

Para a avaliação do modelo proposto, foram pesquisados alguns dados de disponibilidade de MP, capacidades das usinas cearenses, as distâncias envolvidas e uma estimativa de custos de transportes.

A Tabela 6.9 ilustra as disponibilidades de MP identificadas na região. Esses dados são hipotéticos, onde foram associados valores de oferta de MP dos maiores produtores de MP do estado do Ceará.

Tabela 6.9: Capacidade de fornecimento de MP (Litro).

FORNECEDOR	MUNICÍPIO LOCALIZADO	CAPACIDADE DE FORNECIMENTO	TIPO DE NEGÓCIO	AF	AGRO
FORNECEDOR 1	Boa Viagem	10000000	AF	10000000	0
FORNECEDOR 2	Itaira	50000000	AGRO	0	50000000
FORNECEDOR 3	Parambu	20000000	AF	20000000	0
FORNECEDOR 4	Pedra Branca	30000000	AGRO	0	30000000
FORNECEDOR 5	Crateús	20000000	AF	20000000	0
FORNECEDOR 6	Canindé	10000000	AF	10000000	0
FORNECEDOR 7	Mauriti	40000000	AGRO	0	40000000
FORNECEDOR 8	Catunda	50000000	AF	50000000	0
FORNECEDOR 9	Tauá	10000000	AGRO	0	10000000
FORNECEDOR 10	Independência	20000000	AGRO	0	20000000
Total:		260000000		110000000	150000000

Para a Tabela 6.9, observa-se que o agronegócio possui uma capacidade de fornecimento de 58% de toda a MP disponível, e a agricultura familiar um potencial de fornecimento de 42% da oferta.

Para a composição do modelo, utilizou-se as capacidades produtivas das usinas no Estado do Ceará para visualizar a eficácia do modelo proposto. A Tabela 6.10 ilustra as capacidades adotadas. Pressupõe-se, neste caso, que as demandas das usinas são atendidas pela oferta de MP.

Tabela 6.10: Capacidade Produtiva Hipotética

USINA	CAPACIDADE PRODUTIVA (l)
USINA 1	57000000
USINA 2	108000000
USINA 3	7000000
USINA 4	7000000
TOTAL:	179000000

Fazendo uma associação da capacidade produtiva das usinas com a disponibilidade de MP, observa-se que a agricultura familiar possui uma capacidade de fornecimento para as usinas que supre 61,45% da demanda das usinas e o agronegócio tem capacidade de fornecer 83,80% da capacidade estimada das usinas estudadas.

Assim, o modelo proposto encontra solução viável apenas para uma quantidade máxima de MP da agricultura familiar e de agronegócio, exposto acima.

As distâncias dos fornecedores para as usinas são reais (Tabela 6.11), entre os maiores produtores de mamona do Estado (municípios) e as usinas produtoras do Estado.

Tabela 6.11: Matriz de Distâncias (km)

FORNECEDOR /USINA (km)	USINA 1	USINA 2	USINA 3	USINA 4
Fornecedor 1	132,4	143,2	123,1	119,0
Fornecedor 2	227,2	144,6	217,9	213,8
Fornecedor 3	201,1	296,2	64,1	194,1
Fornecedor 4	113,0	129,1	103,7	79,0
Fornecedor 5	120,0	242,1	137,0	192,0
Fornecedor 6	233,8	98,0	224,5	220,4
Fornecedor 7	431,7	407,7	369,7	275,7
Fornecedor 8	95,0	251,0	232,0	287,0
Fornecedor 9	137,0	232,1	130,0	130,0
Fornecedor 10	45,0	197,1	111,7	147,0

Observa-se que, em sua maioria, pode-se considerar que a produção de mamona no Estado é advinda de agricultura familiar. Para a avaliação do modelo, porém, foi adotado que algumas dessas produções eram referentes à agricultura familiar e, outras, ao agronegócio.

Do ponto de vista de demanda, adotaram-se valores hipotéticos por entender que a demanda futura por biodiesel tende a ser mais fragmentada e não concentrada nas distribuidoras de combustível. A Tabela 6.12 traz as demandas hipotéticas utilizadas.

Tabela 6.12: Demandas Hipotéticas (litros)

Ponto de Demanda	Valor de demanda
Demanda 1	30000000
Demanda 2	27000000
Demanda 3	14000000
Demanda 4	18000000
Demanda 5	45000000
Demanda 6	45000000
Total:	179000000

As distâncias, neste caso, também são hipotéticas. Estas distâncias foram utilizadas devido à demanda futura por biodiesel tender a se fragmentar e não estar somente atrelada às distribuidoras de diesel. Esta determinação se justifica também por não ser o foco do modelo a distribuição, mas, sim, a parte de suprimentos. A Tabela 6.13 ilustra esta matriz.

Tabela 6.13: Distâncias Hipotéticas (km)

USINA/PONTO DE DEMANDA	Demanda 1	Demanda 2	Demanda 3	Demanda 4	Demanda 5	Demanda 6
USINA 1	200	500	300	400	600	100
USINA 2	200	150	350	100	50	130
USINA 3	300	500	200	30	50	200
USINA 4	100	500	600	1000	200	300

Estes dados foram utilizados para a elaboração dos cenários estudados, avaliando os impactos destas medidas no custo de transporte nesta cadeia de suprimentos.

CAPÍTULO 7

ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.1 Cenários Criados

Este tópico tem por objetivo fornecer uma breve descrição dos cenários analisados no presente estudo. A Tabela 7.1 ilustra as características dos cenários.

Tabela 7.1: Cenários Propostos

Cenário Proposto	Adoção de Selo Social	Presença da avaliação dos fornecedores
Cenário 1	Sem selo social	Sem avaliação dos fornecedores
Cenário 2	Sem selo social	Com avaliação dos fornecedores
Cenário 3	Com selo social (30%)	Sem avaliação dos fornecedores
Cenário 4	Com selo social (30%)	Com avaliação dos fornecedores
Cenário 5	Com selo social (40%)	Sem avaliação dos fornecedores
Cenário 6	Com selo social (40%)	Com avaliação dos fornecedores

O primeiro cenário elaborado trata da situação mais simples. Neste caso, não foi levada em consideração nenhuma imposição sob os aspectos de sustentabilidade e competitividade (parâmetro w_i), nem a imposição do selo social (parâmetro Δ).

Logo, a empresa pode comprar de quem quiser, sem nenhuma restrição. O único objetivo, neste caso, é a obtenção do menor custo possível. Assim, o modelo encontrou um custo mínimo de transporte, na parte de suprimentos, na ordem de R\$ 5.416.429,00. O custo de distribuição, neste caso, alcançou os R\$ 6.045.500,00. A Figura 7.1 ilustra os custos obtidos com este primeiro modelo. Neste caso, o custo do transporte por litro foi de R\$ 0,06403. O cálculo deste valor foi obtido dividindo-se o custo total e transporte pela quantidade transportada de biodiesel.

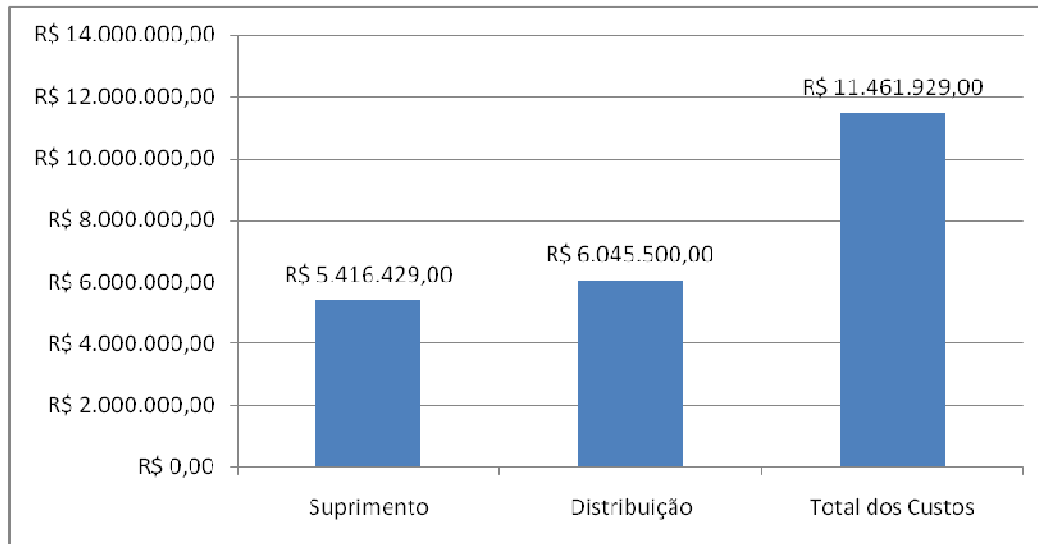


Figura 7.1: Custos Cenário 1

O segundo cenário considera a imposição dos critérios de certificação e competitividade. Neste segundo cenário também não foram consideradas as imposições do selo social. Observou-se que a adoção do modelo de avaliação representou uma mudança nos custos. Neste caso, o modelo encontrou um custo mínimo de transporte na parte de suprimentos, na ordem de R\$ 6.843.845,00. O custo de distribuição, neste caso, alcançou os R\$ 6.045.500,00, totalizando R\$ 12.889.345,00. A Figura 7.2 ilustra estes custos. Para esse cenário, o custo do transporte por litro foi de R\$ 0,07201.

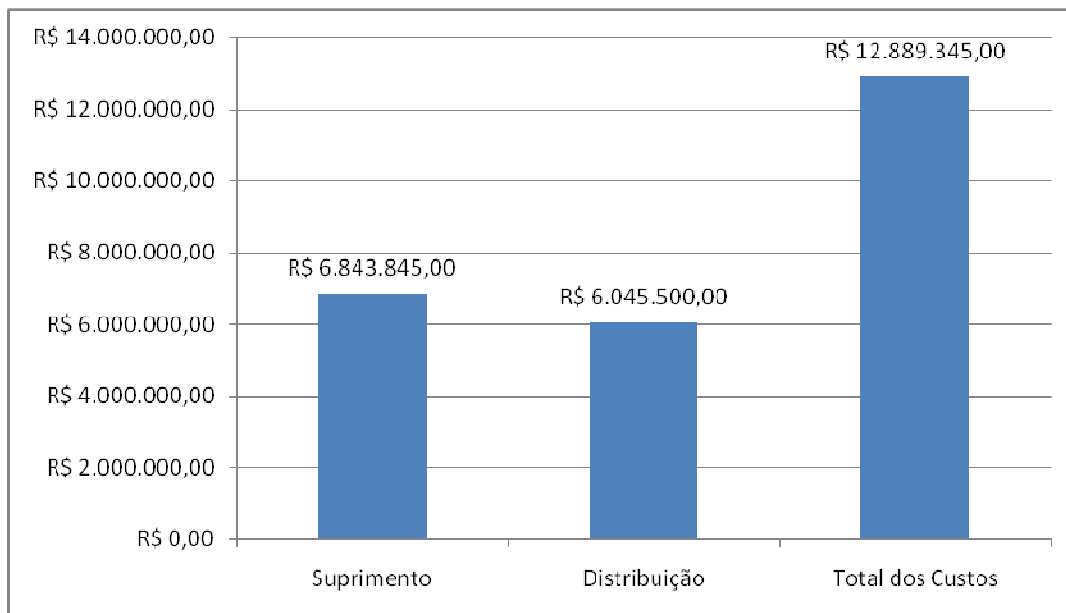


Figura 7.2: Custos Cenário 2

No terceiro cenário, o modelo englobou a imposição governamental do selo social (30% da MP advinda da agricultura familiar). Porém, neste modelo, não foram adotados os critérios de certificação e competitividade nesta cadeia. Assim, observou-se que o custo aumentou. Neste caso, o modelo obteve um custo mínimo de R\$ 12.155.551,25, onde R\$ 6.110.051,25 representa a parcela do custo de suprimentos e, R\$ 6.045.500,00, o custo de distribuição. Isto ilustra que os quesitos de certificação e competitividade possuem um impacto menor nos custos que quando se adota a imposição governamental do selo social, onde o custo por litro passa a ser R\$ 0,06791. A Figura 7.3 ilustra os custos obtidos no cenário 3. Neste caso, houve um incremento no custo de distribuição.

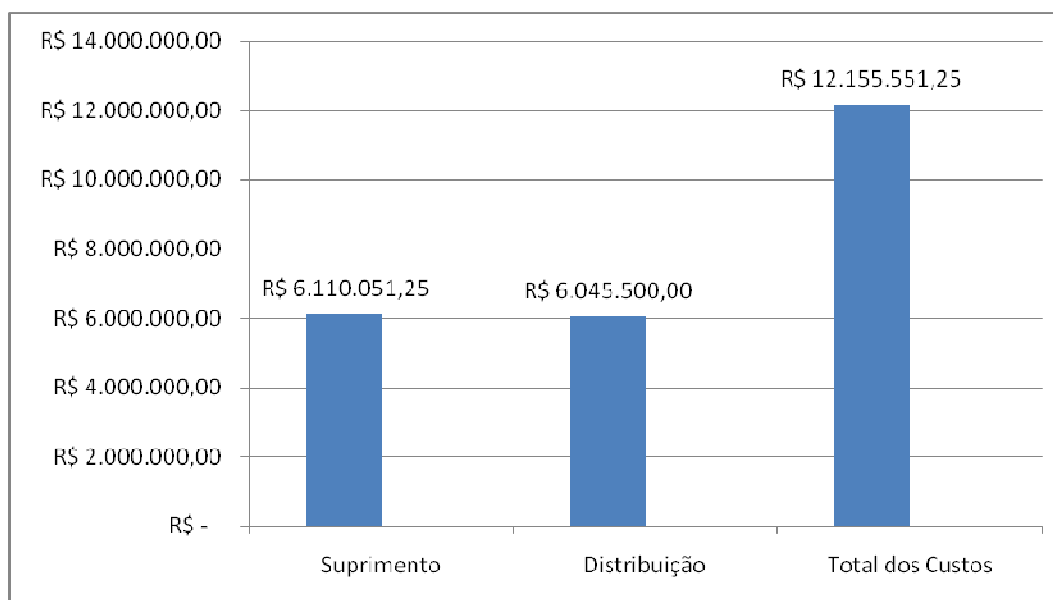


Figura 7.3: Custos Cenário 3

Uma análise realizada neste cenário é o percentual utilizado de MP advindo da agricultura familiar e do agronegócio. A Tabela 7.2 ilustra estes percentuais.

Tabela 7.2: Suprimentos no Cenário 3

	Total	AF	AGRO	% AF	%AGRO
Usina 1	57000000	37000000	20000000	64,91%	35,09%
Usina 2	108000000	32400000	75600000	30,00%	70,00%
Usina 3	7000000	7000000	0	100,00%	0,00%
Usina 4	7000000	2100000	4900000	30,00%	70,00%

Pela Tabela 7.2, pode-se observar que, das quatro usinas analisadas, duas delas só consomem o necessário de agricultura familiar. São elas Usina 2 e Usina 3. Assim, pode-se observar que estas usinas são as mais distantes do negócio familiar, justificando, assim, este percentual mínimo utilizado. Analisando as Usinas 1 e 3, pode-se constatar que as mesmas estão localizadas perto das zonas de agricultura familiar, justificando, assim, o fornecimento acima do estabelecido pelo governo. Do ponto de vista global, o cenário 3 apresentou um consumo de 44% de MP advindo da AF e 56% advinda do agronegócio.

O quarto cenário engloba a imposição governamental do selo social e os critérios de certificação e competitividade. Neste caso, também foi adotado o mesmo valor para o selo social ($\Delta = 30\%$).

A Figura 7.4 ilustra os resultados obtidos. Observa-se que o custo na cadeia de suprimentos é de R\$ 7.338.022,25 e o de suprimento vai para R\$ 6.045.500,00, totalizando R\$ 13.383.522,25.

