



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**USINAS DE ÁLCOOL – FATORES INFLUENTES NO  
PROCESSO DE ESCOLHA DA LOCALIZAÇÃO DE NOVAS  
UNIDADES**

**SAULO DE TARSO PRADO QUEIROZ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS**

**BRASÍLIA/DF**  
**FEVEREIRO/2008**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**USINAS DE ÁLCOOL – FATORES INFLUENTES NO PROCESSO DE ESCOLHA  
DA LOCALIZAÇÃO DE NOVAS UNIDADES**

**SAULO DE TARSO PRADO QUEIROZ**

**ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO RONALDO GRANEMANN**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONEGÓCIOS  
PUBLICAÇÃO: 07/2008**

**BRASÍLIA/ DF  
FEVEREIRO/2008**

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

QUEIROZ, S. T. P. **Usinas de álcool – fatores influentes no processo de escolha da localização de novas unidades**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 150 p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução dessa dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Queiroz, Saulo de Tarso Prado.  
Usinas de álcool – fatores influentes no processo de escolha da localização de novas unidades / Saulo de Tarso Prado Queiroz; orientação de Sergio Ronaldo Granemann. – Brasília, 2008.  
150 p.  
Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2008.  
1. Fatores locacionais. 2. AHP. 3. Álcool. 4. Etanol.  
5. Multicritérios.

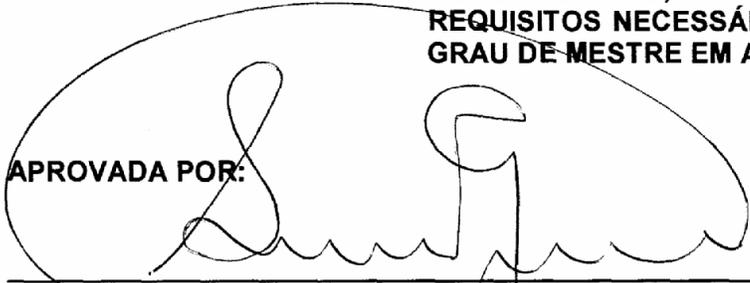
**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**USINAS DE ÁLCOOL – FATORES INFLUENTES NO PROCESSO DE ESCOLHA  
DA LOCALIZAÇÃO DE NOVAS UNIDADES**

**SAULO DE TARSO PRADO QUEIROZ**

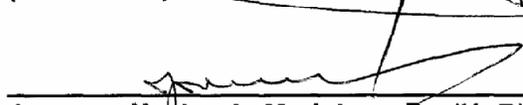
**DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida  
ao Programa de Pós-graduação em  
Agronegócios, como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do  
grau de Mestre em Agronegócios.**

**APROVADA POR:**



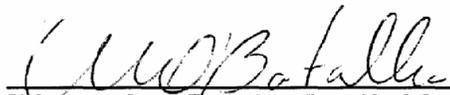
---

**Sérgio Ronaldo Granemann, Dr. (UnB)  
(Orientador)**



---

**Josemar Xavier de Medeiros, Dr. (UnB)  
(Examinador interno)**



---

**Mário Otávio Batalha, Dr. (UFSCar)  
(Examinador externo)**

**BRASÍLIA/DF, 22 DE FEVEREIRO DE 2008**

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                    | <b>1</b>  |
| 1.1      | OBJETIVO .....   | 8         |
| 1.2      | JUSTIFICATIVA.....   | 8         |
| 1.3      | LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....                                  | 10        |
| 1.4      | METODOLOGIA .....  | 10        |
| 1.5      | ESTRUTURA DO TRABALHO.....                                 | 11        |
| <b>2</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                           | <b>12</b> |
| 2.1      | A LOCALIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS.....                      | 12        |
| 2.2      | FATORES DE LOCALIZAÇÃO .....                               | 19        |
| 2.3      | MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO .....                               | 29        |
| 2.3.1    | Otimização ou programação linear (métodos exatos).....     | 29        |
| 2.3.2    | Métodos de simulação.....                                  | 31        |
| 2.3.3    | Métodos heurísticos .....                                  | 32        |
| 2.3.4    | Métodos multicritérios.....                                | 33        |
| <b>3</b> | <b>O PANORAMA DO ÁLCOOL.....</b>                           | <b>37</b> |
| 3.1      | A CADEIA DE PRODUÇÃO DO ÁLCOOL .....                       | 37        |
| 3.1.1    | Características do álcool .....                            | 39        |
| 3.1.2    | A matéria-prima e os fornecedores.....                     | 41        |
| 3.1.3    | A usina hoje e os locais de produção de álcool.....        | 43        |
| 3.1.4    | A distribuição do álcool no Brasil .....                   | 46        |
| 3.1.5    | O marco regulatório.....                                   | 48        |
| 3.2      | A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL .....           | 51        |
| 3.2.1    | O início da produção até 1975.....                         | 51        |
| 3.2.2    | O aumento da produção - 1975 até 1990.....                 | 54        |
| 3.2.3    | A retomada da produção .....                               | 57        |
| 3.2.4    | A participação da indústria automobilística .....          | 58        |
| 3.3      | O ÁLCOOL NO MUNDO .....                                    | 60        |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIA DO TRABALHO.....</b>                        | <b>64</b> |
| 4.1      | PESQUISA BIBLIOGRÁFICA .....                               | 65        |
| 4.2      | LEVANTAMENTO DE FATORES LOCACIONAIS .....                  | 66        |
| 4.3      | LEVANTAMENTO DE FATORES LOCACIONAIS DE USINAS .....        | 67        |
| 4.4      | DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS FATORES LOCACIONAIS.....           | 68        |
| 4.4.1    | Características dos participantes.....                     | 70        |
| 4.5      | TRATAMENTO DOS RESULTADOS DA PESQUISA COM AS EMPRESAS..... | 73        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>5</b>   | <b> APLICAÇÃO DE MÉTODO MULTICRITÉRIOS NA ESCOLHA DO LOCAL DE UMA NOVA USINA DE ÁLCOOL.....</b>   | <b>75</b>  |
| <b>5.1</b> | <b> A SELEÇÃO DO MÉTODO.....</b>  | <b>75</b>  |
| 5.1.1      | O método de análise hierárquica AHP.....  | 77         |
| <b>5.2</b> | <b> CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....</b>   | <b>79</b>  |
| <b>5.3</b> | <b> O GRUPO DECISOR .....</b>   | <b>80</b>  |
| <b>5.4</b> | <b> OS CRITÉRIOS DE LOCALIZAÇÃO.....</b>  | <b>80</b>  |
| <b>5.5</b> | <b> AS ALTERNATIVAS DE LOCALIZAÇÃO ESCOLHIDAS .....</b>   | <b>82</b>  |
| <b>5.6</b> | <b> O ESTADO DE GOIÁS .....</b>   | <b>84</b>  |
| 5.6.1      | A logística de transporte.....  | 85         |
| 5.6.2      | As usinas de álcool em Goiás.....   | 86         |
| 5.6.3      | Município de Jataí / GO.....  | 88         |
| 5.6.4      | Município de Morrinhos / GO.....  | 92         |
| 5.6.5      | Município de Quirinópolis / GO.....   | 96         |
| <b>5.7</b> | <b> A ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA DE SIMULAÇÃO DA ESCOLHA DA LOCALIZAÇÃO DE USINA DE ÁLCOOL.....</b> | <b>101</b> |
| <b>5.8</b> | <b> FERRAMENTA COMPUTACIONAL UTILIZADA NA SIMULAÇÃO .....</b>                                     | <b>102</b> |
| <b>5.9</b> | <b> A ANÁLISE E OS RESULTADOS OBTIDOS.....</b>  | <b>102</b> |
| <b>6</b>   | <b> CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>111</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>121</b> |
|            | <b>ANEXO A.....</b>   | <b>131</b> |
|            | <b>ANEXO B.....</b>   | <b>134</b> |