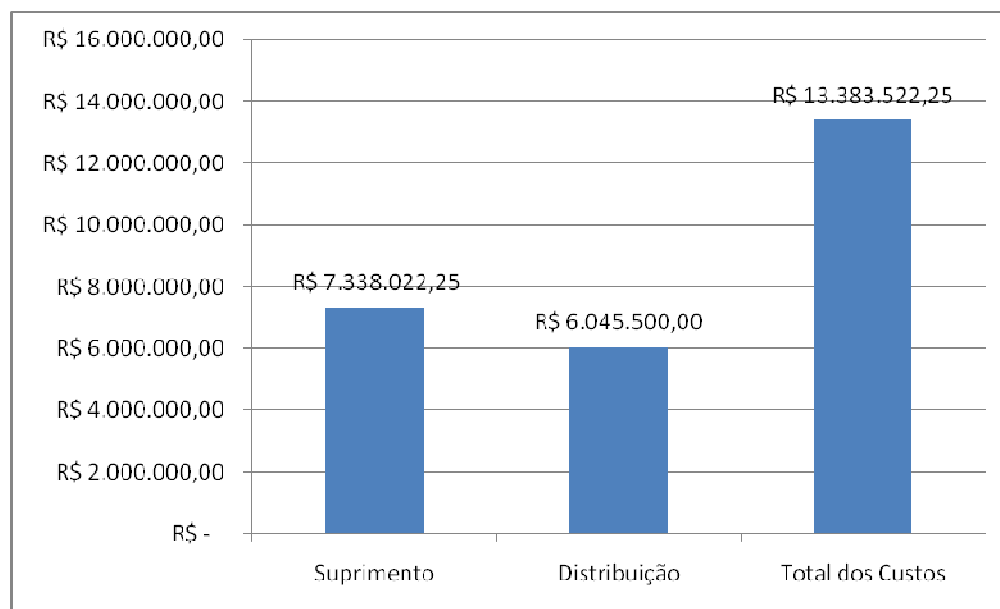


Figura 7.4: Custos Cenário 4

Do ponto de vista de fornecimento de MP advindo da agricultura familiar e do agronegócio, observa-se a Tabela 7.3. Por essa tabela, pode-se observar que o percentual advindo da agricultura familiar aumentou. Isso se deu devido às avaliações dos fornecedores de agricultura familiar possuírem uma avaliação melhor que a do agronegócio. Assim, a capacitação da agricultura familiar pode representar uma

vantagem competitiva para esses fornecedores. Nesse cenário, a situação de fornecimento é invertida, sendo que 56% da MP é oriunda da AF e 44% é oriunda do agronegócio.

Tabela 7.3: Suprimentos no Cenário 4

	Total	AF	AGRO	% AF	%AGRO
Usina 1	57000000	50000000	7000000	87,72%	12,28%
Usina 2	108000000	40900000	67100000	37,87%	62,13%
Usina 3	7000000	7000000	0	100,00%	0,00%
Usina 4	7000000	2100000	4900000	30,00%	70,00%

O quinto cenário contempla um maior percentual de MP advinda da agricultura familiar ($\Delta = 40\%$), porém, desconsidera os critérios de certificação e competitividade. Observa-se que o custo na cadeia de suprimentos passou para R\$ 6.431.496,70 e o de distribuição continua R\$ 6.045.500,00, totalizando R\$ 12.476.996,70. A Figura 7.5 ilustra este resultado obtido.

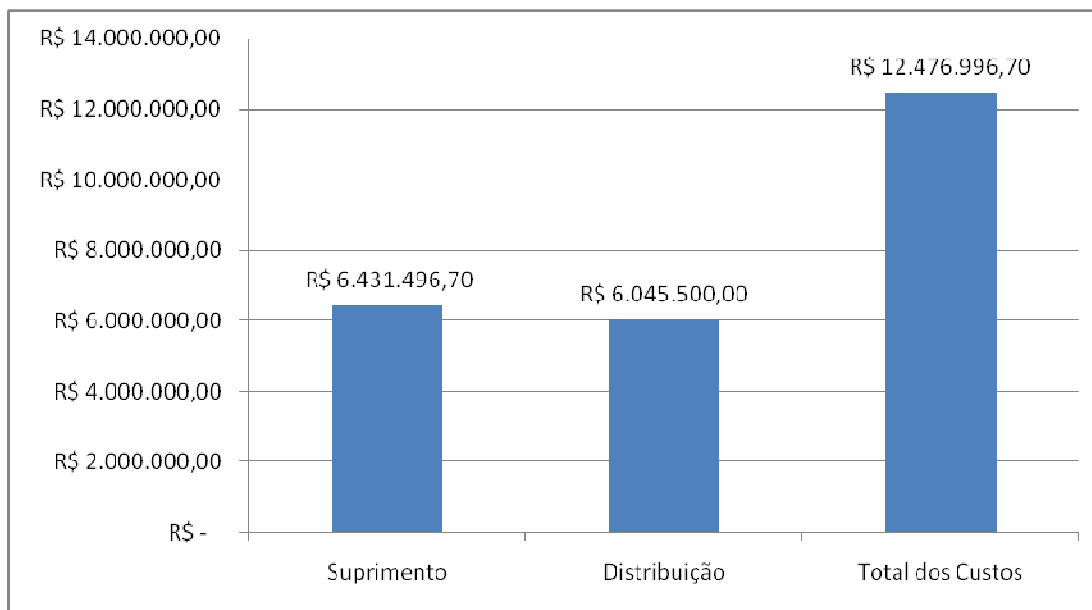


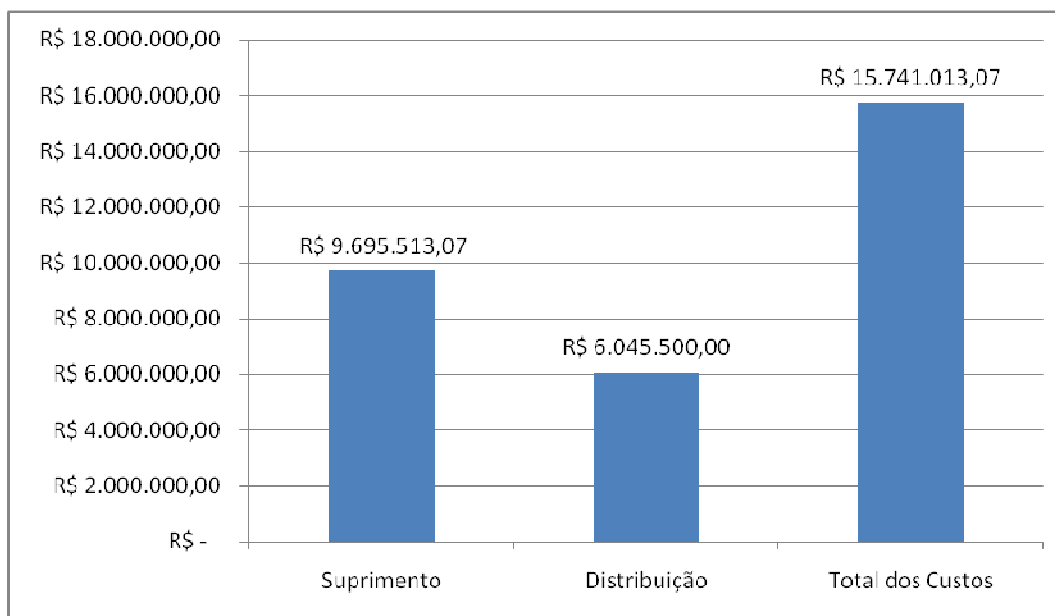
Figura 7.5: Custos Cenário 5

Do ponto de vista de fornecimento de MP advindo da agricultura familiar e do agronegócio, observa-se que, no quinto cenário, o percentual de MP advinda da AF tende a cair para 50% e o do agronegócio aumenta para 50%. Assim, pode-se inferir que o peso da avaliação dado aos fornecedores tem grande representatividade no modelo.

Tabela 7.4: Suprimentos no Cenário 5

	Total	AF	AGRO	% AF	%AGRO
Usina 1	37000000	37000000	0	100,00%	0,00%
Usina 2	108000000	43200000	64800000	40,00%	60,00%
Usina 3	7000000	7000000	0	100,00%	0,00%
Usina 4	7000000	2800000	4200000	40,00%	60,00%

Por último, existe o cenário 6, que contempla os critérios de certificação e competitividade e adota o valor de 40% para o selo social. Para este cenário, a mudança no custo já foi bem mais significativa. Observa-se que o custo na cadeia de suprimentos passou para R\$ 7.341.327,50 e o de distribuição de R\$ 6.045.500,00, totalizando R\$ 13.386.827,50 (Figura 7.6). Obteve-se um custo por litro de R\$ 0,07479.

**Figura 7.6:** Custos Cenário 6

Do ponto de vista de fornecimento de MP advindo da agricultura familiar e do agronegócio, observa-se que 56% da MP é oriunda da AF e 44% é oriunda do agronegócio. Por essa tabela, pode-se observar que as usinas gargalos são as Usinas 2 e 4, que trabalham com o limite exigido pelo governo, nada a mais, o que poderia significar um incremento significativo nos custos se fosse feito.

Tabela 7.5: Suprimentos no Cenário 6

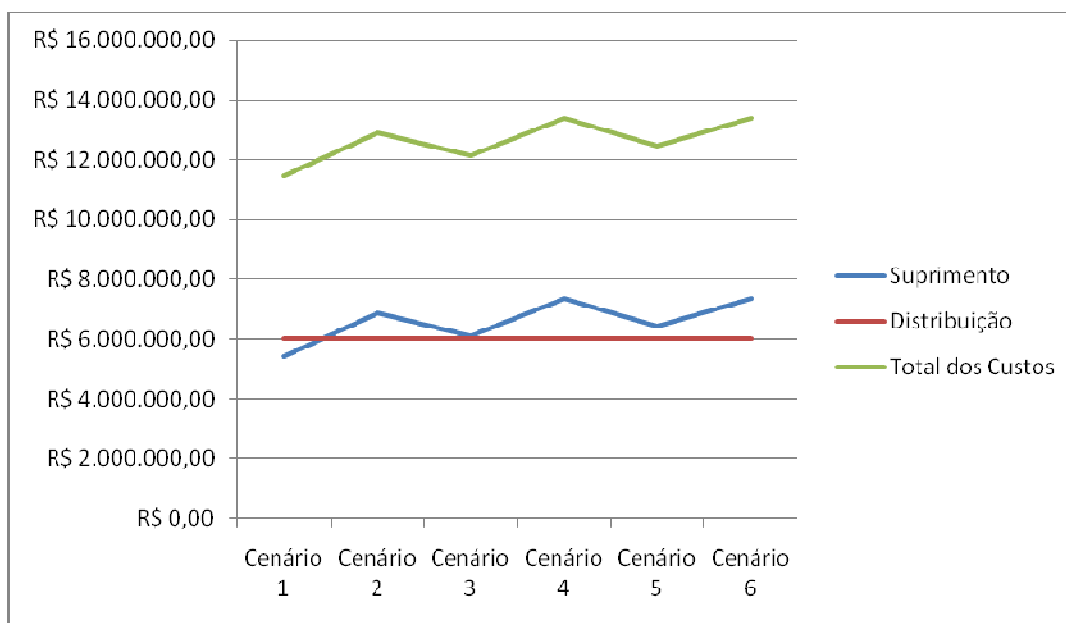
	Total	AF	AGRO	% AF	%AGRO
Usina 1	57000000	47000000	10000000	82%	18%
Usina 2	108000000	43200000	64800000	40%	60%
Usina 3	7000000	7000000	0	100%	0%
Usina 4	7000000	2800000	4200000	40%	60%

Se a hipótese de fornecimento fosse que a MP oriunda da AF fosse superior a 61,45%, significaria que o modelo se tornaria inviável pela falta de disponibilidade de MP, dado que a quantidade de MP só é capaz de atender à este percentual estipulado. Assim, antes de rodar este modelo, é necessário avaliar qual o potencial de fornecimento de MP tanto da AF, como do agronegócio.

Porém, vale ressaltar que esse aumento apresentado foi baseado em dados hipotéticos. Assim, é necessária a utilização de dados reais para a obtenção de resultados mais fidedignos.

7.2 Análise dos resultados entre modelos

Esta etapa do trabalho busca fazer uma comparação entre os cenários propostos. A Figura 7.7 ilustra o desempenho dos custos pela comparação dos cenários.

**Figura 7.7:** Comparação entre os cenários

Pela Figura 6.15, constata-se que os custos obtidos, quando se impõe o modelo de avaliação de fornecedores, tende a ser maior que o custo obtido quando se coloca a imposição governamental do selo social. A Tabela 7.6 traz os resultados obtidos com os modelos.

Tabela 7.6: Custos obtidos nos modelos (R\$)

CENÁRIOS	SEM SELO SEM AV	SEM SELO COM AV	COM SELO SEM AV	COM SELO COM AV	COM SELO (40) SEM AV	COM SELO (40) COM AV
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
FO	11.461.92,	6.155.800,31	12.155.551,2	6.163.194,02	12.476.996,7	6.163.398,39
Suprimento	5.416.429,	6.843.845,00	6.110.051,25	7.338.022,25	6.431.496,70	7.341.327,50
Distribuição	6.045.500,	6.045.500,00	6.045.500,00	6.045.500,00	6.045.500,00	6.045.500,00
Total dos Custos	11.461.929	12.889.345,0	12.155.551,2	13.383.522,2	12.476.996,7	13.386.827,5
Total de Bio Transp. (lt)	179000000	179000000	179000000	179000000	179000000	179000000
\$/lt de biodiesel	0,06403	0,07201	0,06791	0,07477	0,06970	0,07479

Pela Tabela 7.6, pode-se observar que à medida que se colocam mais restrições, o custo de transporte tende a aumentar. Por esta tabela não se pode tirar muitas conclusões, dado que os cenários possuem pressupostos diferentes e a avaliação dos fornecedores tem impacto no custo de transporte.

Do ponto de vista de otimização, a função objetivo atende aos requisitos impostos, aumentando seu valor à medida que se aumentam as restrições. Porém, observado os cenários quatro e seis, observa-se que o custo real tendeu a se manter constante, com uma variação pequena, mesmo o valor da função objetivo tendo aumentado.

A Figura 7.8 ilustra a diferença obtida entre os resultados da função objetivo e o valor de custo do modelo. Os cenários 1, 3 e 5 os valores obtidos entre estes dois resultados são iguais, dada que a função é minimizar o custo. Porém, nos cenários 2, 4 e 6, os custos reais são maiores que os custos do modelo pois, no modelo, o resultado é dividido pelo peso, e este deve ser tirado para o cálculo dos custos reais.

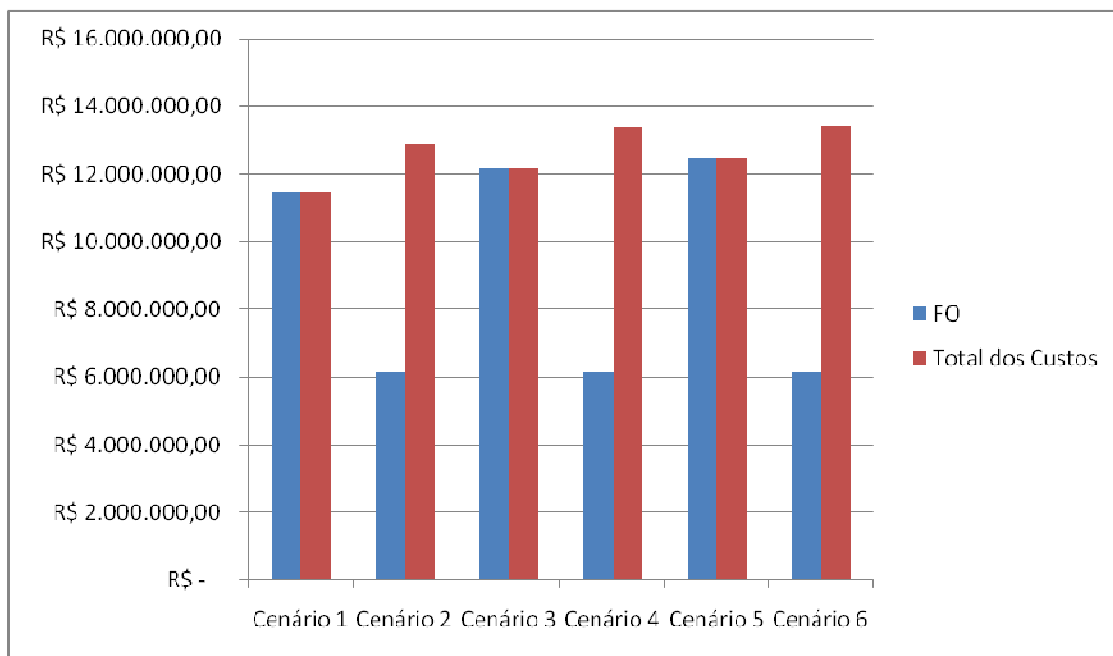


Figura 7.8: Comparação entre FO e Total dos Custos

A próxima etapa avalia a diferença entre os custos de cada cenário. A Tabela 7.7 apresenta a matriz com os incrementos nos custos oriundos de cada modelo.

Tabela 7.7: Incremento no custo entre cenários

Matriz de Incrementos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Cenário 1	x	12,45%	6,05%	16,77%	8,86%	16,79%
Cenário 2	x	x	-5,69%	3,83%	-3,20%	3,86%
Cenário 3	x	x	x	10,10%	2,64%	10,13%
Cenário 4	x	x	x	x	-6,77%	0,02%

Avaliando o Cenário 1, o mais simples, observa-se que o mesmo é o que apresenta o menor custo. Quando o modelo de avaliação de fornecedores é acrescido (Cenário 2), observa-se um incremento no custo na ordem de 12,45%. Por outro lado, partindo-se do Cenário 1 para o Cenário 3 (que engloba somente a restrição do selo social - Δ) constata-se que o incremento nos custos é menos da metade do incremento causado pelo modelo de avaliação. Com isso, pode-se constatar que o custo oriundo do modelo de seleção é maior que o custo da imposição do selo social.

Partindo para a análise do Cenário 2, em comparação com os demais, pode-se observar que o modelo de seleção de fornecedores apresenta um custo maior que as

imposições de selo social dos Cenários 3 e 5, que apresentaram uma redução de 5,69% e 3,20%, respectivamente.

Comparando-se o Cenário 3 com os demais (em especial com os Cenários 4 e 5), pôde-se observar que o incremento dos custos quando o modelo de avaliação é incorporado (Cenário 4) juntamente com a imposição do selo social é um pouco menor que o incremento causado quando o selo social não é adotado (Cenário 1 x Cenário 2). Assim, o modelo de avaliação de fornecedores tem um impacto na ordem 11%, em média, para o modelo apresentado.

Como pôde ser observado nas tabelas 7.3 e 7.5, existem usinas que trabalham no limite da imposição do selo social. Assim, à medida que se aumentam as imposições, os custos de suprimentos tendem a aumentar.

Para uma análise mais profunda, optou-se em analisar os cenários com características parecidas. Inicialmente, foram comparados os cenários que não englobavam o pressuposto do selo social. Neste caso, a variação se deu em função da adoção ou não do modelo de avaliação dos fornecedores (Cenário 1 x Cenário 2). A Figura 7.9 ilustra o gráfico obtido.

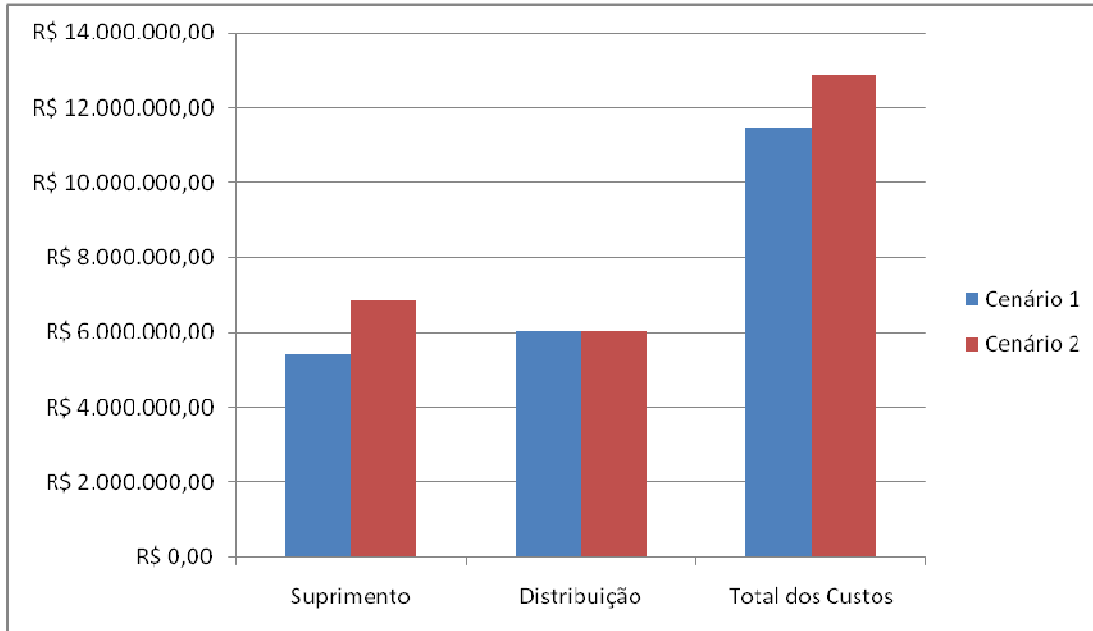


Figura 7.9: Comparação entre os cenários 1 e 2

Por este gráfico, pode-se observar que houve um incremento significativo nos custos na cadeia de suprimentos. Já os custos na parte de distribuição permaneceram

constantes. Neste caso o incremento no custo quando passou-se a adotar as avaliações dos fornecedores foi de 12%. A Tabela 7.8 ilustra os dados apresentados na Figura 7.9.

Tabela 7.8: Comparação dos custos nos cenários 1 e 2

Modelos sem selo social		
	Cenário 1	Cenário 2
Suprimento	R\$ 5.416.429,00	R\$ 6.843.845,00
Distribuição	R\$ 6.045.500,00	R\$ 6.045.500,00
Total dos Custos	R\$ 11.461.929,00	R\$ 12.889.345,00
Total de Bio Transportado	179000000	179000000
\$/lt de biodiesel	R\$ 0,06403	R\$ 0,07201
Incremento		12%

A segunda comparação levou em consideração a imposição governamental do selo social (30% e 40%). Porém, não foi levado em consideração o modelo de seleção de fornecedores. Assim, pode-se observar que existe um incremento reduzido entre o terceiro e quinto cenários, na ordem de 3%. A Figura 7.10 ilustra o gráfico obtido.

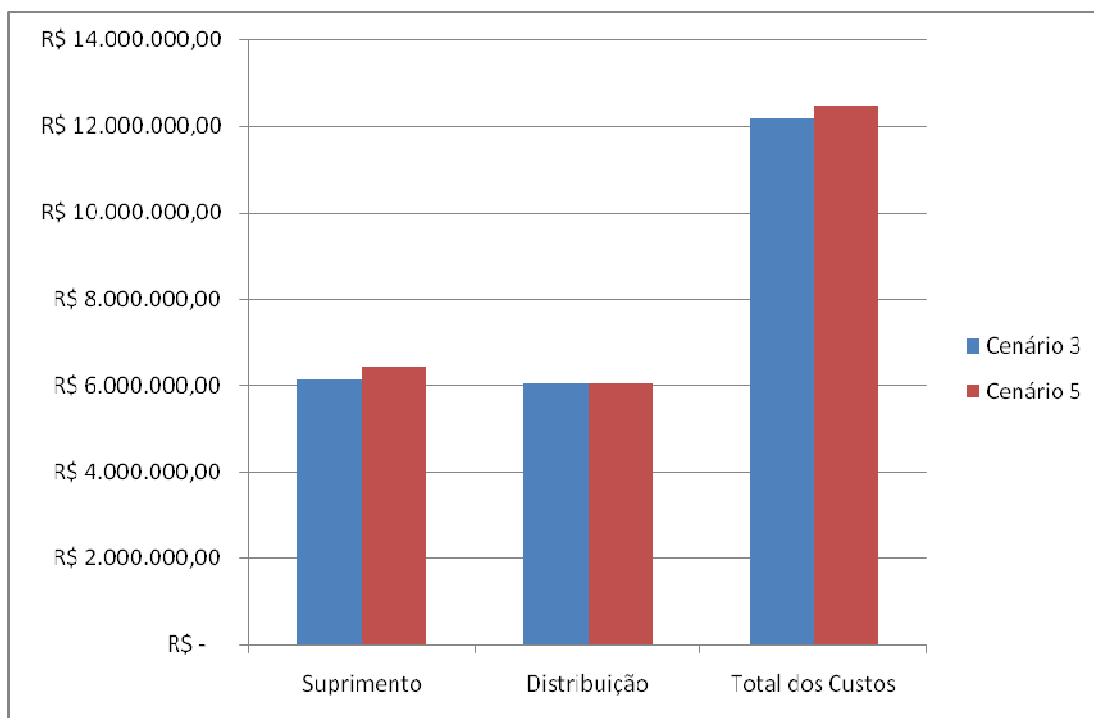


Figura 7.10: Comparação entre os cenários 3 e 5

Por este gráfico, pode-se observar que não houve um incremento significativo nos custos na cadeia de suprimentos (incremento de 3% - relativo, onde, dependendo do montante transportado, este valor pode ser bastante significativo). Já os custos na parte de distribuição permaneceram constantes. A Tabela 7.9 ilustra os dados apresentados na Figura 7.10.

Tabela 7.9: Comparação dos custos nos cenários 3 e 5

Modelo com selo e sem avaliação		
	Cenário 3	Cenário 5
Suprimento	R\$ 6.110.051,25	R\$6.431.496,70
Distribuição	R\$ 6.045.500,00	R\$ 6.045.500,00
Total dos Custos	R\$ 12.155.551,25	R\$ 12.476.996,70
Total de Bio Transportado	179000000	179000000
\$/lt de biodiesel	R\$ 0,06791	R\$ 0,06970
Incremento		3%

Buscou-se ainda fazer uma comparação entre os Cenários 3 e 4, que diferem entre si pela adoção, no Cenário 4, do modelo de avaliação de fornecedores. Pode-se observar que este modelo de avaliação representou um custo maior, com o incremento de 10,10%, como ilustrado na Figura 7.11.

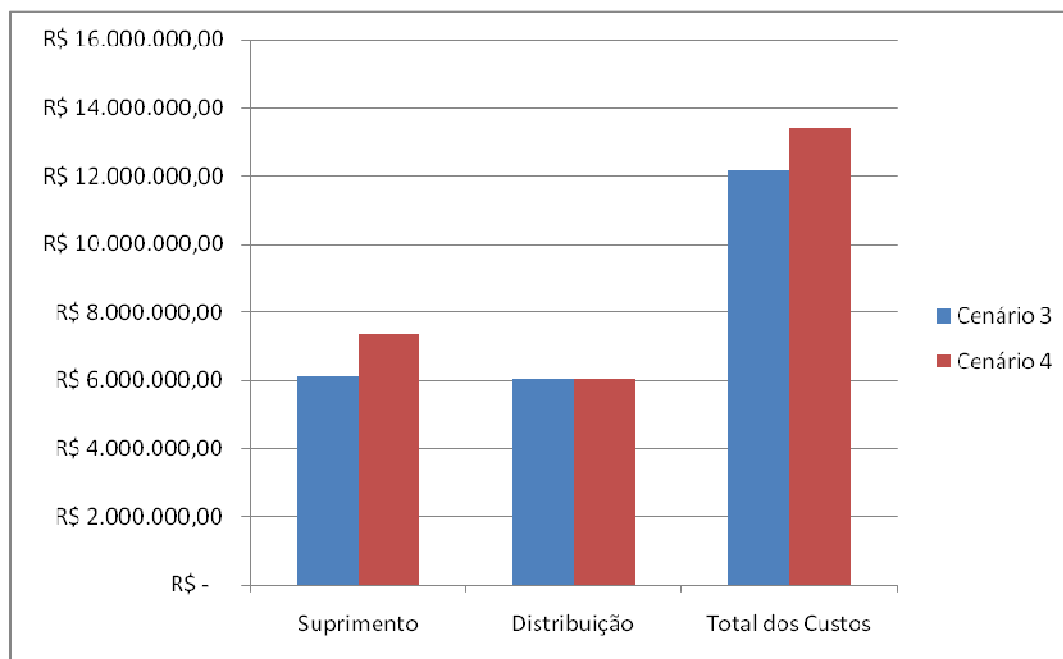


Figura 7.11: Comparação entre os cenários 3 e 4

A terceira comparação levou em consideração a imposição governamental do selo social (30% e 40%) e as avaliações dos fornecedores, que foram incorporadas ao modelo (Cenário 4 x Cenário 6). A Figura 7.12 ilustra o gráfico obtido.

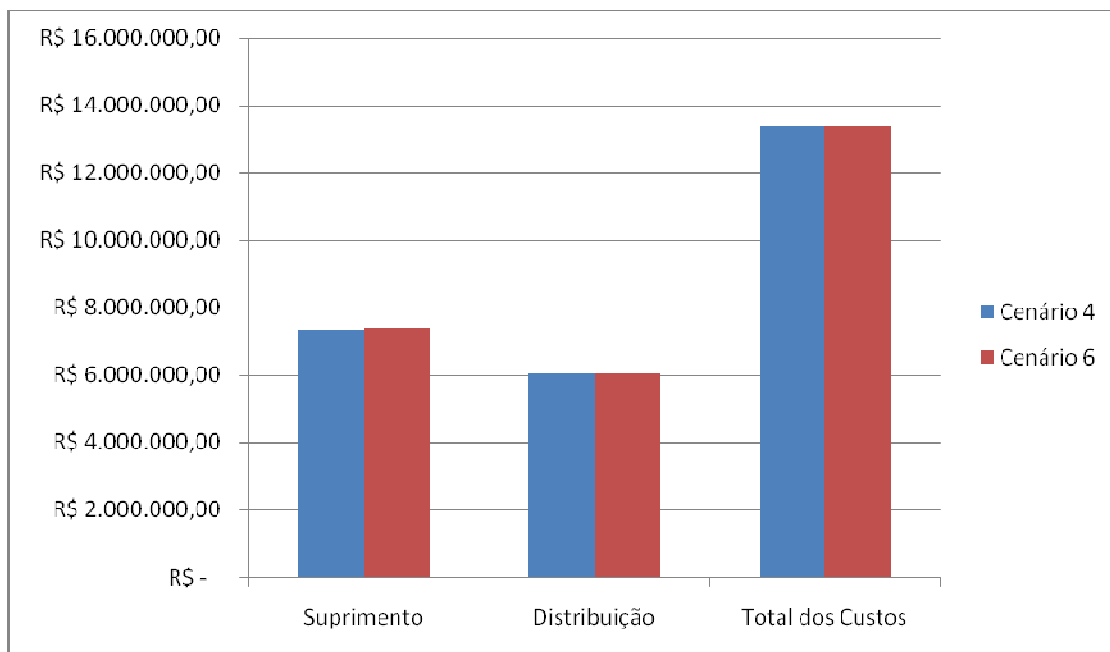


Figura 7.12: Comparação entre os cenários 4 e 6

Neste caso, foi obtido um dado interessante: apesar do aumento da imposição do selo social de 30 para 40%, não se verificou um incremento nos custos. O que foi modificado foi a estrutura de suprimentos, mas o impacto nos custos foi quase insignificante. A Tabela 7.10 ilustra os dados apresentados na Figura 7.12.

Tabela 7.10: Comparação dos custos nos cenários 4 e 6

Modelo com selo e com avaliação		
	Cenário 4	Cenário 6
Suprimento	R\$ 7.338.022,25	R\$ 7.341.327,50
Distribuição	R\$ 6.045.500,00	R\$ 6.045.500,00
Total dos Custos	R\$ 13.383.522,25	R\$ 13.386.827,50
Total de Bio Transportado	179000000	179000000
\$/lt de biodiesel	R\$ 0,07477	R\$ 0,07479
Incremento		0,02%

Assim, se os pequenos produtores conseguirem obter melhores avaliações que os latifúndios. Isto pode significar uma vantagem competitiva para esses pequenos produtores.

Logo, deve-se pensar em políticas que visem ao desenvolvimento do pequeno produtor para que o mesmo possa desenvolver essa vantagem competitiva no fornecimento de MP.

Em uma análise de todos os cenários propostos, o que obteve pior desempenho, do ponto de vista de custo, foi o Cenário 6, selo social de 40%, com modelo de avaliação de fornecedores. Isso ilustra que, à medida que vão se impondo restrições ao sistema analisado, maior o custo envolvido. A tendência normal é aumentar os custos à medida que se incorpora o maior valor para o selo social. A Figura 7.13 ilustra o impacto do custo de transporte no litro de biodiesel vendido. Para a construção deste gráfico, levou-se em consideração o valor total de transportes (suprimentos + distribuição) e dividiu-se pela quantidade total de biodiesel transportado, obtendo-se um custo de transporte por litro.