# USINAS DE ÁLCOOL – FATORES INFLUENTES NO PROCESSO DE ESCOLHA DA LOCALIZAÇÃO DE NOVAS UNIDADES

## RESUMO

Esse trabalho buscou analisar os fatores envolvidos na escolha do local de instalação de uma usina de álcool. Foram utilizados como meios para atingir o objetivo: a pesquisa bibliográfica, entrevista, questionários e aplicação piloto. O resultado mostra que os fatores ligados à matéria-prima foram considerados os mais importantes na definição do local e nenhum fator específico mostrou-se forte o suficiente para ser considerado determinante. Também foi efetuada uma simulação de escolha do local de uma usina utilizando o método AHP com a finalidade de verificar a aplicabilidade dos fatores aqui levantados e do AHP para o processo de apoio a decisão. O resultado da simulação mostrou que os fatores e o método utilizado são válidos para se atingir o objetivo de escolha de local de uma usina de álcool.

**Palavras-chave:** Fatores locacionais, AHP, etanol, álcool e multicritérios.

# ETHANOL PLANT - INFLUENTIAL FACTORS IN THE PROCESS OF CHOICE OF THE LOCALIZATION OF NEW UNITS

## ABSTRACT

This work searched to analyze the involved factors in the choice of the place of installation of an alcohol plant. They had been used as half to reach the objective: the bibliographical research, interview, questionnaires and application pilot. The result sample that on factors to the raw material had been considered most important in the definition of the place and no specific factor revealed strong the determinative sufficient to be considered. Also method AHP with the purpose was effected a simulation of choice of the place of a plant using to verify the applicability of the factors raised here and the AHP for the process of decision support. The result of the simulation showed that the factors and the used method are been valid to reach the objective of choice of place of an alcohol plant.

**Keywords:** Locations factors, AHP, ethanol, alcohol and multicriteria.

# 1 INTRODUÇÃO

O mundo passa por mudanças no que diz respeito a sua matriz energética. A grande dependência de combustíveis fósseis é encarada como um problema que precisa ser resolvido e para isso o mundo busca alternativas que sejam limpas, economicamente viáveis e renováveis.

A matriz energética do mundo hoje é quase que completamente dependente do petróleo e seus derivados. De acordo com Peres et al (2005) a participação dos combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão) na matriz energética atual é de 79%. Completam a matriz mundial, a energia nuclear e outras fontes alternativas de energia<sup>1</sup> (Figura 1.1).

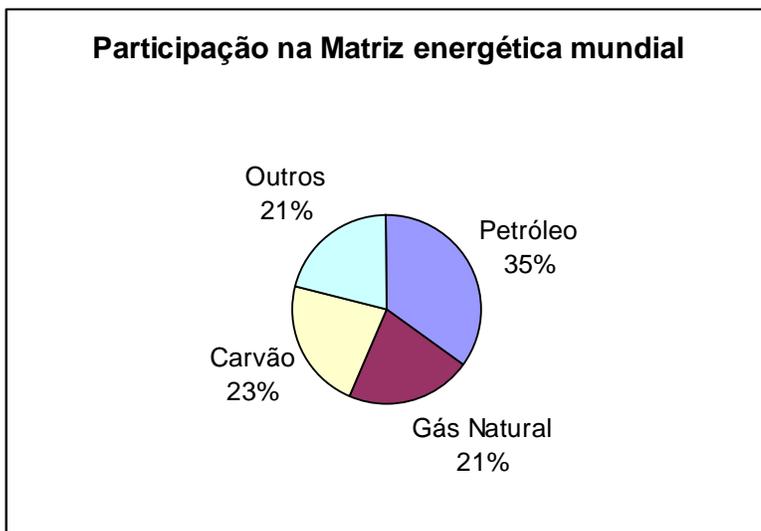


Figura 1.1 – Composição da matriz energética mundial Baseado em Peres et al (2005).

<sup>1</sup> Segundo GALDINO et al (2007) as fontes alternativas ao petróleo mais utilizadas são: nuclear, eólica, solar e de biomassa.

Os principais problemas dos combustíveis fósseis, além de serem altamente poluidores, são: grandes reservas (petróleo) em regiões instáveis politicamente como o Irã, Iraque e Venezuela entre outros, e concentração de reservas localizadas em poucos países como Irã, Bolívia e Rússia que juntos detém mais de 60% das reservas mundiais de gás natural.

Com o mundo disposto a diminuir a sua dependência em petróleo, o álcool foi elevado à condição de produto mais indicado para essa tarefa e com isso sua utilização avança em diversos países (IPCC, 2007). É importante ressaltar que esse aumento da produção de álcool que está ocorrendo não busca a substituição completa da gasolina ou dos derivados do petróleo, e sim efetuar misturas em determinadas proporções entre biocombustíveis e combustíveis fósseis. A meta com isso é diminuir a dependência em combustíveis fósseis principalmente nos transportes, sendo que a substituição completa da gasolina iria necessitar de uma área de matéria-prima para a produção de biocombustíveis inviável com a tecnologia que temos atualmente. Outro ponto é que a produção de combustíveis derivados do petróleo gera ao mesmo tempo diversos produtos (ver preço do petróleo), e com isso não é possível diminuir só a produção de gasolina sem diminuir a produção de outros derivados importantes, os quais o álcool não pode substituir. Sendo assim, o álcool atuará como um aditivo a gasolina.

No Brasil também ocorre uma grande expansão do setor alcooleiro e segundo levantamento realizado por Pires (2005) para o Centro Brasileiro de Infra-Estrutura (CBIE), o peso do álcool na matriz energética passou de 6,8%, em 1978, para 13,5%, em 2004, e deve atingir 14,3%, em 2010. A produção brasileira aumentou de 10,5 bilhões de litros na safra 2000/2001 para 15,4 bilhões de litros na safra 2004/2005, sendo que o consumo interno foi da ordem de 12,8 bilhões de litros

(UNICA, 2006). A estimativa da produção brasileira para 2010 é de cerca de 26 bilhões de litros de álcool e a exportação de 5 bilhões de litros. Em 2015 o Brasil atingiria 36 bilhões de litros produzidos com 8 bilhões de litros exportados (TORQUATO, 2005).

O interesse brasileiro e mundial em relação ao álcool é resultado de uma confluência de fatores. De acordo com o relatório da RFA<sup>2</sup> de 2005, as oscilações do preço do petróleo, o aquecimento global e a segurança energética são os principais incentivos à produção do álcool<sup>3</sup>.

### **Preço do petróleo**

O ano de 2007 foi marcado por um considerável aumento no preço do petróleo, que chegou perto de US\$ 100,00 o barril sendo que o preço médio no ano foi de R\$ 70,80. E o início de 2008 mostra que os preços continuam em alta, sendo que em fevereiro atingiu mais de US\$ 102,00.

O aumento da demanda associado ao fato que as novas reservas estão em locais de difícil acesso apontam que o preço não cairá em 2008. As flutuações e os aumentos do preço do petróleo podem ser mais bem visualizados na figura 1.2.