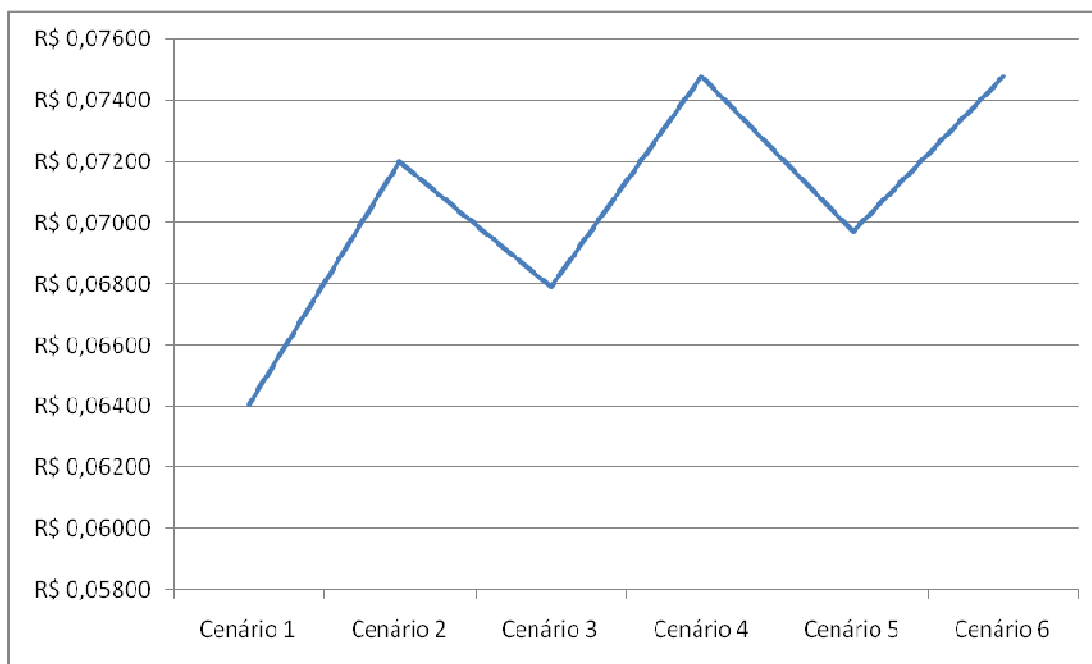


Figura 7.13: Custo do transporte por litro de biodiesel

Diversos jornais noticiam que o preço do biodiesel varia em torno de R\$ 2.36 (ANP, 2009) por litro para a distribuidora. Levando em consideração estes valores, pode-se observar que o custo de transporte tem um impacto reduzido neste preço, algo

inferior a 5%. Assim, pode-se observar que a utilização de critérios de certificação e competitividade não possui impactos significativos nos custos de transportes. A grande preocupação é garantir o fornecimento de MP por parte dos produtores, atual gargalo constatado no sistema.

Porém, se houver investimentos por parte do setor empresarial e do governo nestes pequenos produtores, pode-se ter este fornecimento mais confiável. Além disso, a utilização deste negócio em larga escala por representar um impacto social positivo na distribuição de renda e desenvolvimento das regiões.

Por último, se o Brasil tem potencial para exportar este tipo de combustível, é necessário aproveitá-lo e, para tanto, aproveitar esta vantagem competitiva, podendo ser decisivo para o sucesso do negócio e desenvolvimento desta cadeia no País.

7.3 Análise do fornecimento de matéria-prima

Essa etapa de análise do trabalho, busca identificar o comportamento da cadeia de suprimentos. Buscou-se avaliar, nesse ponto, como se comportou o fornecimento de cada produtor em cada uma dos cenários propostos. A Tabela 7.11 ilustra os níveis de fornecimento por produtor em cada um dos cenários propostos. O percentual apresentado se dá em função da disponibilidade de matéria prima projetada no estudo.

Tabela 7.11: Níveis de fornecimento por cenário

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6
Fornecedor 1	100%	0%	100%	0%	100%	0%
Fornecedor 2	100%	38%	100%	38%	78%	38%
Fornecedor 3	20%	100%	35%	100%	49%	100%
Fornecedor 4	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fornecedor 5	100%	100%	73%	100%	100%	100%
Fornecedor 6	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Fornecedor 7	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fornecedor 8	50%	100%	74%	100%	80%	100%
Fornecedor 9	100%	100%	5%	100%	0%	100%
Fornecedor 10	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Pela Tabela 7.11, pode-se observar que os níveis de fornecimento de cada fornecedor tende a variar à medida que se tomam diferentes pressupostos em cada um

dos cenários. Para uma melhor caracterização, optou-se em avaliar as possibilidades de fornecimento, levantando quatro tipos básicos de fornecedores:

- Agricultura Familiar, com desempenho superior no modelo de avaliação;
- Agronegócio, com desempenho superior no modelo de avaliação;
- Agricultura Familiar com desempenho inferior no modelo de avaliação; e
- Agronegócio com desempenho inferior no modelo de avaliação.

Cada um destes modelos caracterizados será contextualizado para o caso proposto. A Figura 7.14 ilustra as dimensões de avaliação colocadas acima, com as prioridades de fornecimento impostas pelo modelo.

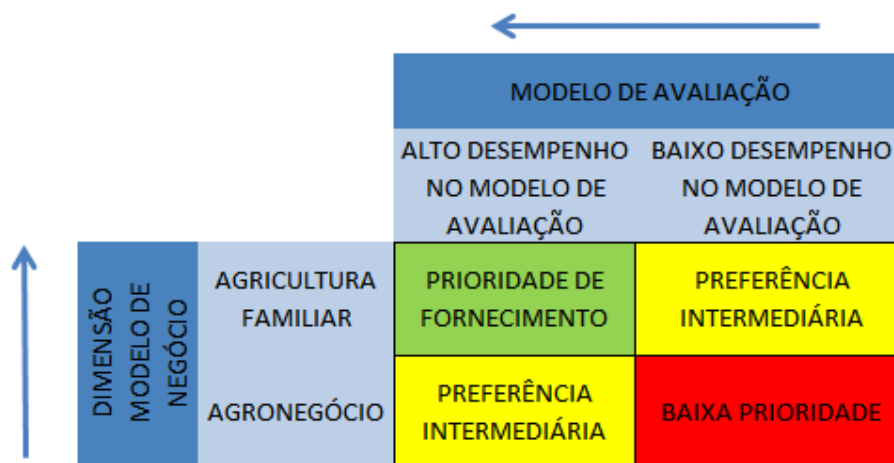


Figura 7.14: Priorização de Fornecimento

A Figura 7.14 mostra que a prioridade de fornecimento se dá em função de duas características básicas: se o fornecimento é proveniente de agricultura familiar ou agronegócio e se o fornecedor teve avaliação superior ou inferior em relação aos demais. O primeiro quadrante ilustra a melhor situação de fornecimento para o produtor, onde ele é do tipo AF e tem uma boa avaliação em relação aos demais. O quadrante direito superior ilustra o AF com baixa avaliação, considerado como segunda prioridade até o atendimento da restrição do selo social. Depois deste ponto, o que tiver a avaliação global superior será o fornecedor (entre os localizados nesse quadrante e o inferior esquerdo). Por último, existem os fornecedores oriundos de agronegócio que possuem uma baixa avaliação. Nesse caso, a prioridade de fornecimento é a última.

Para o melhor entendimento da ferramenta de avaliação e de como ela avalia e determina os níveis de fornecimento, serão caracterizados alguns fornecedores descritos na Tabela 7.11, de acordo com as prioridades de fornecimento descritas na Figura 7.14.

O primeiro caso engloba os fornecedores que obtiveram uma avaliação baixa e é um fornecedor do tipo agricultura familiar. Esse é o caso do Fornecedor 1, que foi avaliado com 14,60 pontos e é um fornecedor oriundo de agricultura familiar. Essa avaliação implicou que, nos cenários nos quais essa avaliação era levada em consideração, esse fornecedor era descartado, o que aconteceu nos cenários 2, 4 e 6. Já nos cenários em que esse modelo não considerado, esse fornecedor fornecia toda sua capacidade. A Figura 7.15 ilustra esse fato.

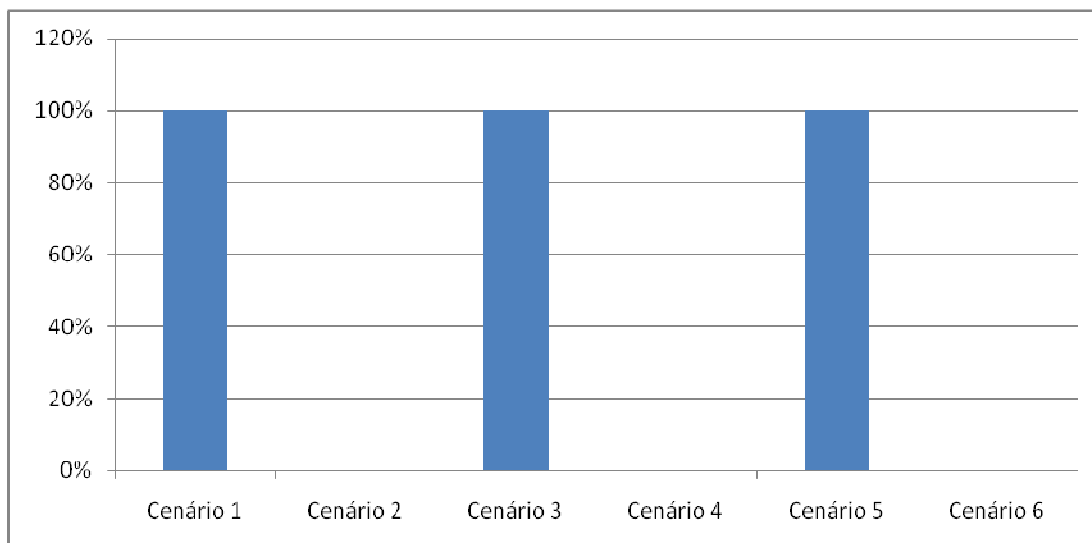


Figura 7.15: Transporte de MP oriundo do Fornecedor 1

O segundo tipo de situação ilustra um fornecedor tipo agronegócio com um desempenho insatisfatório na avaliação (31,22). Isso implicou em uma redução nos níveis de fornecimento quando o modelo de avaliação foi levado em consideração. Observou-se também que o seu nível de fornecimento caiu quando se aumentou a imposição do selo social de 30 para 40%. Logo, esse fornecedor se encontra em uma situação bastante delicada, ficando comprometido seu desempenho, conforme ilustrado na Figura 7.16.

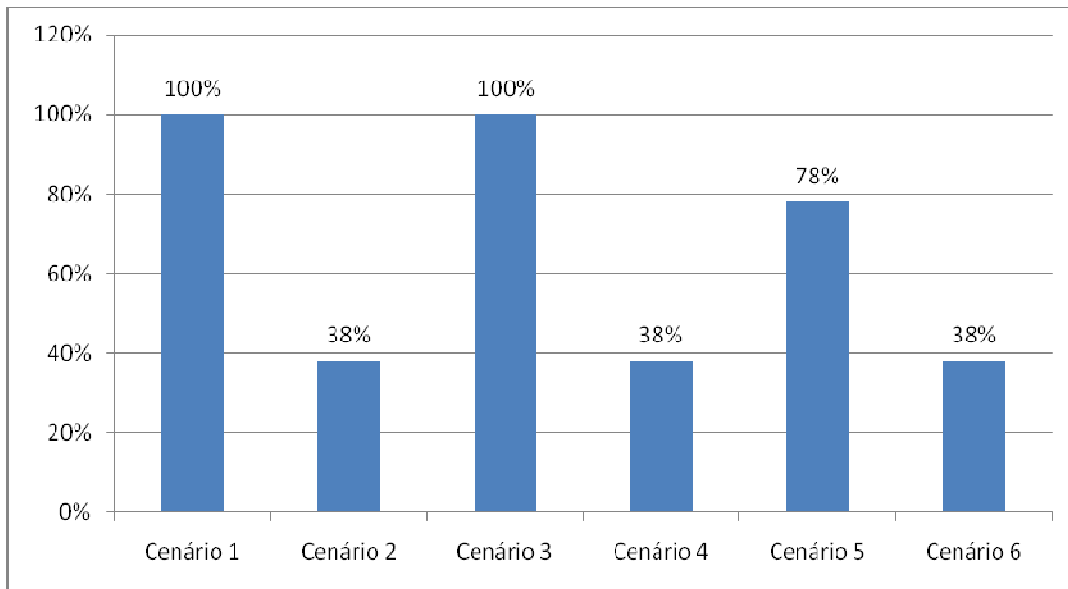


Figura 7.16: Transporte de MP oriundo do Fornecedor 2

O terceiro caso ilustra quando um fornecedor é bem avaliado e é do tipo agricultura familiar. Essa situação pode ser exemplificada no caso do Fornecedor 6, que obteve uma avaliação de quase 70 pontos e é do tipo agricultura familiar. Assim, o fornecedor está na melhor situação possível. No caso do Fornecedor 6, pode-se observar que o mesmo forneceu o total de sua capacidade em todos os cenários, conforme constatado na Figura 7.17.

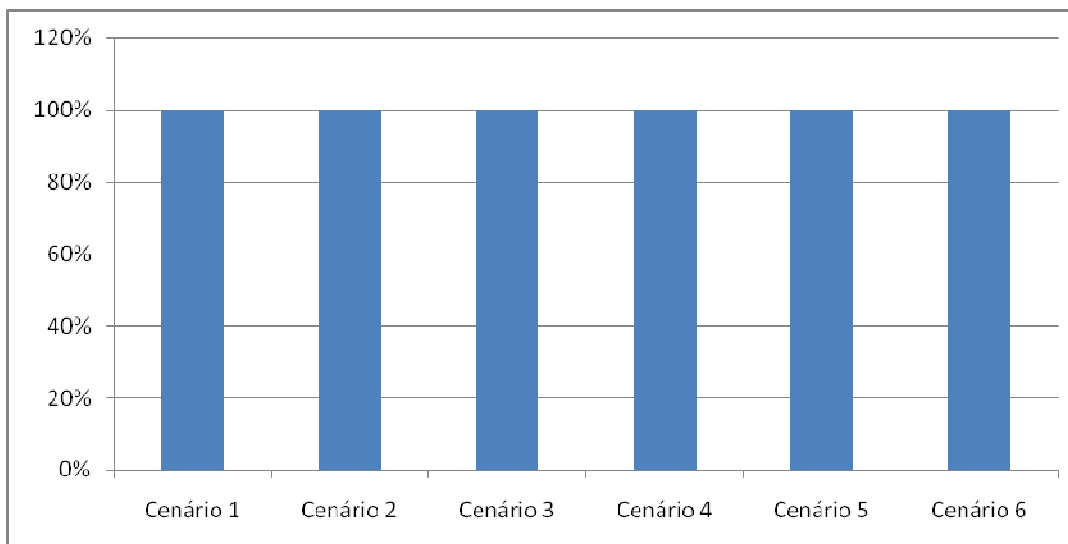


Figura 7.17: Transporte de MP oriundo do Fornecedor 6

O último caso ilustra os fornecedores que tiveram uma boa avaliação e são do tipo agronegócio. Nesse caso, encontra-se o Fornecedor 10, avaliado com 71,09 pontos, avaliação razoável, quando associado à característica de ele ser do tipo agronegócio, faz com que o fornecimento seja máximo em todos os cenários. A Figura 7.18 mostra este fato.