Com o preço do petróleo em crescimento, o custo dos combustíveis utilizados nos transportes (gasolina, diesel, querosene e gás natural), atingiu patamares inéditos em todo o mundo.

---

<sup>2</sup> RFA (Renewable Fuels Association) é uma associação das indústrias americanas de etanol criada para desenvolver a sua produção e utilização.

<sup>3</sup> No caso do Brasil deve-se somar a esses fatores o surgimento dos motores flex-fuel, que proporcionou um grande aumento na demanda.

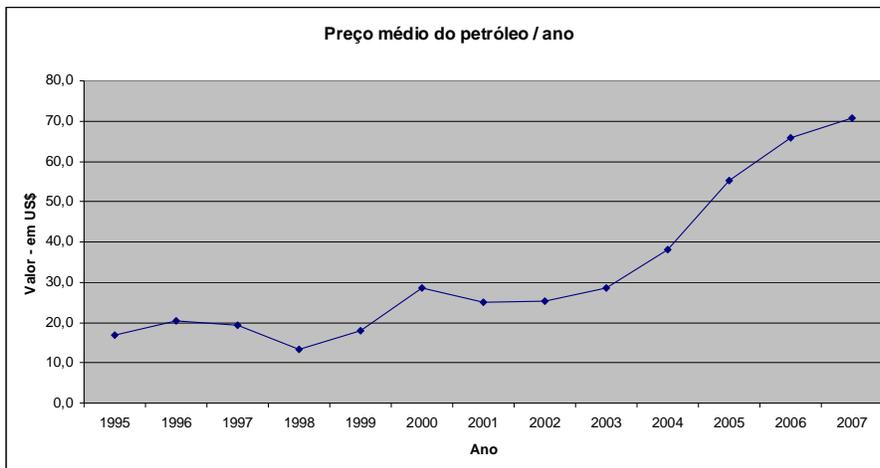


Figura 1.2 - Evolução do preço do petróleo – 1995/2007  
 Fonte - IPEA

O custo de produção da gasolina é influenciado por 3 principais fatores: o preço do óleo cru, o custo de refino e a sazonalidade na demanda e nos estoques. Qualquer alteração em um dos fatores influencia muito o seu custo, assim, fica muito difícil fazer qualquer previsão para os próximos 10 anos. Mas, segundo os analistas, o preço do petróleo subirá com o passar dos anos e não existe nenhuma tendência de baixar a marca de 60 dólares o barril (ICONE, 2007).

A consequência do alto preço do petróleo é que o álcool ficou competitivo a nível de custo de produção com a gasolina (figura 1.3). Esse pode ser considerado o principal motivo da expansão do álcool.

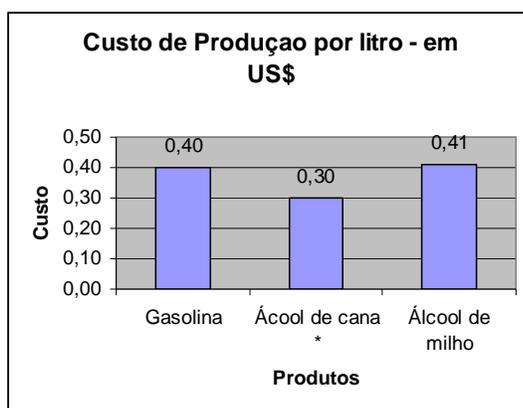


Figura 1.3 – Custo de produção do álcool e da gasolina  
 Fonte: OMC, 2007

Importante ressaltar que no processo de refino, o petróleo bruto passa por uma série de operações de beneficiamento, para a obtenção de produtos específicos (ver Tabela 1.1). O primeiro processamento do petróleo gera frações de gasolina e o óleo diesel, toda a nafta, os solventes e querosenes (de iluminação e aviação), além de parte do GLP (gás de cozinha). Com os resíduos do primeiro processamento, é realizada uma destilação á vácuo onde é extraído mais uma parcela de diesel, além de frações de um produto pesado chamado de gasóleo, que pode ser destinado à produção de lubrificantes ou a processos mais sofisticados, como o craqueamento catalítico, onde é transformado em GLP, gasolina e óleo diesel; o resíduo da destilação a vácuo pode ser usado como asfalto ou destinado à produção de óleo combustível. Uma série de outras unidades de processo destina-se a transformar frações pesadas do petróleo em produtos mais leves (CEPA, 1999).

Tabela 1.1 – Produtos gerados a partir do petróleo

| <b>Produto</b>             | <b>Utilização</b>               | <b>Produto</b>          | <b>Utilização</b>                            |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|--|
| Gás ácido                  | Produção de enxofre             | Querosene de iluminação | Iluminação e combustível doméstico           |
| Eteno                      | Petroquímica                    | Querosene de aviação    | Combustível para aviões                      |
| Dióxido de carbono         | Fluído refrigerante             | Óleo diesel             | Combustível para ônibus, caminhões, etc.     |
| Propanos especiais         | Fluído refrigerante             | Lubrificantes básicos   | Lubrificantes de máquinas e motores em geral |
| Propeno                    | Petroquímica                    | Parafinas               | Fabricação de velas, indústria de alimentos  |
| Butanos especiais          | Propelentes                     | Óleos combustíveis      | Combustíveis industriais                     |
| Gás liqüefeito de petróleo | Combustível doméstico           | Resíduo aromático       | Produção de negro de fumo                    |
| Gasolinas                  | Combustível automotivo          | Extrato aromático       | Óleo extensor de borracha e plastificante    |
| Naftas                     | Solventes                       | Óleos especiais         | Usos variados                                |
| Naftas para petroquímica   | Petroquímica                    | Asfaltos                | Pavimentação                                 |
| Aguarrás mineral           | Solventes                       | Coque                   | Indústria de produção de alumínio            |
| Solventes de borracha      | Solventes                       | Enxofre                 | Produção de ácido sulfúrico                  |
| Hexano comercial           | Petroquímica, extração de óleos | N-Parafinas             | Produção de detergentes biodegradáveis       |
| Solventes diversos         | Solventes                       | Benzeno                 | Petroquímica                                 |
| Tolueno                    | Petroquímica, solventes         | Xilenos                 | Petroquímica, solventes                      |

Fonte: CEPA, 1999

## Aquecimento global

Comparações de temperaturas<sup>4</sup> através do século XX demonstram claramente uma elevação da temperatura média em todas as regiões do mundo. Mas o estudo que mais alarmou os governos e a opinião pública foi o relatório do IPCC<sup>5</sup> “Climate Change 2007: The Physical Science Basis”<sup>6</sup> divulgado em Fevereiro de 2007, que contém as seguintes evidências de que uma mudança climática já está em curso:

- Lagos glaciais aumentam tanto em tamanho quanto em número, que pode levar potencialmente a cheias mortais;
- O gelo permanente nas regiões montanhosas e em altas latitudes ganhou temperatura e com isso perde gradativamente a capacidade de segurar o solo abaixo dele o que pode aumentar os riscos de deslizamentos de terra;
- À medida que a temperatura de rios e lagos aumenta, sua estratificação térmica e qualidade da água são alteradas;
- As correntes dos rios, afetadas pelo derretimento do gelo e geleiras, aceleram-se durante a primavera;
- Muitas plantas e animais expandiram seu habitat para regiões montanhosas e latitudes mais altas em busca de temperaturas mais amenas.

Com o mundo conscientizado do perigo do aquecimento global, gera-se um interesse no álcool, considerado um combustível renovável, economicamente viável e limpo.