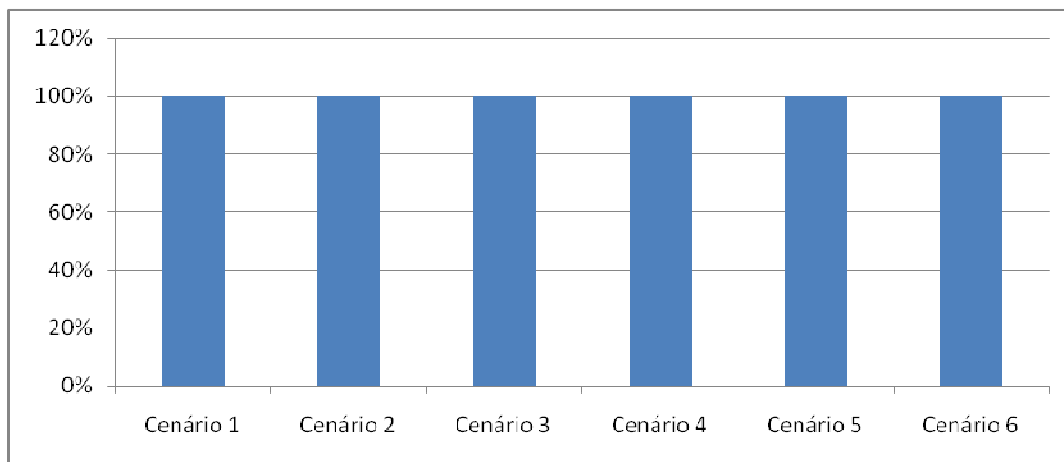


Figura 7.18: Transporte de MP oriundo do Fornecedor 10

7.4 Análise de fornecimento do ponto de vista da usina

Essa análise consiste em avaliar o quanto de matéria prima oriunda da agricultura familiar e agronegócio, utilizada em cada um dos modelos (neste caso, nos cenários que prevêm a imposição do selo social). A avaliação se dá em dois momentos. No primeiro momento, se dá na comparação entre os cenários com o selo social (cenários 3 e 5). A Figura 7.19 ilustra o que foi obtido.

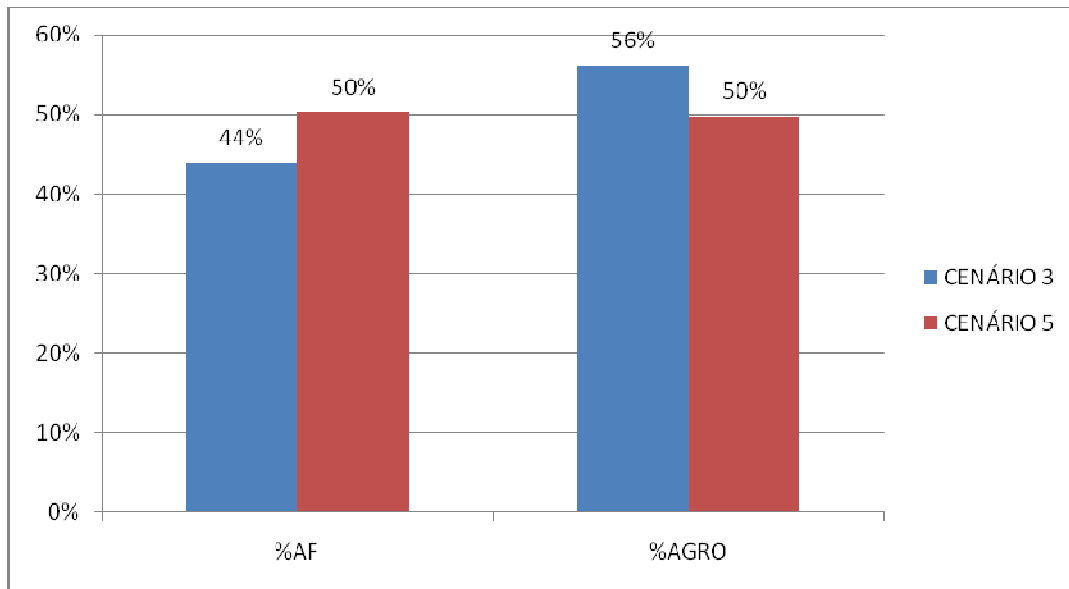


Figura 7.19: Percentual de MP (3 e 5)

Do cenário 3 para o cenário 5, pode-se observar o aumento da imposição do selo social de 30% para 40%. Nesse caso, olhando para o total, em ambos os cenários, as imposições são atendidas com folga, onde, no primeiro o nível de fornecimento total chega a 44% e no segundo a 50%. Pode-se observar que o nível de fornecimento de MP oriundo da AF é superior ao exigido.

Saindo da visão macro para a visão micro, constata-se que tanto a Usina 1, como a Usina 3 estão bem acima da imposição do selo social, diferentemente do que ocorre nas Usinas 2 e 4, onde a restrição é atendida no limite imposto. Por este ponto, pode-se constatar que as Usinas 1 e 3 estão mais próximas dos fornecedores AF e as Usinas 2 e 4 estão mais distantes deles, ilustrado na Figura 7.20.

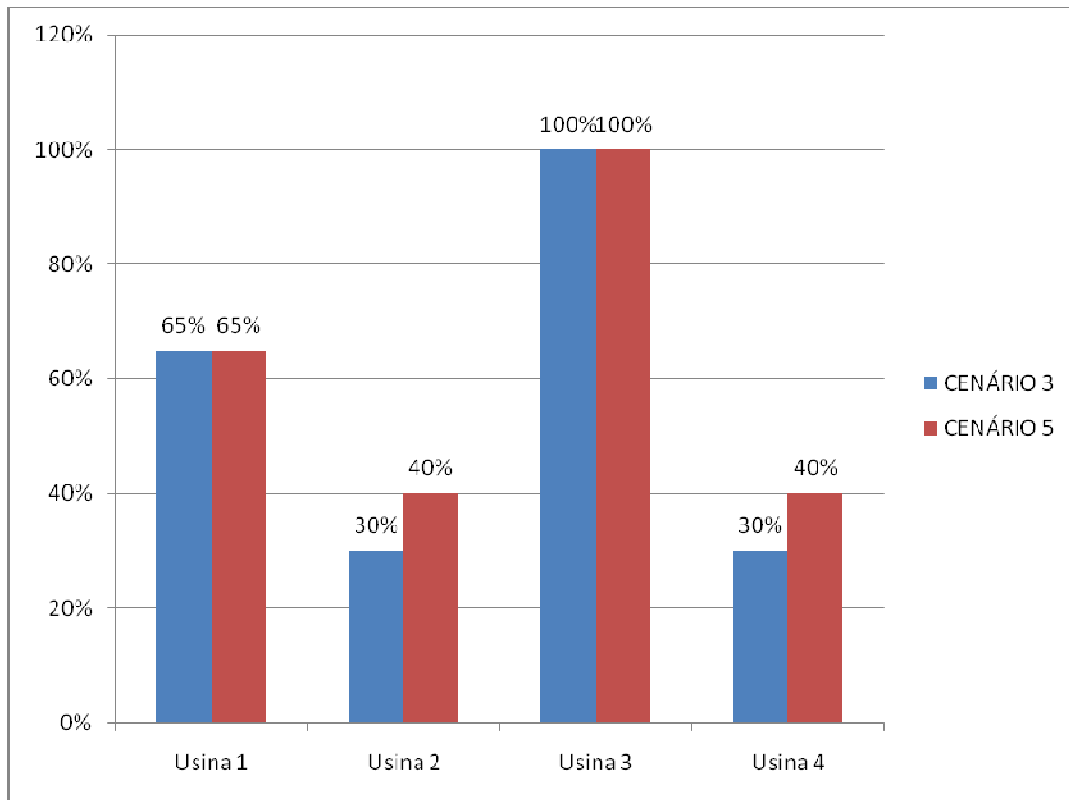


Figura 7.20: Percentual de MP oriunda de AF por Usina

Na segunda comparação, buscou-se observar os cenários 4 e 6, em que ambos englobam o modelo de avaliação e a diferença entre os mesmos reside no nível de fornecimento de MP. Nesse caso, olhando para o total, em ambos os cenários, as imposições são atendidas com o mesmo resultado (56% de MP advindo da AF). Neste caso, observa-se que o modelo de otimização encontrou a melhor solução para o modelo, independente do percentual utilizado (entre 30% e 40%). A Figura 7.21 ilustra esse fato.

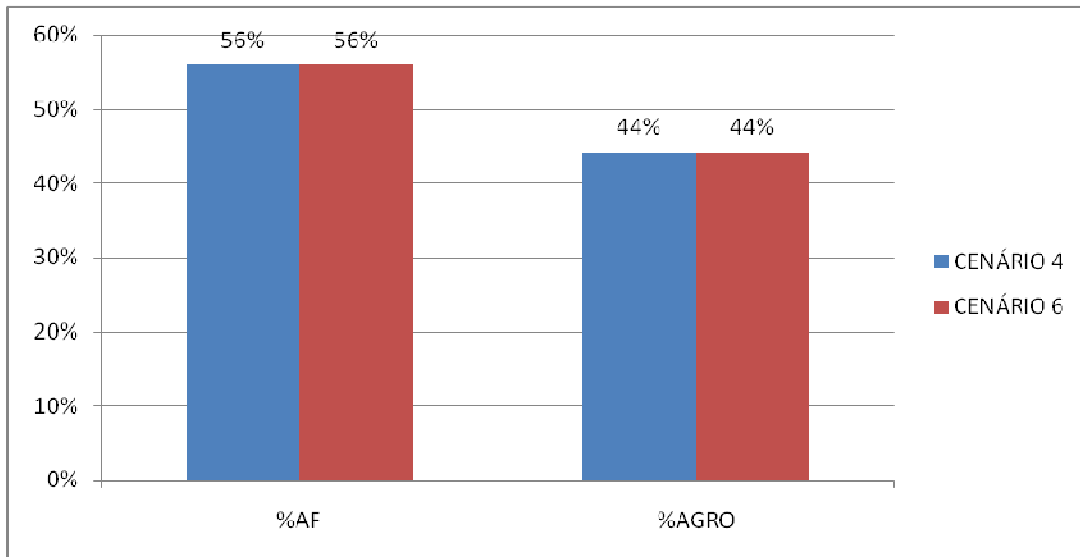


Figura 7.21: Percentual de MP (4 e 6)

Analogamente ao primeiro caso, saindo da visão macro para a visão micro, constata-se que, tanto a Usina 1, como a Usina 3 estão bem acima da imposição, diferentemente do que acontece com as Usinas 2 e 4. Neste caso, o gargalo no Cenário 4 era somente a Usina 4 e, no Cenário 6, passam a ser a 4 e a 2 (ver Figura 7.22).

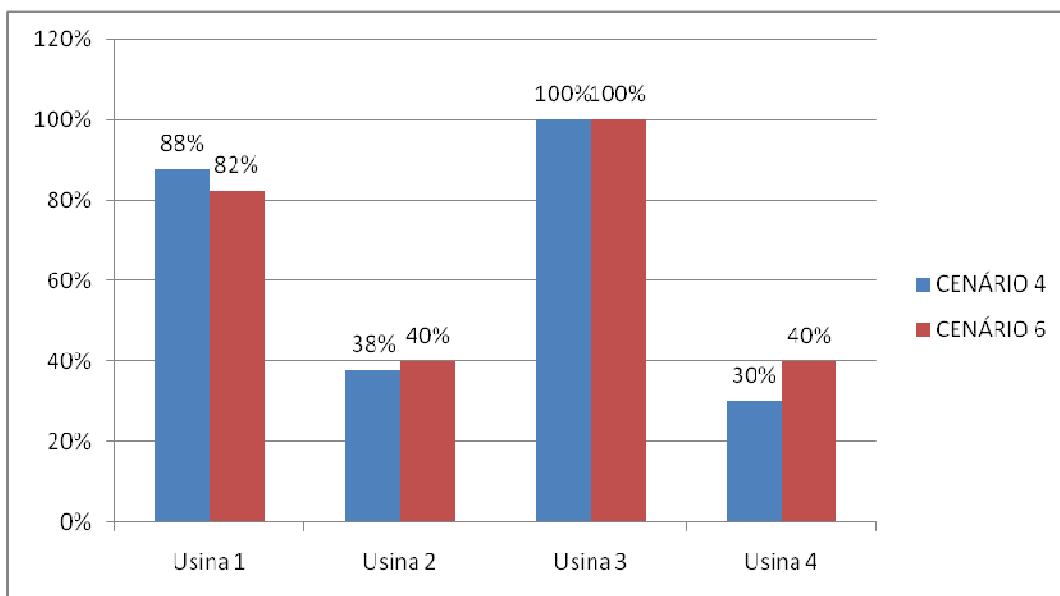


Figura 7.22: Percentual de MP oriunda de AF por Usina

Isso significa que o modelo de seleção de fornecedores apresenta um impacto forte que, nesse caso, os agricultores familiares possuem uma melhor avaliação, o que, comparando o cenário 3 com o cenário 4, implica num maior fornecimento da AF.

Analogamente, quando se passa do Cenário 5 para o Cenário 6, a quantidade de MP oriunda da AF tende a aumentar devido à melhor avaliação do tipo de negócio. Esses fatos podem ser constatados no Quadro 7.1.

CENÁRIO 3		Total	AF	AGRO	% AF	%AGRO
COM SELO (30%) SEM AV	Usina 1	57000000	37000000	20000000	65%	35%
	Usina 2	108000000	32400000	75600000	30%	70%
	Usina 3	7000000	7000000	0	100%	0%
	Usina 4	7000000	2100000	4900000	30%	70%

CENÁRIO 5		Total	AF	AGRO	% AF	%AGRO
COM SELO (40%) SEM AV	Usina 1	57000000	37000000	20000000	65%	35%
	Usina 2	108000000	43200000	64800000	40%	60%
	Usina 3	7000000	7000000	0	100%	0%
	Usina 4	7000000	2800000	4200000	40%	60%

CENÁRIO 4		Total	AF	AGRO	% AF	%AGRO
COM SELO (30%) COM AV	Usina 1	57000000	50000000	7000000	88%	12%
	Usina 2	108000000	40900000	67100000	38%	62%
	Usina 3	7000000	7000000	0	100%	0%
	Usina 4	7000000	2100000	4900000	30%	70%

CENÁRIO 6		Total	AF	AGRO	% AF	%AGRO
COM SELO (40%) COM AV	Usina 1	57000000	47000000	10000000	82%	18%
	Usina 2	108000000	43200000	64800000	40%	60%
	Usina 3	7000000	7000000	0	100%	0%
	Usina 4	7000000	2800000	4200000	40%	60%

Quadro 7.1: Percentual de fornecimento de MP por Usina por Cenário

Assim, investir na melhoria dos indicadores da Agricultura Familiar pode representar uma melhoria na competitividade dos mesmos. Logo, esse trabalho propõe uma nova forma de pensar o selo social, em que a prioridade passa a ser capacitar o agronegócio familiar para torná-lo competitivo. Isso significa uma real melhoria na qualidade de vida e distribuição de renda, ao contrário do selo social como existe hoje, que trata de uma política mais assistencialista que não provoca o pequeno agricultor a se desenvolver e competir no mercado globalizado.

CAPÍTULO 8

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho termina com uma análise mais ampla da cadeia produtiva do biodiesel, avaliando as fontes de matéria-prima e a estimativa de crescimento da demanda por biodiesel. A estrutura de discussão dessa dissertação está baseada em três pontos principais:

- Análise de oferta e demanda por biodiesel e suas matérias-primas, bem como a capacidade produtiva brasileira;
- Modelo de seleção de fornecedores;
- Modelo de otimização e seus impactos nos custos.

8.1 Biodiesel: Oferta, demanda e potencial produtivo

Inicialmente, foi realizada uma análise das fontes de matéria-prima para a cadeia produtiva do biodiesel. Foi observado que o Brasil possui um grande potencial de fornecimento de MP para esta cadeia produtiva. Porém, a grande discussão reside no tipo de MP utilizada.

Constatou-se que o grande potencial de fornecimento é de óleo de soja, o qual responde por quase $\frac{3}{4}$ da produção nacional. Contudo, a utilização desse tipo de óleo não representa uma medida de desenvolvimento social, econômico e sustentável para o Brasil, dado que a soja é produzida, em sua maioria, do agronegócio, o que, de certa forma, não promove a distribuição de renda. Vale ressaltar que não foram utilizados os dados de sebo animal, algas e óleos de gorduras residuais, que também podem ser utilizados como um insumo do biodiesel.

É extremamente importante a utilização do potencial do semi-árido para a produção de matéria-prima para esta indústria, graças ao impacto reduzido na produção de alimentos e à maior possibilidade de promover a inclusão social, que é um dos quesitos desejáveis quando se pensa na exportação de combustível.

Assim, a atual conjuntura de potencial de fornecimento favorece à utilização de fontes de MP não inclusivas para a produção de biodiesel. Vale ressaltar que isso vai de encontro ao que foi proposto na lei do biodiesel de 2005 (lei 11.097).