---

<sup>4</sup> Pepin, N. C., D. J. Seidel , A global comparison of surface and free-air temperatures at high elevations, J. Geophys. 2005.

<sup>5</sup> O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) foi criado em 1988 pelo World Meteorological Organization (WMO) e a United Nations Environment Programme (UNEP) para estudar as mudanças climáticas mundiais e divulgar os resultados das pesquisas sobre o tema.

<sup>6</sup> Para esse relatório foram analisados cerca de 30 mil conjuntos de dados de mais de 70 estudos realizados por diversos países. Em 85% dos dados analisados, sinais claros de mudanças climáticas ocasionadas por um possível aumento da temperatura foram encontrados. A partir disso, o IPCC considerou “muito improvável” que o aumento da temperatura seja natural. Como qualquer modelo climático conhecido, é impossível 100% de certeza.

## Segurança energética

Segurança Energética é definida como "disponibilidade contínua de energia em diferentes formas, em quantidades suficientes e a preços aceitáveis pela sociedade" (IEA, 2006).

De acordo com recomendações da IEA (International Energy Agency), a segurança energética é essencial para o desenvolvimento sustentável e as fontes de energias renováveis beneficiam a segurança energética.<sup>7</sup>

Com o estrangulamento do mercado mundial de petróleo que acarreta grandes variações de preços, ameaças de ataques terroristas aos meios de escoamento e infra-estrutura obsoleta dos maiores produtores fez a segurança energética voltar a ganhar importância estratégica (SHEA, 2006)<sup>8</sup>.

Os países consumidores tomam consciência das suas vulnerabilidades energéticas e isso impulsiona a busca por alternativas.

As principais vulnerabilidades do fornecimento de energia são (SHEA, 2006):

- 40% do petróleo produzido transitam pelo Estreito de Ormuz;
- Os produtos têm que ser transportados por distâncias enormes até chegarem ao consumidor;
- Alguns países têm um papel muito grande no fornecimento como, por exemplo, o gás natural que tem 60% dos recursos localizados na Rússia e no Irã;
- Tecnologia complexa e vulnerável;
- Impossibilidade de garantir a segurança em todos os pontos de trânsito.

---

<sup>7</sup>Apresentado no Debate "Encontro das Nações Unidas" – Joanesburgo (2006)

<sup>8</sup>Jamie Shea é o atual Diretor de Planejamento Político da OTAN

Frente a essa vulnerabilidade, a OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte) recomenda aos seus integrantes o desenvolvimento, o mais rapidamente possível, de sistemas de transporte que não dependam maciçamente do petróleo (SHEA 2006). Como a busca da segurança energética passa pela redução da dependência do petróleo para os transportes, isso desperta o interesse por fontes alternativas e economicamente viáveis para substituí-lo, como o álcool.

## **1.1 OBJETIVO**

O objetivo principal desse trabalho é analisar o processo de localização de usinas de álcool combustível sob o ponto de vista dos fatores locais considerados pelas empresas.

### **Objetivos específicos**

- Verificar a aplicabilidade dos fatores através da utilização de um método de análise multicritérios para simular a escolha da localização de usinas de álcool;
- Determinar a importância dos fatores locais de usinas de álcool considerados pelo setor produtivo (as usinas).

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

O fator principal que motivou o desenvolvimento desse trabalho foi a grande quantidade de usinas em construção ou em fase de projeto no Brasil, tendo em vista os programas governamentais de incentivo à produção de álcool (financiamentos a juros baixos) como alternativa energética. Em 2007 o número de novas usinas em implantação foi de 89 unidades, sendo que 31 estão em fase de montagem

(dezesseis em São Paulo, quatro em Goiás, três em Minas, três em Mato Grosso, três no Mato Grosso do Sul, uma no Paraná e uma no Rio Grande do Sul) (UNICA, 2008).

Outro fator motivador foi a importância do setor para o Brasil. A indústria sucroalcooleira tem hoje um papel importante na economia brasileira. Ela é responsável por cerca de 1 milhão de empregos diretos na área rural, além de outros 300 mil diretos e indiretos no setor industrial. O país abriga aproximadamente 350 usinas, todas privadas. No Brasil são cultivados aproximadamente 5 milhões de hectares de cana-de-açúcar. A safra 2006/2007 de cana-de-açúcar foi de 426 milhões de toneladas e serviu de matéria-prima para a produção de 29,6 milhões de toneladas de açúcar e 17,7 bilhões de litros de álcool (UNICA, 2008). O volume de exportação de açúcar é altamente significativo para a balança comercial. As receitas em divisas variam entre US\$ 1,5 bilhões e US\$ 1,8 bilhões por ano, o que representam cerca de 3,5% do total das exportações brasileiras (TORQUATO; PEREZ, 2006).

Esses fatos podem ser somados ao interesse mundial crescente pelo álcool, com diversos países anunciando a sua produção para adição à gasolina.

Também se observa uma carência de estudos sobre o assunto, uma vez que os investimentos brasileiros em pesquisa no setor sucroalcooleiro foram basicamente voltados para novas variedades de cana-de-açúcar e aperfeiçoamentos do processo produtivo. Vale ressaltar que grande parte dos estudos de localização industrial trata de outros setores e não incorporam especificidades existentes na agroindústria, como por exemplo, a sazonalidade da produção (detalhes das características específicas da agroindústria podem ser mais bem visualizadas em Batalha (2001)). Tudo isso torna esse trabalho atual e relevante.

### **1.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Esse estudo abrangeu um número de usinas que não pode ser considerado como representativo do universo de usinas no Brasil e com isso os resultados aqui alcançados não podem ser generalizados nem tratados com instrumental estatístico.

Os fatores aqui levantados, pelo mesmo motivo acima citado, não pode ser considerado como os mesmos em todas as regiões produtoras de álcool do país, sendo que foram captadas diferenças entre elas, mas as mesmas não foram aprofundadas por não serem objeto desse trabalho. Com isso, os fatores aqui levantados não servem como base para a elaboração de modelos locacionais para esse setor agroindustrial em particular.

O número de decisores envolvidos nos julgamentos do estudo de caso é pequeno, o que pode ser considerado uma limitação do trabalho. Um número maior de decisores daria maior segurança quanto ao resultado da simulação contida nesse estudo, mas tornaria muito difícil de reuni-los para as decisões e por isso optou-se pelo número de 3 decisores somente.

Importante ressaltar que a escassez de pesquisas específicas sobre o tema em questão constituiu-se num dos maiores entraves ao desenvolvimento do presente estudo.

### **1.4 METODOLOGIA**

Os passos metodológicos utilizados para atingir os objetivos desse trabalho são os seguintes:

1. Pesquisa bibliográfica sobre a evolução da teoria da localização. As principais fontes de consulta serão dissertações, teses e artigos publicados em periódicos. A pesquisa também abordará estudos em outras áreas que não

- envolvem diretamente a localização, mas podem influenciar na escolha ótima do local de uma usina de álcool;
2. Entrevista com um agente do setor para levantamento de fatores específicos da produção de álcool;
  3. Desenvolvimento de questionários estruturados para levantamento de importância dos fatores de localização;
  4. Aplicação do questionário com três (3) empresas do setor no sentido de identificar o grau de importância dos fatores;
  5. Aplicação de metodologia multicritérios para seleção de um local para implantação de uma usina de álcool;

## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

O capítulo 1 contém a introdução, a justificativa do trabalho, seus objetivos e a metodologia a ser aplicada no estudo.