Quanto à produção de biodiesel, pode-se observar que ela está concentrada na Região Centro-Oeste, também responsável pela grande maioria da produção de soja, corroborando indícios de que o biodiesel está atrelado à produção de soja. Juntando-se todas as culturas, observa-se que a produção de óleo tem condições de atender à demanda para a produção de biodiesel. O que se observa, porém, é que estas culturas se encontram desarticuladas, e a sua localização não condiz com a localização das usinas. Isto representa um custo extra para a produção de biodiesel (custo com transporte).

Destaca-se que várias culturas (plantios) são passíveis de serem analisadas sob pontos de vista positivos e negativos para sua adoção como MP na cadeia produtiva do biodiesel. Assim, é necessário que seja realizada uma análise mais minuciosa por produtor e não somente avaliar o potencial por tipo de oleaginosa.

O terceiro aspecto avaliado nessa primeira conclusão é o potencial de produção que o Brasil dispõe. Por lei, só está prevista, a curto prazo, a utilização do B5 como mistura de biodiesel ao diesel, definindo-se uma demanda até 2010 de, aproximadamente, 2,3 bilhões de litros.

Quanto à capacidade produtiva instalada e à demanda do mercado, englobando a capacidade prevista a ser instalada e projetada, esta encontra-se na faixa de 5,7 bilhões de litros. Assim, caso as usinas planejadas sejam concluídas e todas elas operem na sua capacidade máxima de produção, haverá um *superávit* de 3,4 bilhões de litros, num horizonte de mistura de 5%. Um segundo ponto a ser avaliado é que a demanda por biodiesel está localizada nas regiões mais desenvolvidas do Brasil, com maior concentração industrial, respondendo por uma demanda de mais de 50% de toda a mistura de diesel e biodiesel.

A indústria do biodiesel vem se desenvolvendo e crescendo a um ritmo acelerado, configurando-se como uma excelente oportunidade para o Brasil se conseguir aproveitar a demanda crescente do mercado mundial para estes combustíveis.

8.2 Modelo de Seleção de Fornecedores

A produção de biocombustíveis, porém, deve levar em consideração variáveis econômicas, políticas e ambientais, embora a análise conjunta de todas estas variáveis seja muito complexa.

A grande preocupação na produção dos biocombustíveis deve ser a adequação aos critérios de sustentabilidade. Isso significa, no caso dos biocombustíveis, produzi-los com o impacto reduzido, de forma a não comprometer o meio ambiente e os recursos. Existe também uma preocupação com questões sociais e de natureza de segurança alimentar. Estas devem ser levadas em consideração para que o possível superávit futuro possa servir como divisas na balança comercial brasileira.

Assim, para que o Brasil aproveite este potencial extra para a produção de biodiesel, é necessário que sejam observados os requisitos estabelecidos para exportação deste produto.

Existem ainda as questões ambientais, nas quais todas as culturas produzem impactos. Porém, a elas, podem estar associados impactos reduzidos, caso sejam adotadas técnicas de cultivo adequadas. Neste ponto, existem duas vertentes: quando se fala em agronegócio, pode-se dizer que o mesmo possui grande impacto e avança sobre as áreas virgens com muita força; no pequeno produtor, constata-se que o mesmo atua, muitas vezes, sem o conhecimento técnico necessário, promovendo queimadas, dentre outros impactos, que poderiam ser reduzidos se houvesse este apoio técnico.

Para a avaliação destes requisitos por parte dos fornecedores (cadeia de suprimentos), foi elaborado um modelo multicritério que visa classificar os fornecedores segundo critérios de certificação e competitividade.

O modelo apresentou características que avaliam os fornecedores segundo critérios de certificação e competitividade. Para tanto, buscou-se identificar estes fatores na bibliografia existente.

Para a proposição desse modelo, foram levados em consideração os fatores sociais e ambientais identificados na literatura. Porém, em se tratando dos fatores ambientais, constata-se que o Brasil possui muitas leis que visam à proteção do meio ambiente e elas são bastante rígidas. Assim, estas leis podem ser consideradas como restrições ao modelo, o que não foi contemplado neste estudo.

As questões sociais, contudo, não são bem abordadas quando se fala de biodiesel no Brasil, para a qual foi constatada uma política assistencialista que não busca o

desenvolvimento sustentável do pequeno produtor. Nesse caso, houve uma política de incluir o agronegócio familiar sem a preocupação de capacitar esse pequeno produtor, o que vem dificultando o desenvolvimento do mesmo.

Com essa preocupação, o modelo de seleção buscou contemplar essa lacuna identificada. Foram propostos quesitos que visam tanto à confiabilidade de fornecimento desse pequeno produtor, como ao desenvolvimento do mesmo, visando ainda questões socioeconômicas das regiões, quando se coloca quesitos como PIB e IDH.

A metodologia SMARTER se adequou bem à situação analisada devido ao fato de a avaliação de fornecedores, sob esta ótica, ser algo inovador. A grande restrição do modelo de avaliação dos fornecedores foi a adoção dos pesos sem a opinião empresarial concreta, pois se observa que eles ainda não trabalham com uma consciência crítica do ponto de vista da sustentabilidade e de inclusão social.

Com a finalização do modelo proposto, poder-se-á optar pelo uso de outra metodologia multicritério para a elaboração dos pesos, podendo o mesmo modelo ser customizado para as necessidades da cadeia. Pela experiência de visitas realizadas no setor, observa-se que os pesos obtidos estão em consonância com a realidade presente devido à preocupação, por parte das usinas, com o fornecimento de matéria-prima em si. Isso se dá pela falta de conhecimento, por parte do setor produtivo, da importância de se levar em consideração os critérios de certificação.

8.3 Modelo de otimização e seus impactos nos custos de transportes

Pode-se observar que à medida que se colocam mais restrições, o custo de transporte tende a aumentar. Constata-se também que houve um incremento significativo nos custos na cadeia de suprimentos quando o modelo levou em consideração a avaliação dos fornecedores. Por este modelo, pode-se inferir que, quando os fornecedores de agricultura familiar (AF) possuem uma avaliação positiva, pode significar uma vantagem competitiva para eles, o que pode ser observado pela análise de fornecimento, em que os fornecedores AF com desempenho superior fornecessem em todos os casos, enquanto os fornecedores AGRO tendem a cair o nível de fornecimento quando existe a imposição do selo social. Outro aspecto contemplado, na ótica oposta, é que, quando os fornecedores AF possuem um desempenho inferior, eles não deixam de fornecer por completo, enquanto os fornecedores AGRO, que possuem um desempenho

inferior, não fornecem, em nenhum dos casos, por possuírem dois pontos negativos na ótica de decisão do modelo.

Em uma análise de todos os cenários propostos, o que obteve pior desempenho, do ponto de vista de custo, foi o Cenário 6, com selo social de 40% e com modelo de avaliação de fornecedores. Isso ilustra que, a medida que vão se impondo restrições ao sistema analisado, maior o custo envolvido. A tendência normal é aumentar os custos à medida que se incorpora o maior valor para o parâmetro selo social.

Pode-se observar que o custo de transporte tem um impacto reduzido neste preço, algo inferior a 5%. Assim, pode-se observar que a utilização de critérios de certificação e competitividade não possui impactos significativos nos custos de transportes. A grande preocupação é garantir o fornecimento de MP por parte dos produtores, atual gargalo constatado no sistema.

Assim, é necessário o investimento na capacitação do pequeno produtor para tornar este fornecimento mais confiável. Além disso, a utilização deste negócio em larga escala por representar um impacto social positivo na distribuição de renda e desenvolvimento da região.

Por último, se o Brasil tem potencial para exportar este tipo de combustível, é necessário aproveitá-lo e, para tanto, aproveitar esta vantagem competitiva que o Brasil tem pode ser decisivo para o sucesso do negócio e desenvolvimento desta cadeia.

No exemplo proposto, foi adotado que os fornecedores da AF possuíam um melhor desempenho na avaliação. Quando isso foi colocado no modelo, observou-se que o nível de fornecimento tendeu a aumentar.

Assim, se os pequenos produtores conseguirem obter melhores avaliações que os grandes, aumentar o nível de fornecimento dos mesmos será justificado pela redução dos custos. Isso pode significar uma vantagem competitiva para esses pequenos produtores.

Logo, deve-se pensar em políticas que visem ao desenvolvimento do pequeno produtor para que o mesmo possa desenvolver essa vantagem competitiva no fornecimento de MP.

Observou-se também que o modelo foi processado com relativa facilidade com os dados utilizados. Porém, quando se aumenta muito a quantidade de variáveis, faz-se necessário a utilização de *softwares* específicos de otimização para que o modelo funcione a contento. Isso pode se configurar como uma fragilidade do modelo, tendo em

vista tornar mais complexa a utilização da metodologia proposta pelo setor produtivo, alvo do estudo.

O modelo pode ser utilizado numa análise macro da cadeia para avaliar toda uma estrutura de suprimentos e distribuição dentro de um contexto nacional. Porém, como já mencionado, é necessária a utilização de *softwares* mais robustos para a implantação da modelagem matemática proposta.

É interessante ainda ser destacado que a metodologia SMARTER pode ser modificada sem uma alteração no modelo de otimização, o que o torna mais interessante.

8.4 Recomendações para Trabalhos futuros

Sugere-se que sejam realizadas simulações com o modelo completo desenvolvido com dados reais (vários casos) para observar o comportamento dos dados e definir quais os quesitos e imposições responsáveis por um incremento mais substancial nos custos de transporte. Com isso, será possível a realização de uma análise de correlação quantitativa para avaliar o nível de impacto destas variáveis nos custos de transporte.

Por último, constata-se que a idéia pode ser replicada para demais cadeias produtivas, representando um potencial de expansão desta idéia para outros ramos industriais.

Também existe a necessidade de estabelecer um modelo que contemple os demais elos da cadeia produtiva. No atual trabalho, somente o elo de fornecimento de óleo vegetal foi avaliado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCARINI, J.H. *Palestra Biodiesel no Brasil: Situação atual e perspectivas*. II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília. 27.11.2007.
- ALBERTIN, M.R. *O Processo de Governança em Arranjos Produtivos: o caso da cadeia automotiva do RGS*. Tese de Doutorado. PPGEP. UFRGS. Porto Alegre. 2003.
- ANP. Disponível em: www.anp.gov.br. Acessado em 30/11/2008.
- ANP. *Pregão N° 34/09*. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/doc/biodiesel/leiloes/> Acessado em 15/06/2009.
- ARDENGHY, R. F. *O mercado de biocombustíveis no Brasil: o desafio do abastecimento e da regulação*. Disponível em: www.codeagro.sp.gov.br/camaras_setoriais/as_camaras/biocombustivel/palestras/anp_roberto_ardenghy.ppt. Acessado em 20/11/2008.
- ARENALES, M., ARMENTANO, V., MORABITO, R., YANASSE, H. *Pesquisa Operacional para cursos de engenharia*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BALLOU, R. Gerenciamento da cadeia de suprimentos. P. Alegre: Bookman, 2005.
- BATALHA, M.O. & SILVA, A.L. *Gerenciamento de sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas*. In: BATALHA, M. B (Orgs). *Gestão Agroindustrial*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- BAXTER, M. *Projeto de Produto. Guia prático para design de novos produtos*. 2.ed. São Paulo: Edgard Bluncher, 1998.
- BERTAGLIA, P. R. *Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento*. São Paulo: Saraiva, 2008.
- BIOBIESELBR. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/plantas/mamona/oleo-bruto-ou-biodiesel.htm> . Recuperado em 15/08/2008.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, DAVID J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2006.
- BRASILBIO. *B5 chega até 2010*. Disponível em: <http://brasilbio.blogspot.com/2007/05/b5-chega-at-2010.html>. Acessado em 15/12/2008.
- BARROS, O. *Demanda mundial aquecida abre espaço para as commodities brasileiras que estão ampliando sua cultura exportadora (2007)*. Disponível em: http://www.canalfinanceiro.com.br/br/pdf/producao/AGRO_ANALISE_26_10_07.pdf. Acessado em 25/11/2008.

- BGBL. Bundesgesetzblatt. Biokraftstoffquotengesetz. Acessado em <www.bgbportal.de/BGBL.pdf>. Recuperado em 13/12/2007.
- BRÄUNINGER, M.; LESCHUS, L.; VÖPEL, H. *Biokraftstoffe und Nachhaltigkeit: Ziele, Probleme, Instrumente, Lösungen*. HWWI Policy Report n° 5. Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut. Acessado em 15.02.2008. Disponível em: www.hwwi.org. Hamburg.
- BIOBIESELBR. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/plantas/mamona/oleo-bruto-ou-biodiesel.htm> . Recuperado em 15/08/2008.
- BRBODIESEL. *Biodiesel na Alemanha*. Revista. Disponível em: www.biodieselbr.com. Recuperado em 15/08/2008.
- BRINGUETI, A. M. *Girassol: perspectivas da cultura no Brasil*. Disponível em: www.biodiesel.gov.br/docs/09girassol.ppt. Acessado em 15/11/2008.
- BUSCHINELLI, C. C.A., RODRIGUES, G. S., RODRIGUES, I.A., FRIGUETTO, R.T.S., PIRES, A.M.M., LIGO, M.A. E IRIAS, L. J. M. *Avaliação socioambiental da produção de oleaginosas e a inserção no mercado de biodiesel do Brasil*. In. II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília, novembro, 2007.
- CAIXETA-FILHO, J. V. *Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicados a sistemas agroindustriais*. São Paulo: Atlas, 2004.
- CAIXETA-FILHO, J. V., GAMEIRO, A. H. *Transporte e logística em sistemas agroindustriais*. São Paulo: Atlas, 2001.
- CARMO, B. B. T. *Identificação das demandas e ofertas tecnológicas na cadeia produtiva do biodiesel no estado do Ceará*. Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, 2007.
- CARMO, B. B. T., ALBERTIN, M. R., DUTRA, N. G. S. E RODRIGUES, M. V. *Análise da viabilidade tecnológica da cadeia produtiva do biodiesel no estado do Ceará*. Revista GEPROS, ano 3, vol. 2, 2008.
- CAVALCANTI, R. C. *Sistema multicritério para apoiar a compra de imóveis urbanos multifamiliares do mercado imobiliário recifense baseado no método SMARTS*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção. UFPE, Recife, 2007.
- CEPLAC. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo9.htm>. Acessado em 02/12/2008.
- CHASE, R. B., JACOBS, R. F., AQUILANO, N.J. *Operations management for competitive advantage with global cases*. 11 edição. Editora New York McGRAW – Hill – International Edition, 2006.

- CHEN, Y., KILGOUR, D.M. e HIPEL, K.W. *An integrated approach to multiple criteria decision aid: consequence-based preference aggregation*. Disponível em: <http://www.eng.uwaterloo.ca/~y3chen/Papers/MCDA%202004.pdf>. Acessado em 15/04/2009.
- CHOPRA, S. & MEINDL, P. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação*. Tradução de Cláudia Freire. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- CONAB. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=101>. Acessado em 23/11/2008.
- CORRÊA, H. L. *Administração da produção e operações*. São Paulo: Atlas, 2004.
- DA SILVA, O. C. *Análise da competitividade do complexo soja brasileira perante o comércio internacional*. Dissertação da Universidade Federal do Paraná: área de concentração políticas de desenvolvimento. Curitiba, 2005.
- DOORNBOSCH, R., STEENBLICK, R. *Biofuel: is the cure worse than the disease?*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). Disponível em: www.foeeurope.org/publication/2007. Recuperado em 15/12/2007.
- EDWARDS, W; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: *Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement*. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, v.60, p.306-325, 1994.
- EMBRAPA. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2003/maio/bn.2004-11-25.0937279606/>. Recuperado em: 12/03/2008.
- FAIRBANKS, M., LINDSAY, S. *Arando o Mar: fortalecendo as fontes ocultas de crescimento em países em desenvolvimento*. São Paulo: Qualitymark, 2002.
- FARINA, E.M. & ZYLBERSZTAJN, D. *Organização das cadeias agroindustriais de alimento*. ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 1992, Campos de Jordão. São Paulo: 1992, p. 189-207.
- FEITOSA, M. L. P. A. M. *Acordos de cooperação entre empresas e o efeito rede*. Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=3098>. Acessado em 19/11/2008.
- FNR. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Infobrief Juli 2007. Disponível em: www.fnr.de. Recuperado em 12/03/2008.
- FAO. Disponível em <<http://www.fao.org>> Acessado em: 25 de maio 2007.
- FNR. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. Infobrief Juli 2007. Disponível em: www.fnr.de. Recuperado em 12/03/2008.