O capítulo 2 é o referencial teórico, abordando as teorias clássicas de localização bem como as contribuições científicas atuais sobre o tema.

O capítulo 3 traça um panorama do álcool no Brasil, e mostra a evolução da produção ao longo do tempo, a distribuição e as unidades produtoras. Também é abordado o marco regulatório sobre o assunto no Brasil.

O capítulo 4 mostra os procedimentos metodológicos adotados nesse trabalho.

O capítulo 5 é a simulação utilizando método multicritérios para a seleção do local de uma nova usina de álcool.

O capítulo 6 contém a conclusão e as recomendações finais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O objetivo desse capítulo é de fazer um panorama das teorias tradicionais de localização das atividades econômicas e de realizar um apanhado dos principais estudos destinados a estudar o problema da localização das empresas, através de diferentes métodos e modelos.

### **2.1 A LOCALIZAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS**

A localização de um determinado empreendimento é fator determinante, na maioria dos casos, do sucesso ou do fracasso da empresa. Na agricultura não é diferente, mas ela possui características próprias que devem ser consideradas, sendo que os principais são: dependência de condições climáticas favoráveis e sazonalidade da produção. Em relação as condições climáticas, avanços tecnológicos podem amenizar os efeitos, como por exemplo o uso de irrigação. A sazonalidade condiciona o funcionamento de uma agroindústria ao período da colheita nos casos de matéria-prima não estocável, como o caso da cana-de-açúcar. Por conta dessas características a localização de uma agroindústria sofre influências distintas de uma indústria tradicional.

Segundo Bowersox e Closs (2001), localização é a determinação de um ou mais locais, para abrigar uma ou mais instalações, que permitam otimizar alguns fatores de desempenho previamente estabelecidos – transporte, custos, tempo, nível de serviço, dentre outros.

A questão da localização é tratada por diversos autores como um problema de condicionalidade espacial já que o espaço geográfico exerce influência sobre as

atividades econômicas, uma vez que essas se encontram necessariamente condicionadas pela distribuição espacial dos recursos de produção, de um lado, e pelos aglomerados humanos, de outro (ALVES, 1983).

Randhawa e West (1995) salientam que a correta localização pode não só gerar significativas melhorias de produtividade, mas ainda possibilita o desenvolvimento de novos mercados e novos negócios, enquanto que localizações sub-ótimas podem gerar ineficiências em transporte, mão-de-obra inadequada, e gastos adicionais de capital investido em instalações e operações (ROMERO, 2006).

De acordo com Gualda (1995), o problema de localização pode ser definido como um problema de alocação espacial de recursos.

Diante da importância da localização, foram realizados diversos estudos a respeito do tema, processo esse iniciado por volta do século XIX, originando o que viria a ser conhecida como a teoria da localização.

### **A teoria da localização**

A teoria da localização teve origem a partir de estudos de dois alemães: Johann H. Von Thünen e Alfred Weber. A seguir é feita uma pequena descrição dos principais fundamentos do estudo desses autores no tema de localização de empresas.

### **Johann H. Von Thünen**

O economista Johann Heinrich von Thünen estudou a forma que se distribuíam as atividades agrícolas e foi um dos precursores do estudo da localização. Em seu estudo intitulado "The isolate state", composto de dois volumes, o primeiro lançado em 1826 e o segundo em 1850, Thunen analisa a influência da cidade sobre a

formação dos preços de produtos agrícolas, a influência da distância da cidade sobre a agricultura e sobre a renda dos agricultores e a influência do crescimento das cidades sobre a área rural cultivada. A análise baseava-se em uma área plana que continha o mesmo tipo de solo em toda sua extensão. No centro dessa área situava-se uma cidade com acesso por todos os lados.

Além disso, o autor considerava que os custos de transporte eram uniformes, como função da distância, os preços na cidade eram uniformes para cada produto e, como princípio orientador da atividade do agente econômico, a maximização da renda era definida como a receita residual, depois da remuneração de todos os fatores de produção e do pagamento dos fretes.

Thunen enfatizava que a localização de uma unidade produtiva era baseada na minimização de custos. Seu argumento relacionava especialmente, os pontos de localização de produção agrícola com os custos de transporte, que deveriam ser minimizados para resultar em maximização de lucros para os fazendeiros. O modelo afirmava que preços de mercado e custos de produção poderiam não ser idênticos, mas próximos, em alguma etapa da produção. A partir do momento em que os lucros dos fazendeiros fossem determinados pelos preços de mercado, menos os custos de produção e transportes, a localização ideal seria aquela que minimizasse os gastos com transportes.

### **Alfred Weber**

O alemão Alfred Weber é considerado o primeiro autor a abordar a localização em seu trabalho "Theory of the location of industries" realizado em 1909 e publicado em 1929. O principal problema colocado por Weber era saber até que ponto a localização das indústrias pode ser explicada por fatores específicos e até que ponto

é possível a localização ser baseada em fatores gerais (CLEMENTE; HIGACHI, 2000).

A análise de Weber era baseada em três suposições: as localizações das fontes de matérias-primas são dadas e conhecidas; a posição e o tamanho dos centros de consumo são dados e conhecidos; a mão-de-obra pode ser encontrada em oferta ilimitada, a uma taxa de salário determinada, em várias localizações dadas e fixas. Há ainda outras suposições tais como: concorrência perfeita, coeficientes fixos de produção e a minimização de custos (DONDA JÚNIOR, 2006).

Tanto para Weber como para Von Thünen, o local ideal era aquele que minimizasse o custo de transportes – seja da matéria-prima ou da distribuição do produto para o mercado (DONDA JUNIOR, 2006). A localização fazia referência à disponibilidade geográfica das matérias-primas, de forma que o melhor acesso às mesmas minimizaria os problemas na localização das unidades.

Segundo Saboya (2001), no modelo Weberiano, a decisão locacional é função de três forças atrativas ou fatores: transporte, custo da mão-de-obra e as forças de aglomeração e de desaglomeração.

### **Fatores de transporte**

O fator transporte tem como principal objetivo a minimização dos custos. Assim, a firma decidiria onde localizar sua planta industrial tendo em vista os custos envolvidos no transporte do volume de insumo até a fábrica e os custos de transportes relativos à entrega do produto final no mercado consumidor. No cálculo desses custos seriam considerados os pesos transportados, tanto do insumo quanto do produto final, e as respectivas distâncias percorridas. A característica do insumo também poderia influenciar a decisão locacional da firma, como no caso da cana-de-

açúcar que começa a perder qualidade assim que é colhida e por isso não é estocável.

### **Fatores de aglomeração**

Os fatores aglomerativos são definidos como aqueles que tendem a agrupar as atividades produtoras em um ponto do espaço (LEME, 1982). Grosso modo, é possível definir três categorias de fatores aglomerativos: escala, locacional e urbanos.

A primeira delas seriam as economias de escala provenientes da concentração da produção de forma a reduzir o custo unitário de transformação. Esse fator contribuiria para o surgimento de grandes plantas industriais.

Em segundo lugar, existem as chamadas economias de localização, que permitiriam que pequenas empresas se beneficiassem por estarem localizadas umas próximas das outras. Esse fato poderia incentivar a especialização de firmas em determinadas etapas do processo produtivo, gerando ganhos de produtividade. Além disso, seria possível para as empresas se aproveitarem de um mercado de mão-de-obra especializado já constituído (externalidades do mercado de trabalho), do fluxo de informações sobre o setor em questão (*spillovers* de informação) e da existência de fornecedores de serviços especializados na localidade. Estudos recentes têm também mostrado que a proximidade entre firmas de um mesmo setor pode criar condições para a cooperação horizontal entre empresas, quer seja no processo produtivo com a compra compartilhada de insumos, por exemplo, quer seja nas atividades de P&D em que o risco da atividade inovativa seria dividido.

## **Fatores de desaglomeração**

Com o passar do tempo acontece o crescimento das economias de aglomeração, porém, esse crescimento não é perene. Existem limites ao crescimento pelo próprio processo de aglomeração. Entre os fatores de desaglomeração podem-se citar aqueles que implicam em um aumento do custo de produção: a disputa por áreas pode determinar um aumento dos custos de locação (aluguel, por exemplo); aumento do grau de sindicalização; aumento do custo de vida; redução das chamadas amenidades urbanas etc. Esses fatores podem funcionar como barreiras à entrada de novas empresas como também determinar o afastamento das empresas já instaladas.

## **Outras contribuições ao estudo da localização**

A teoria da localização recebeu contribuições significativas ao longo do tempo, entre as quais podem ser citados os seguintes autores: Hotelling (1929), Losch (1954), Moses (1958), Isard (1972), Palander, entre outros.

Em 1929, Hotelling apresentou um modelo que considerava a localização dos concorrentes como importante para a definição do local de uma firma. A partir da definição dos mercados de cada empresa, as firmas mais bem localizadas junto a esses mercados eliminariam seus concorrentes (AZZONI, 1982).

August Lösch em seu estudo relacionado com a localização das atividades econômicas no espaço, *The economics of location* (1967), dedica especial atenção à definição das áreas de mercado e o fator determinante da escolha da localização é a maximização do lucro. Lösch entende que existem economias de aglomeração que tendem a agrupar as empresas produzindo bens para diferentes mercados, o

mesmo sucedendo com os custos de transporte, por efeito da redução das distâncias a percorrer.

Moses (1958) investiga em seu artigo - Location and the Theory of Production - as implicações do efeito substituição no equilíbrio locacional da firma. Ele conclui que para a maximização dos lucros são necessários ajustes no output-input de combinação, local e espaço. Segundo Moses, a otimização dessas variáveis pode ser determinada com ferramentas analíticas derivadas da teoria econômica tradicional.

Isard (1972) uniu várias teorias, incorporando ao modelo a análise do conjunto de atividades econômicas, buscando minimizar os custos. Isard considerava que os fatores locacionais dividiam-se em três grupos: custo de transporte, custo de transferência e custo de produção. Como Weber, o modelo de Isard era baseado no custo de transporte, como fator preponderante na escolha da localização de instalações.

A procura da localização de mínimo custo de transporte, em situações mais complexas do que aquela configurada no triângulo locacional, tem recebido a atenção de estudiosos, principalmente daqueles mais ligados à programação matemática e à pesquisa operacional, seguindo o trabalho de Kulin e Kuenne (1962), pioneiro nessa área. Com a mesma abordagem econômica, pode-se destacar Palander (1936), que aperfeiçoou a abordagem de Weber, possibilitando a análise de situações mais realistas em relação aos custos de transportes (AZZONI, 1982).

A utilização de modelos matemáticos mais robustos e o aumento da capacidade computacional permitiram o desenvolvimento de diversos modelos que foram estudados e aplicados com sucesso.

Todos esses modelos são baseados em fatores otimizados, visando minimizar custos ou maximizar lucros, englobados dentro de uma determinada estratégia previamente definida ou em um contexto específico. Entre esses modelos podemos citar os de Stollsteimer (1963) e Von Oppen e Scott (1976).

Stollsteimer (1963) desenvolveu um modelo básico para determinar o número, tamanho e localização de *packing-houses* para determinada fruta (pêra) na região noroeste da Califórnia, nos Estados Unidos. Segundo Stollsteimer, a localização ótima de uma firma deve considerar o número de firmas, tamanho e localização das fontes de matéria-prima, e a distribuição do produto, buscando programar os investimentos tanto na firma como em equipamentos. Von Oppen e Scott (1976) utilizaram um modelo de equilíbrio espacial juntamente com modelos locacionais para determinar a localização de indústrias de soja na Índia, aplicando funções econômicas como o transporte de insumos e produtos, custos médios, ofertas e demandas regionais.

## **2.2 FATORES DE LOCALIZAÇÃO**

A escolha do local para a implantação de uma instalação industrial segue fatores ou critérios previamente definidos pela empresa numa estratégia que visa atingir um objetivo traçado, que pode ser a minimização de custos, a maximização de lucros, a elevação do nível de serviço etc.

Os fatores locacionais são aqueles que de alguma forma influenciam na escolha do local de implantação de uma ou mais instalações<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Silva (2001) conceitua instalação como uma unidade de negócios que, através da realização de operações (manufatura, armazenagem, manuseio, entre outros), agrega valor a um determinado produto ou serviço.

Os fatores de localização que têm sido largamente utilizados nas pesquisas podem ser genericamente agrupados nas seguintes categorias: mercado, transporte, mão-de-obra, considerações do local, matéria-prima, serviços, utilidades, regras governamentais e meio ambiente (ROMERO, 2006).

Yang e Lee (1997) sugeriram que a adequação de um local específico para as operações de uma instalação depende dos fatores que serão selecionados e avaliados, bem como de seus impactos potenciais nos objetivos e operações associadas.

Segundo Mota (1988), os fatores locacionais influenciam a atividade industrial de dois modos: orientando as empresas para os pontos geográficos mais vantajosos e aglomerando ou dispersando a atividade industrial no interior do espaço geográfico (DONDA JÚNIOR, 2006).

Existem casos em que a localização de uma instalação depende de fatores especiais (clima, água, disponibilidade de terra etc.) ou ainda de motivos decorrentes de fatores intangíveis (DONDA JUNIOR, 2006).

Pacheco (1999) destaca o capital humano e ambiental como fatores de tendência locacional na economia brasileira e mundial, que influenciam o deslocamento da localização das atividades industriais para fora das regiões metropolitanas.

Ainda que a ênfase a ser dada a cada fator possa variar de acordo com a especificidade da região, Carlos (2000) enfatiza que a análise deve ser realizada a partir de uma proposição geral (macro) para uma situação determinada (micro) e que os fatores podem ser divididos em: fatores gerais, fatores regionais e fatores locais.

Entre os fatores gerais, Carlos (2000) destaca:

- Existência de pólos industriais;

- A urbanização;
- Implicações estratégicas;
- Tipos de indústrias (poluentes e não-poluentes).

Os fatores regionais principais são (CARLOS, 2000) :

- Infra-estrutura;
- Serviços disponíveis (água, energia elétrica, combustíveis);
- Comunicações viárias (ferrovias, rodovias etc);
- Comunicações não-viárias (telecomunicações, correios, entre outras);
- Recursos humanos (população, nível educacional, nível de especialização);
- Mercado (supridor de matéria-prima e/ou insumos, consumidor).

E, ainda segundo Carlos (2000), os fatores locais são:

- Custo da terra (valor histórico);
- Condições do terreno (declividade, condições de transporte etc.);
- Meio-ambiente (despejos industriais, poluição atmosférica, nível acústico);
- Micro clima (chuvas, temperatura, umidade, ventos);
- Incentivos (governamentais).

De acordo com Tuominen (1996), a disponibilidade e confiabilidade dos serviços de transporte são também fatores importantes, que devem ser considerados no processo de seleção de locais.