- GARCIA, J. C., MATTOSO M. J., DUARTE, J. O. E CRUZ, J. C. *Aspectos econômicos da produção e utilização do milho*. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_74.pdf. Acessado em 25/11/2008.
- GAZZONI, D. L. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/i/energia/renovavel/alcool/producao-etanol.gif>. Recuperado em 12/12/2007.
- GEREFFI, G. *Shifting governance structures in global commodity chains with special reference to internet*. American Behavioral Scientist. Duke University, v. 44, n. 10, 2002.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, L. F. A. M., ARAYA, M. C. G., CARIGNANO, C. *Tomada de decisão em cenários complexos*. São Paulo: Thomson, 2004.
- HAMMOND, J.S., KENNEY, R.L., e RAIFFA H., *Smart Choices A Practical Guide to Making Better Decisions*. Harvard Business School Press, Boston, 1999.
- HOLANDA, F.A. Biodiesel e Inclusão Social. Brasília, 2006.
- HOWELL, S. E JOBE, J. *O Estado da arte da indústria do biodiesel*. In. Manual de Biodiesel. Ed. Edgard Bluncher, Curitiba, Paraná, Brasil, 2006.
- IAC. *Amendoim: perspectivas para a safra 2006/07*. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/Centros/Graos_Fibras/ArtigosTec/Perspectivas.pdf. Acessado em 15/02/2009.
- IBGE. Disponível em www.sidra.ibge.gov.br. Acessado em 10/11/2008.
- IEA. *Amendoim descascado: o destaque nas exportações da cadeia de produção*. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=8918>. Acessado em 25/11/2008.
- IICA. *Cadeia Produtiva do Milho*. Disponível em: <http://www.iica.org.br/Docs/CadeiasProdutivas/Cadeia%20Produtiva%20do%20Milho.pdf>.
- IICA. *Cadeia Produtiva do Algodão*. Disponível em: <http://www.iica.org.br/Docs/CadeiasProdutivas/Cadeia%20Produtiva%20do%20Algod%C3%A3o.pdf>.
- INMETRO. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/painelsetorial/palestras/Palestra_Bio_Setorial.pdf. Recuperado em 23/04/2008.
- JANK, M. S. *Dinâmica e perspectivas dos biocombustíveis no Brasil e no mundo*. Disponível em: <http://www.iconebrasil.com.br/arquivos/noticia/1266.pdf>. São Paulo. Recuperado em: 15/03/2007.

- KAPLAN, R. S. e Norton, D. P. *A Estratégia em Ação*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- KEENEY, RL; RAIFFA, H. *Decision with Multiple Objectives: Preferences and value tradeoffs*. John Wiley & Sons, 1976.
- KUJAWSKI, E. *Multi-Criteria Decision Analysis: Limitations, Pitfalls, and Practical Difficulties*. Disponível em: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/813572-z2LVXu/native/813572.pdf>. Acessado em 15/04/2009.
- LOPES, Y. G., ALMEIDA, A. T. *Enfoque multicritério para a localização de instalações de serviço: aplicação do método SMARTER*. Revista Sistemas & Gestão. Vol.3, p.114-128, 2008.
- MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M.. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MAGALHÃES, J. A. M. *Otimização do tamanho e sequenciamento de lotes de produção numa fábrica de alimentos*. Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- MESQUITA, M. A. *Previsão de Demanda*. Disponível em: http://www.prd.usp.br/disciplinas/docs/pro5760/5760A02Prev_2003.pdf. Acessado em 12/02/2009.
- MESSNER, D. *The concept of the world economic triangle: global governance patterns and options for regions*. Brighton: University of Sussex, 2002.
- MOURAD, A. L. *Principais culturas para obtenção de óleos vegetais combustíveis no Brasil*. Disponível em: www.nipeunicamp.org.br/agrener2006/palestras/Dia%2006-06-2006/sess1/Anna2.ppt. Acessado em 15/08/2007
- NADVI, K.; SCHMITZ, H. *Industrial in developing countries*. World Development, IDS, v.27, n.9, 1999. Special Issue.
- OECD. *Economic Assessment of Biofuel Support Policies*. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris, 2008.
- OLIVEIRA, D. P. R. *Estratégia empresarial e vantagem competitiva*. São Paulo: Atlas, 2001.
- PAULILLO, F.L.; VIAN, F.E.C.; SHIKIDA, A.F.P.; MELLO, T. F. *Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis ?*. RER, Rio de Janeiro, vol. 45, nº 03, p. 531-565. Junho, 2007.
- PADOVEZE, C. L., BIAGGI, G. V., CAMPOS, J. A. *Análise de conjuntura e previsão de demanda: exemplos de modelos decisórios de controladoria na estratégia e operações*. Disponível em:

- <http://www.am.unisal.br/graduacao/Administracao/pdf/publicacoes-11.pdf>.
Acessado em 13/02/2009.
- PARREIRAS, R. O. *Algoritmos Evolucionários e Técnicas de Tomada de Decisão em Análise Multicritério*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- PELLEGRINI, F. R. E FOGLIATTO, F. S. *Passos para a implantação de um sistema de previsão de demanda: técnicas e estudo de caso*. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/399_prev2.pdf . Acessado em 15/02/2009
- PIRES, S.R.I. *Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos*. São Paulo: Atlas, 2004.
- PORTER, M. E. *Clusters and competition: New agenda for companies, governments and institutions*. In *On Competition*. Boston: Harvard Business School Press, 1993.
- REVISTA RURAL. Amendoim: produção nacional cresce 20% em 2004. Disponível em: http://www.revistarural.com.br/edicoes/2005/artigos/rev88_amendoim.htm. Acessado em 15/02/2009.
- RSPO. Roudtable on Sustainable Palm Oil. *Principles and Criteria for Sustainable Palm Oil Production*. Disponível em: www.rps.org. Recuperado em: 23/02/2007.
- SLACK, N., CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SARAIVA JUNIOR, A. F., MESQUITA, C. T., ALBERTIN, M. R. *Identificação de Potencialidades e Oportunidades de Aumento do Conteúdo de Fornecimento Local para Apoiar o Programa de Mobilização da Indústria do Petróleo no Estado do Ceará*. II SEPRONE, Campina Grande, 2007.
- SAMPAIO, A. R. *Quanto custa ser a Opep do álcool*. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente - BIQ. N. 43. Agosto, 2007.
- SANTOS, M. M. S. *Estudos de Implantação de Unidades de Extração de Óleo Vegetal: Estudo de caso Soja, Dendê e Mamona*. Anais do II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília, 2007.
- SCHLESINGER, S. A Soja no Brasil. Disponível em: www.uma.terra.free.fr/2Agrobusiness/Soja-Brasil.rtf. Acessado em 25/11/2008.
- SILVA, W.S.D. *Mapeamento de variáveis mercadológicas para a produção de biodiesel a partir da mamona na região Nordeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006.

- STEVENSON, W. J. *Administração das Operações de Produções*. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- PARREIRAS, R. O. *Algoritmos evolucionários e técnicas de tomada de decisão em análise multicritério*. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2006.
- PENTEADO, M.C.P.S. *Identificação de gargalos e estabelecimento de um plano de ação para o sucesso do Programa Brasileiro de Biodiesel*. Programa de Mestrado Profissional da Universidade de São Paulo (EPUSP). São Paulo, 2005.
- THORNBURG, K., HUMMEL, A. *Lingo 8.0 Tutorial*. 2009.
- TRC. *CD com tabelas referenciais de custos do TRC*. Associação Nacional do Transporte de Carga e Logística. 2009.
- TRIOLA, M., F. *Introdução à estatística*. Ed.: Rio de Janeiro, LTC. Rio de Janeiro, 1999.
- TUBINO, D. F. *Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática*. Ed.: São Paulo, Atlas. São Paulo, 2007.
- UDAETA, M.E.M., BAITILO, R.L., BURANI, G. F., GRIMONI, J. A. P. *Comparação da produção de energia com diesel e biodiesel analisando todos os custos envolvidos*. Disponível em: http://www.seeds.usp.br/pir/arquivos/AGRENER2004_RicardoBaitelo.pdf. Recuperado em: 15/02/2008.
- ZAN, G. L. E SELBITTO, M. A. *Técnicas de previsão de demanda: um estudo de caso triplo com dados de venda de materiais eletro-mecânicos*. Revista GEPROS, ano 2, vol. 4, 2007.
- YUSUF, Y. Y., GUNASEKARAN, A., ADELEYE, E. O., SIVAYOGANATHAN, K. *Agile supply chain capabilities: Determinants of competitive objectives*. European Journal of Operational Research 159 (2004) 379–392

ANEXO A

Distância km	Carreta				Bitrem			Truque		
	QM	DP	PQ	Gás	QM	DP	PQ	QM	DP	PQ
Unidade	R\$/t	R\$/m3	R\$/m3	R\$/m3	R\$/t	R\$/m3	R\$/m3	R\$/t	R\$/m3	R\$/m3
50	0,000624	0,000398	0,000585	0,000377	0,000609	0,000358	0,000481	0,000869	0,000494	0,000732
60	0,00056	0,000367	0,000524	0,000338	0,000546	0,000328	0,000429	0,00078	0,000458	0,000657
70	0,000514	0,000344	0,000481	0,000311	0,000501	0,000307	0,000392	0,000716	0,000432	0,000604
80	0,000479	0,000327	0,000448	0,00029	0,000467	0,000291	0,000364	0,000669	0,000413	0,000564
90	0,000452	0,000314	0,000423	0,000273	0,00044	0,000279	0,000343	0,000631	0,000398	0,000532
100	0,000431	0,000303	0,000402	0,00026	0,000419	0,000269	0,000326	0,000602	0,000386	0,000507
120	0,000399	0,000287	0,000372	0,000241	0,000388	0,000254	0,0003	0,000557	0,000368	0,00047
140	0,000376	0,000276	0,00035	0,000227	0,000365	0,000243	0,000281	0,000525	0,000355	0,000443
160	0,000358	0,000267	0,000334	0,000217	0,000348	0,000235	0,000268	0,000502	0,000345	0,000423
180	0,000345	0,000261	0,000321	0,000208	0,000335	0,000229	0,000257	0,000483	0,000337	0,000408
200	0,000334	0,000256	0,000311	0,000202	0,000324	0,000224	0,000248	0,000468	0,000331	0,000395
250	0,000315	0,000246	0,000293	0,00019	0,000305	0,000215	0,000233	0,000442	0,000321	0,000373
300	0,000302	0,00024	0,00028	0,000182	0,000293	0,000209	0,000222	0,000424	0,000313	0,000358
350	0,000293	0,000235	0,000272	0,000177	0,000284	0,000205	0,000215	0,000411	0,000308	0,000347
400	0,000286	0,000232	0,000265	0,000173	0,000277	0,000202	0,00021	0,000401	0,000304	0,000339
450	0,00028	0,000229	0,00026	0,000169	0,000272	0,000199	0,000205	0,000394	0,000301	0,000333
500	0,000276	0,000227	0,000256	0,000167	0,000267	0,000198	0,000202	0,000388	0,000299	0,000328
550	0,000273	0,000225	0,000253	0,000165	0,000264	0,000196	0,000199	0,000383	0,000297	0,000324
600	0,00027	0,000224	0,00025	0,000163	0,000261	0,000195	0,000197	0,000379	0,000295	0,00032
650	0,000267	0,000223	0,000247	0,000161	0,000259	0,000193	0,000195	0,000376	0,000294	0,000317
700	0,000265	0,000222	0,000245	0,00016	0,000256	0,000192	0,000193	0,000373	0,000293	0,000315
750	0,000263	0,000221	0,000244	0,000159	0,000255	0,000192	0,000191	0,00037	0,000292	0,000313
800	0,000262	0,00022	0,000242	0,000158	0,000253	0,000191	0,00019	0,000368	0,000291	0,000311
850	0,00026	0,000219	0,000241	0,000157	0,000252	0,00019	0,000189	0,000366	0,00029	0,000309
900	0,000259	0,000219	0,00024	0,000156	0,00025	0,00019	0,000188	0,000364	0,000289	0,000308
950	0,000258	0,000218	0,000239	0,000156	0,000249	0,000189	0,000187	0,000363	0,000289	0,000306
1000	0,000257	0,000217	0,000238	0,000155	0,000248	0,000189	0,000186	0,000361	0,000288	0,000305
1100	0,000255	0,000217	0,000236	0,000154	0,000247	0,000188	0,000185	0,000359	0,000287	0,000303
1200	0,000254	0,000216	0,000235	0,000153	0,000245	0,000187	0,000184	0,000357	0,000286	0,000302
1300	0,000252	0,000215	0,000233	0,000152	0,000244	0,000187	0,000183	0,000355	0,000285	0,0003
1400	0,000251	0,000215	0,000232	0,000152	0,000243	0,000186	0,000182	0,000354	0,000285	0,000299
1500	0,00025	0,000214	0,000232	0,000151	0,000242	0,000186	0,000181	0,000353	0,000284	0,000298
1600	0,00025	0,000214	0,000231	0,000151	0,000241	0,000185	0,000181	0,000351	0,000284	0,000297
1700	0,000249	0,000214	0,00023	0,00015	0,00024	0,000185	0,00018	0,00035	0,000283	0,000296
1800	0,000248	0,000213	0,000229	0,00015	0,00024	0,000185	0,000179	0,00035	0,000283	0,000295
1900	0,000248	0,000213	0,000229	0,00015	0,000239	0,000184	0,000179	0,000349	0,000283	0,000295
2000	0,000247	0,000213	0,000228	0,000149	0,000239	0,000184	0,000179	0,000348	0,000283	0,000294
2100	0,000247	0,000212	0,000228	0,000149	0,000238	0,000184	0,000178	0,000347	0,000282	0,000294
2200	0,000246	0,000212	0,000228	0,000149	0,000238	0,000184	0,000178	0,000347	0,000282	0,000293
2300	0,000246	0,000212	0,000227	0,000148	0,000238	0,000184	0,000178	0,000346	0,000282	0,000293
2400	0,000246	0,000212	0,000227	0,000148	0,000237	0,000183	0,000177	0,000346	0,000282	0,000292
2500	0,000245	0,000212	0,000227	0,000148	0,000237	0,000183	0,000177	0,000345	0,000281	0,000292
2600	0,000245	0,000212	0,000226	0,000148	0,000237	0,000183	0,000177	0,000345	0,000281	0,000291
2700	0,000245	0,000211	0,000226	0,000148	0,000236	0,000183	0,000177	0,000345	0,000281	0,000291
2800	0,000244	0,000211	0,000226	0,000148	0,000236	0,000183	0,000176	0,000344	0,000281	0,000291
2900	0,000244	0,000211	0,000226	0,000147	0,000236	0,000183	0,000176	0,000344	0,000281	0,000291
3000	0,000244	0,000211	0,000225	0,000147	0,000236	0,000183	0,000176	0,000344	0,000281	0,00029
MÉDIA		0,00024	0,000281		0,000293	0,00021			0,000314	0,000358
MÉDIA GERAL						0,000282524				

ANEXO B

MODELO 1 – CENÁRIO 1

SETS:

fornecedor / @ole('cenario1.xlsx','fornecedor') /: nota, capacidade;
 usina / @ole('cenario1.xlsx','usina') /: produtiva;
 cliente / @ole('cenario1.xlsx','cliente') /: demanda;
 matriz1(fornecedor,usina) : x,customp,distancia;
 matriz2(usina,cliente) : distanciadist,custodist,y;

endsets

data:

demanda = @ole('cenario1.xlsx','demanda');
 nota=@ole('cenario1.xlsx','nota');
 capacidade=@ole('cenario1.xlsx','capacidade');
 customp=@ole('cenario1.xlsx','customp');
 distancia=@ole('cenario1.xlsx','distancia');
 distanciadist=@ole('cenario1.xlsx','distanciadist');
 custodist=@ole('cenario1.xlsx','custodist');
 produtiva=@ole('cenario1.xlsx','produtiva');
 !transportemp=@ole('cenario1.xlsx','transportemp');
 !quantdist=@ole('cenario1.xlsx','quantdist');

enddata

[fo] min = @sum(matriz1(i,j): x(i,j)*customp(i,j)*distancia(i,j))+@sum(matriz2(j,k):
 distanciadist(j,k)*custodist(j,k)*y(j,k));