Segundo Ballou (2001) a localização das instalações é determinada freqüentemente por um fator que é mais crítico que os outros; essa característica pode ser denominada de força direcionadora. A força direcionadora depende da atividade da instalação e pode ser de ordem econômica ou não. Assim, Ballou

(2001) apresenta alguns dos fatores locacionais relevantes que envolve atividades de varejo ou de serviços como:

- Demografia local, base populacional e renda potencial;
- Fluxo de tráfego e acessibilidade, número e tipos de veículos, número e tipos de pedestres, disponibilidade de transporte público, fácil acesso às vias principais, nível de congestionamento;
- Estrutura do varejo, disponibilidade, número e tipos de concorrentes e de lojas na área, lojas complementares vizinhas, proximidade de áreas comerciais e promoções conjuntas por comerciantes locais;
- Características do ponto, proximidade e qualidade do estacionamento, visibilidade, tamanho e forma do ponto, qualidade de entradas e saídas e boas condições dos edifícios existentes;
- Fatores legais e de custo, tipo de zoneamento, períodos e cláusulas restritivas de locação, impostos locais, serviços e manutenção.

Os fatores locacionais podem ser divididos em econômicos e extra-econômicos.

Entre os fatores econômicos podem ser citados (ROMERO, 2006):

- Custo de produção/compra;
- Custo de estocagem e manuseio;
- Custos fixos do armazém;
- Custos de manutenção do estoque;
- Custo de pedido e processamento;
- Custos de transporte de entrada e saída.

Lopez e Henderson (1989) consideraram os seguintes fatores nas decisões de localização:

- Disponibilidade de matéria-prima;
- Proximidade com o mercado;
- Possível existência prévia de uma instalação;
- Disponibilidade de mão-de-obra;
- Disponibilidade e qualidade da água;
- Proximidade dos centros de distribuição;
- Disponibilidade de instalações de tratamento e depósito de lixo;
- Atratividade do local;
- Produtividade da mão-de-obra;
- Custo do terreno;
- Regulamentação em relação à poluição d'água;
- Existência de centros de capacitação profissional;
- Existência de instalações para despejo e manuseio de lixo sólido;
- Custo de despejo de esgoto;
- Disponibilidade e custo de serviços de transporte;
- Custo das utilidades;
- Custo de construção;
- Custos anuais de conformidade com as regulamentações ambientais;
- Regulamentação de poluição do ar;
- Proximidade de instalações portuárias;
- Custo de vida na região;
- Dificuldade de identificação das leis ambientais;
- Imagem do estado;

- Impostos em geral.

Segundo Chan (2001), fatores relacionados com os aspectos físicos ( rodovias, aeroportos, ferrovias, fornecimento de energia, canalização de água e esgoto e irrigação) seriam os fatores determinantes, pois tornam possível o funcionamento da instalação.

Em estudos de localização aplicados para o cenário brasileiro, os fatores relacionados aos incentivos fiscais, na maioria das situações, apresentam-se como determinantes na escolha do local das instalações (ROMERO, 2006).

Chuang (2001) apresentou em seu trabalho alguns critérios e requisitos relevantes no problema de localização. Segundo ele, os critérios de localização que devem ser avaliados são os seguintes:

- Características do terreno;
- Custos de implantação e operação;
- Condições de transporte;
- Proximidade de fornecedores e clientes;
- Leis e regras políticas;
- Comunidade e ambiente de trabalho;
- Condições de trabalho;
- Energia e utilidades;
- Condições de tecnologia da informação.

Bhatnagar, Jayaram e Phua (2003) listaram os seguintes fatores relevantes na localização das instalações:

- Custo: terra, energia, infra-estrutura de transporte, serviços, telecomunicações e mão-de-obra;
- Infra-estrutura: disponibilidade e qualidade;
- Serviços: disponibilidade e qualidade de serviços de transporte, financeiros, jurídicos, e de tecnologia da informação;
- Mão-de-obra: disponibilidade e qualidade;
- Governo: presença de agências reguladoras, estabilidade das políticas de governo, estabilidade das políticas de impostos e taxas, proteção ao investimento estrangeiro e transparência e eficiência administrativa;
- Cliente e Mercado: proximidade, dimensão e estabilidade;
- Fornecedores e Recursos: disponibilidade e proximidade;
- Competição: reação dos competidores frente à localização.

Nessa mesma ótica, Kabir e Shiman (2003) tratam da escolha de uma tecnologia de energia renovável. Esse problema é caracterizado como uma tomada de decisão multicritério, e os critérios de decisão selecionados pelos autores foram os seguintes:

- Custo unitário;
- Impacto social (aceitabilidade da população e qualidade de vida);
- Técnico (design e complexidade do equipamento, design da instalação, disponibilidade de equipamento e peças, segurança da instalação, manutenção e treinamento necessário);
- Localização (flexibilidade e dimensão da instalação);
- Ambiente (impacto no ecossistema) .

Menção deve também ser feita a Galvão, Cunha e Gualda (2003), que estudam uma aplicação do Analytic Hierarchy Process (AHP) na localização de um centro de distribuição. Para esses autores, as seguintes forças locacionais devem ser consideradas:

- Área para implementação:
  - Custo;
  - Disponibilidade;
- Entradas:
  - Água e afluentes;
  - Gás natural;
  - Energia elétrica;
  - Transporte;
  - Matéria-prima;
- Mercado;
- Aspectos ambientais;
- Vegetação, fauna e clima;
- Ocupação urbana e habitação;
- Recursos humanos;
- Qualidade de vida;
- Taxas e impostos;
- Incentivos fiscais e tributários.

Nessa mesma linha, Lopes e Caixeta Filho (2000) realizaram uma pesquisa com o objetivo de analisar a distribuição de granjas suínicas no estado de Goiás. Os fatores utilizados no modelo proposto foram:

- Custo de transporte de grãos (milho e soja) até a granja;
- Custo de transporte de suínos até o abatedouro;
- Custo de transporte de carcaça de suíno até o mercado consumidor.

Saboya (2001) analisou a dinâmica locacional das empresas dos complexos aves e suínos estabelecidos na região Centro-Oeste do país com o objetivo de encontrar os fatores locacionais da atividade. O fator matéria-prima foi considerado determinante, sendo que outros fatores também participam da definição do local de complexos industriais, são eles:

- Infra-estrutura;
- Programas de desenvolvimento regional;
- Incentivos fiscais.

Barquette (2002) pesquisou os fatores de localização de incubadoras tecnológicas e de empresas de alta tecnologia buscou avaliar quais eram os fatores locais mais relevantes para impulsionar a criação e o desenvolvimento de empreendimentos de alta tecnologia. Como resultado a autora fez uma divisão em fatores clássicos e fatores contemporâneos, sendo eles:

Fatores clássicos

- Transportes (aspectos quantitativos, exceto custo);
- Disponibilidade e custo de água e energia;
- Proximidade e dimensão dos mercados consumidores;
- Remoção de esgotos ou resíduos;
- Mão-de-obra (custo);
- Economias de aglomeração.

## Fatores contemporâneos

- Relações entre as empresas e entre agentes do meio;
- Universidades e centros de formação e pesquisa (base científica local);
- Qualidade do meio ambiente (condições de realização do bem-estar do homem);
- Capital;
- Condições de circulação urbana (inclusão dos aspectos qualitativos);
- Participação do setor público;
- Participação de outros parceiros (rede de empresas, instituições ou pessoas; empresas consolidadas);
- Força de trabalho (inclusão dos aspectos qualitativos);
- Perfil empresarial da comunidade local;
- Condições de acesso à informação;

Schneider (2006) procurou identificar os fatores locacionais que impulsionaram a produção de vinhos fora da serra gaúcha e chegou a conclusão que a qualidade da matéria-prima influencia mais que a disponibilidade de mão-de-obra, fator considerado pela autora como mais importante.