!Restrições;

!Para cada usina, a soma da matéria prima transportada pelos fornecedores deve ser menor que a capacidade dos mesmos;

@for(fornecedor(i): @sum(usina(j):(x(i,j))) <= capacidade(i));

!De cada fornecedor para usina j, a quantidade transportada deve ser menor que a capacidade produtiva da Usina j;

@for(usina(j): @sum(fornecedor(i):(x(i,j))) <= produtiva(j));

!A quantidade de biodiesel transportada entre cada usina e as demandas deve ser inferior que a quantidade transportada de matéria-prima entra os fornecedores e a Usina j;

@for(usina(j): @sum(cliente(k): (y(j,k))) <= @sum(fornecedor(i): (x(i,j))));

!A quantidade transportada de cada usina para a demanda k, deve ser inferior a cada demanda;

@for(cliente(k): @sum(usina(j): y(j,k)) >= demanda(k));

data:

@ole('cenario1.xlsx','fomod','trtemp','qdist') = fo, x, y;

enddata

MODELO 1 – CENÁRIO 2

SETS:

fornecedor / @ole('cenario2.xlsx','fornecedor') /: nota, capacidade;
 usina / @ole('cenario2.xlsx','usina') /: produtiva;
 cliente / @ole('cenario2.xlsx','cliente') /: demanda;
 matriz1(fornecedor,usina) : x,customp,distancia,avaliacao;
 matriz2(usina,cliente) : distanciadist,custodist,y;

endsets

data:

demanda = @ole('cenario2.xlsx','demanda');
 nota=@ole('cenario2.xlsx','nota');
 capacidade=@ole('cenario2.xlsx','capacidade');
 customp=@ole('cenario2.xlsx','customp');
 distancia=@ole('cenario2.xlsx','distancia');
 distanciadist=@ole('cenario2.xlsx','distanciadist');
 custodist=@ole('cenario2.xlsx','custodist');
 produtiva=@ole('cenario2.xlsx','produtiva');
 avaliacao=@ole('cenario2.xlsx','avaliacao');
 !transportemp=@ole('cenario2.xlsx','transportemp');
 !quantdist=@ole('cenario2.xlsx','quantdist');

enddata

[fo] min = @sum(matriz1(i,j): x(i,j)*customp(i,j)*distancia(i,j)/avaliacao(i,j))+@sum(matriz2(j,k):
 distanciadist(j,k)*custodist(j,k)*y(j,k));

!Restrições;

!Para cada usina, a soma da matéria prima transportada pelos fornecedores deve ser menor que a capacidade dos mesmos;

@for(fornecedor(i): @sum(usina(j):(x(i,j))) <= capacidade(i));

!De cada fornecedor para usina j, a quantidade transportada deve ser menor que a capacidade produtiva da Usina j;

@for(usina(j): @sum(fornecedor(i):(x(i,j))) <= produtiva(j));

!A quantidade de biodiesel transportada entre cada usina e as demandas deve ser inferior que a quantidade transportada de matéria-prima entra os fornecedores e a Usina j;

@for(usina(j): @sum(cliente(k): (y(j,k))) <= @sum(fornecedor(i): (x(i,j))));

!A quantidade transportada de cada usina para a demanda k, deve ser inferior a cada demanda;

@for(cliente(k): @sum(usina(j): y(j,k)) >= demanda(k));

data:

@ole('cenario2.xlsx','fomod','trtemp','qdist') = fo, x, y;

Enddata

MODELO 2 – CENÁRIO 3

SETS:

```
fornecedorfam/@ole('cenario3.xlsx','fornecedorfam')/: dispfam,avfam;
fornecedoragro/@ole('cenario3.xlsx','fornecedoragro')/: dispagro,avagro;
usina/@ole('cenario3.xlsx','usina')/: produtiva;
cliente/@ole('cenario3.xlsx','cliente')/: demanda;
matriz1(fornecedorfam,usina):xi, customp, distancia;
matriz2(fornecedoragro,usina):xii, customp1, distancia1;
matriz3(usina,cliente):distanciadist, custodist, y;
endsets
```

data:

```
demanda=@ole('cenario3.xlsx','demanda');
avfam=@ole('cenario3.xlsx','avfam');
dispfam=@ole('cenario3.xlsx','dispfam');
avagro=@ole('cenario3.xlsx','avagro');
dispagro=@ole('cenario3.xlsx','dispagro');
produtiva=@ole('cenario3.xlsx','produtiva');
customp=@ole('cenario3.xlsx','customp');
customp1=@ole('cenario3.xlsx','customp1');
distancia=@ole('cenario3.xlsx','distancia');
distancia1=@ole('cenario3.xlsx','distancia1');
distanciadist=@ole('cenario3.xlsx','distanciadist');
custodist=@ole('cenario3.xlsx','custodist');
```

enddata

```
[fo]min=@sum(matriz1(i,j):xi(i,j)*customp(i,j)*distancia(i,j))+@sum(matriz2(i,j):xii(i,j)*customp1(i,j)*d
istancia1(i,j))+@sum(matriz3(j,k):distanciadist(j,k)*custodist(j,k)*y(j,k));
```

!Restrições;

!O total fornecido de cada fornecedor de MP (AF) para as usinas deve ser inferior/igual a capacidade de fornecimento;

```
@for(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):@sum(usina(j):(xi(i,j)))<=dispfam(i));
```

!O total fornecido de cada fornecedor de MP (AGRO) para as usinas deve ser inferior/igual a capacidade de fornecimento;

```
@for(fornecedoragro(i)|(dispagro(i) #NE# 0):@sum(usina(j):(xii(i,j)))<=dispagro(i));
```

!A quantidade transportada de MP (AF + AGRO) deve ser inferior/igual à capacidade da usina;

```
@for(usina(j):@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j)))<=produtiva(j));
```

!A quantidade comprada de MP por cada usina deve conter, pelo menos, 30% de AF;

```
@for(usina(j):@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))>=0.30*(@sum(fornecedorfam(i):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j))));
```

!A quantidade de biodiesel transportado entre cada usina e as demandas deve ser inferior à quantidade de MP transportada entre os fornecedores e a usina;

```
@for(usina(j):@sum(cliente(k):(y(j,k)))<=@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j))));
```

!A quantidade de biodiesel transportado de cada usina para a demanda k, deve ser inferior a cada demanda;

```
@for(cliente(k):@sum(usina(j):y(j,k))>=demanda(k));
```

data:

```
@ole('cenario3.xlsx','fomod','xi','xii','y')=fo,xi,xii,y;
```

enddata

MODELO 2 – CENÁRIO 4

SETS:

```

fornecedorfam/@ole('cenario4.xlsx','fornecedorfam')/: dispfam,avfam;
fornecedoragro/@ole('cenario4.xlsx','fornecedoragro')/: dispagro,avagro;
usina/@ole('cenario4.xlsx','usina')/: produtiva;
cliente/@ole('cenario4.xlsx','cliente')/: demanda;
matriz1(fornecedorfam,usina):xi, customp, distancia,avfam1;
matriz2(fornecedoragro,usina):xii, customp1, distancia1,avagro1;
matriz3(usina,cliente):distanciadist, custodist, y;
endsets

```

data:

```

demanda=@ole('cenario4.xlsx','demanda');
avfam=@ole('cenario4.xlsx','avfam');
dispfam=@ole('cenario4.xlsx','dispfam');
avagro=@ole('cenario4.xlsx','avagro');
dispagro=@ole('cenario4.xlsx','dispagro');
produtiva=@ole('cenario4.xlsx','produtiva');
customp=@ole('cenario4.xlsx','customp');
customp1=@ole('cenario4.xlsx','customp1');
distancia=@ole('cenario4.xlsx','distancia');
distancia1=@ole('cenario4.xlsx','distancia1');
distanciadist=@ole('cenario4.xlsx','distanciadist');
custodist=@ole('cenario4.xlsx','custodist');
avfam1=@ole('cenario4.xlsx','avfam1');
avagro1=@ole('cenario4.xlsx','avagro1');
enddata

```

```

[fo]min=@sum(matriz1(i,j):xi(i,j)*customp(i,j)*distancia(i,j)/avfam1(i,j))+@sum(matriz2(z,w):xii(z,w)*
customp1(z,w)*distancia1(z,w)/avagro1(z,w))+@sum(matriz3(j,k):distanciadist(j,k)*custodist(j,k)*y(j,k);

```

!Restrições;

!O total fornecido de cada fornecedor de MP (AF) para as usinas deve ser inferior/igual a capacidade de fornecimento;

```
@for(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):@sum(usina(j):(xi(i,j)))<=dispfam(i));
```

!O total fornecido de cada fornecedor de MP (AGRO) para as usinas deve ser inferior/igual a capacidade de fornecimento;

```
@for(fornecedoragro(i)|(dispagro(i) #NE# 0):@sum(usina(j):(xii(i,j)))<=dispagro(i));
```

!A quantidade transportada de MP (AF + AGRO) deve ser inferior/igual à capacidade da usina;

```
@for(usina(j):@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j)))<=produtiva(j));
```

!A quantidade comprada de MP por cada usina deve conter, pelo menos, 30% de AF;

```
@for(usina(j):@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))>=0.30*( @sum(fornecedorfam(i):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j))));
```

!A quantidade de biodiesel transportado entre cada usina e as demandas deve ser inferior à quantidade de MP transportada entre os fornecedores e a usina;

```
@for(usina(j):@sum(cliente(k):(y(j,k)))<=@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j))));
```

!A quantidade de biodiesel transportado de cada usina para a demanda k, deve ser inferior a cada demanda;

```
@for(cliente(k):@sum(usina(j):y(j,k))>=demanda(k));
```

data:

```
@ole('cenario4.xlsx','fomod','xi','xii','y')=fo,xi,xii,y;
```

enddata

MODELO 2 – CENÁRIO 5

SETS:

```

fornecedorfam/@ole('cenario5.xlsx','fornecedorfam')/: dispfam,avfam;
fornecedoragro/@ole('cenario5.xlsx','fornecedoragro')/: dispagro,avagro;
usina/@ole('cenario5.xlsx','usina')/: produtiva;
cliente/@ole('cenario5.xlsx','cliente')/: demanda;
matriz1(fornecedorfam,usina):xi, customp, distancia;
matriz2(fornecedoragro,usina):xii, customp1, distancia1;
matriz3(usina,cliente):distanciadist, custodist, y;
endsets

```

data:

```

demanda=@ole('cenario5.xlsx','demanda');
avfam=@ole('cenario5.xlsx','avfam');
dispfam=@ole('cenario5.xlsx','dispfam');
avagro=@ole('cenario5.xlsx','avagro');
dispagro=@ole('cenario5.xlsx','dispagro');
produtiva=@ole('cenario5.xlsx','produtiva');
customp=@ole('cenario5.xlsx','customp');
customp1=@ole('cenario5.xlsx','customp1');
distancia=@ole('cenario5.xlsx','distancia');
distancia1=@ole('cenario5.xlsx','distancia1');
distanciadist=@ole('cenario5.xlsx','distanciadist');
custodist=@ole('cenario5.xlsx','custodist');

```

enddata

```

[fo]min=@sum(matriz1(i,j):xi(i,j)*customp(i,j)*distancia(i,j))+@sum(matriz2(i,j):xii(i,j)*customp1(i,j)*d
istancia1(i,j))+@sum(matriz3(j,k):distanciadist(j,k)*custodist(j,k)*y(j,k));

```

!Restrições;

!O total fornecido de cada fornecedor de MP (AF) para as usinas deve ser inferior/igual a capacidade de fornecimento;

```
@for(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0): @sum(usina(j):(xi(i,j)))<=dispfam(i));
```

!O total fornecido de cada fornecedor de MP (AGRO) para as usinas deve ser inferior/igual a capacidade de fornecimento;

```
@for(fornecedoragro(i)|(dispagro(i) #NE# 0): @sum(usina(j):(xii(i,j)))<=dispagro(i));
```

!A quantidade transportada de MP (AF + AGRO) deve ser inferior/igual à capacidade da usina;

```
@for(usina(j): @sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j)))<=produtiva(j));
```

!A quantidade comprada de MP por cada usina deve conter, pelo menos, 40% de AF;

```
@for(usina(j): @sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))>=0.40*( @sum(fornecedorfam(i):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j))));
```

!A quantidade de biodiesel transportado entre cada usina e as demandas deve ser inferior à quantidade de MP transportada entre os fornecedores e a usina;

```
@for(usina(j): @sum(cliente(k):(y(j,k)))<=@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j))));
```

!A quantidade de biodiesel transportado de cada usina para a demanda k, deve ser inferior a cada demanda;

```
@for(cliente(k): @sum(usina(j):y(j,k))>=demanda(k));
```

data:

```
@ole('cenario5.xlsx','fomod','xi','xii','y')=fo,xi,xii,y;
```

enddata

MODELO 2 – CENÁRIO 6

SETS:

```

fornecedorfam/@ole('cenario6.xlsx','fornecedorfam')/: dispfam,avfam;
fornecedoragro/@ole('cenario6.xlsx','fornecedoragro')/: dispagro,avagro;
usina/@ole('cenario6.xlsx','usina')/: produtiva;
cliente/@ole('cenario6.xlsx','cliente')/: demanda;
matriz1(fornecedorfam,usina):xi, customp, distancia,avfam1;
matriz2(fornecedoragro,usina):xii, customp1, distancia1,avagro1;
matriz3(usina,cliente):distanciadist, custodist, y;
endsets

```

data:

```

demanda=@ole('cenario6.xlsx','demanda');
avfam=@ole('cenario6.xlsx','avfam');
dispfam=@ole('cenario6.xlsx','dispfam');
avagro=@ole('cenario6.xlsx','avagro');
dispagro=@ole('cenario6.xlsx','dispagro');
produtiva=@ole('cenario6.xlsx','produtiva');
customp=@ole('cenario6.xlsx','customp');
customp1=@ole('cenario6.xlsx','customp1');
distancia=@ole('cenario6.xlsx','distancia');
distancia1=@ole('cenario6.xlsx','distancia1');
distanciadist=@ole('cenario6.xlsx','distanciadist');
custodist=@ole('cenario6.xlsx','custodist');
avfam1=@ole('cenario6.xlsx','avfam1');
avagro1=@ole('cenario6.xlsx','avagro1');

```

enddata

```

[fo]min=@sum(matriz1(i,j):xi(i,j)*customp(i,j)*distancia(i,j)/avfam1(i,j))+@sum(matriz2(z,w):xii(z,w)*
customp1(z,w)*distancia1(z,w)/avagro1(z,w))+@sum(matriz3(j,k):distanciadist(j,k)*custodist(j,k)*y(j,k);

```

!Restrições;

!O total fornecido de cada fornecedor de MP (AF) para as usinas deve ser inferior/igual a capacidade de fornecimento;

```
@for(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE# 0):@sum(usina(j):(xi(i,j)))<=dispfam(i));
```

!O total fornecido de cada fornecedor de MP (AGRO) para as usinas deve ser inferior/igual a capacidade de fornecimento;

```
@for(fornecedoragro(i)|(dispagro(i) #NE# 0):@sum(usina(j):(xii(i,j)))<=dispagro(i));
```

!A quantidade transportada de MP (AF + AGRO) deve ser inferior/igual à capacidade da usina;

```
@for(usina(j):@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE#
```

```
0):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j)))<=produtiva(j));
```

!A quantidade comprada de MP por cada usina deve conter, pelo menos, 40% de AF;

```
@for(usina(j):@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE#
```

```
0):(xi(i,j)))>=0.40*(@sum(fornecedorfam(i):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE#
```

```
0):(xii(k,j))));
```

!A quantidade de biodiesel transportado entre cada usina e as demandas deve ser inferior à quantidade de MP transportada entre os fornecedores e a usina;

```
@for(usina(j):@sum(cliente(k):(y(j,k)))<=@sum(fornecedorfam(i)|(dispfam(i) #NE#
```

```
0):(xi(i,j)))+@sum(fornecedoragro(k)|(dispagro(k) #NE# 0):(xii(k,j))));
```

!A quantidade de biodiesel transportado de cada usina para a demanda k, deve ser inferior a cada demanda;

```
@for(cliente(k):@sum(usina(j):y(j,k))>=demanda(k));
```

data:

```
@ole('cenario6.xlsx','fomod','xi','xii','y')=fo,xi,xii,y;
```

enddata