Estudo realizado em 2006 pela CFDC (Clean Fuels Development Coalition) com a cooperação do Nebraska Ethanol Board e apoiado pelo USDA (United States Department of Agriculture) relacionaram os principais fatores que podem participar da escolha do local de uma usina de álcool de milho, sendo eles divididos em: transportes, energia, água, matéria-prima e município.

Além dos fatores preponderantes nos processos de localização foram desenvolvidos métodos matemáticos e heurísticos para apoiar a decisão de

localização das organizações através dos tempos. Os principais métodos serão relacionados a seguir.

## **2.3 MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO**

O desenvolvimento de métodos para localização de instalações é uma área preferencial de pesquisa há algum tempo (BALLOU, 2001).

Os modelos e métodos utilizados atualmente podem ser divididos em (ROMERO, 2006):

- Otimização ou programação linear (métodos exatos);
- Simulação;
- Heurísticas;
- Métodos multicritérios.

A seguir esses métodos serão melhor detalhados:

### **2.3.1 Otimização ou programação linear (métodos exatos)**

Os métodos exatos são procedimentos com condições de garantir uma solução matemática ótima ao problema de localização, ou no mínimo uma solução de aceitável precisão, geralmente com o objetivo de minimizar custos. Em muitos aspectos, trata-se da abordagem ideal do problema de localização (BALLOU, 2001). Esse tipo de abordagem requer processamento pesado, gerando uma necessidade de memória computacional muito grande.

Segundo Romero (2006), os modelos mais discutidos nas pesquisas são:

- Covering mode ou modelo de cobertura: possui como objetivo localizar instalações e busca garantir a cobertura de uma região dentro de um determinado nível de serviço (ROMERO, 2006), é muito utilizado para a localização de serviços emergenciais como polícia, bombeiros, etc;
- Center model ou método do centro de gravidade: busca minimizar o custo, geralmente de transporte, com base na distância máxima entre a instalação e o mercado consumidor;
- Median model ou problema das medianas: busca minimizar o valor da função objetivo que representa o custo total de distribuição e foi inicialmente estudado por Hakimi (1964).

A Programação Linear Inteira Mista<sup>10</sup> (PLIM) é hoje uma das técnicas mais utilizadas para o desenvolvimento de modelos de localização. As ferramentas de otimização usando PLIM são as que tem apresentado melhores resultados para a resolução dos modelos de localização conforme atestam Love et al (1988), Ballou (1998), Smits (2001) e Bhutta (2004). A propósito, Gepffrion e Powers (1995) apontavam que em 90% dos casos os modelos criados para a localização de instalações optavam pela PLIM como algoritmo de otimização. Shapiro (2001) apontou o PLIM como a mais promissora técnica para a localização de instalações.

Atualmente estima-se que o percentual de modelos que usam o PLIM seja menor devido ao recente crescimento de pesquisas com Heurísticas (HAMAD, 2006).

---

<sup>10</sup> Um problema de Programação Linear Inteira (PLI) é um problema de Programação Linear (PL) em que todas ou alguma(s) das suas variáveis são discretas (têm de assumir valores inteiros). Quando todas as variáveis estão sujeitas à condição de integralidade estamos perante um problema de Programação Linear Inteira Pura (PLIP); e se apenas algumas o estão trata-se de um problema de Programação Linear Inteira Mista (PLIM).

### 2.3.2 Métodos de simulação

A simulação é aplicada quando existem situações incertas ou quando a própria complexidade do sistema dificulta o esforço de compreensão para o exato equacionamento do sistema ou, ainda, quando a magnitude do modelo de otimização o torna computacionalmente inviável. Os modelos de simulação contornam essas dificuldades com um uso mais intensivo de dados estatísticos e com um maior esforço de validação do modelo. Cada vez mais a simulação se destaca como uma poderosa ferramenta no desenvolvimento de sistemas mais eficientes e no apoio à tomada de decisão (SALIBY, 1999). Para classificar os modelos de simulação, Law & Kelton (1991) apresentam três dimensões. Essas dimensões são as mesmas encontradas em Kelton, Sadowski e Sadowski (1998):

**Modelos estáticos e dinâmicos:** um modelo estático é a representação de um sistema em um tempo particular e pode ser usado para representar um sistema retratado em um momento no tempo. Por outro lado, um modelo de simulação dinâmico representa como é a evolução de um sistema ao longo do tempo.

**Modelos contínuos e discretos:** um sistema discreto é aquele cujas variáveis de estado se modificam em instantes pontuais no tempo. Um banco é um exemplo de um sistema discreto onde a variável de estado associada ao número de clientes se modifica apenas quando um cliente chega. Um avião em movimento é um exemplo de um sistema contínuo, uma vez que as variáveis de estado como posição e velocidade podem mudar continuamente em relação ao tempo.

**Modelos determinísticos e estocásticos:** se um modelo de simulação não contém qualquer componente probabilístico, ele é chamado determinístico. Em modelos determinísticos, a saída é determinada uma vez que as configurações de entrada e os relacionamentos no modelo foram especificados. Modelos de simulação que

envolvem variáveis (ao menos uma) que precisam ser representadas por distribuições de probabilidade são chamados de modelos estocásticos.

### **2.3.3 Métodos heurísticos**

Os métodos heurísticos podem ser denominados como qualquer princípio ou conceito que contribui para reduzir o tempo médio de pesquisa de uma solução. Algumas vezes, são chamados de regras que guiam a resolução do problema.

Segundo Ballou (2001) os métodos heurísticos têm sido os preferidos na pesquisa para a localização de armazéns. Ainda segundo Ballou (2001), Kuehn e Hamburger foram dois dos principais desenvolvedores dos métodos heurísticos para localização de armazéns.

Os métodos heurísticos visam encontrar uma solução, não necessariamente a melhor, em um tempo computacional aceitável. Esses são aplicados a problemas cuja obtenção da solução ótima é computacionalmente dispendiosa quando calculada por métodos exatos.

Os dois tipos de heurísticas mais utilizados são as heurísticas construtivas e as heurísticas de melhoramentos:

- Heurísticas Construtivas: utilizam técnicas de adição na construção da solução do problema;
- Heurísticas de Melhoramento: a partir de uma solução inicial, são feitas trocas com o objetivo de melhorá-la.

#### **2.3.4 Métodos multicritérios**

Na segunda metade da década de 70 surgiram dúvidas acerca da eficiência dos modelos ortodoxos. A busca pela solução ótima de localização começou a ser substituída por uma visão sistêmica, englobando diversas situações problemáticas empresariais (ACKOFF, 1979).

Uma das abordagens que se destacou nesse novo conceito foi a Metodologia Multicritérios de Apoio à Decisão. O Apoio Multicritério à Decisão (AMD), também denominado internacionalmente por MultiCriteria Decision Aid (MCDA), consiste em um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar pessoas ou organizações a tomarem decisões sob influência de uma multiplicidade de critérios ou objetivos (GOMES, 2002), buscando o estabelecimento de uma relação subjetiva de preferências entre as alternativas que estão sendo avaliadas (ALMEIDA; COSTA, 2003).

A aplicação de qualquer método multicritérios pressupõe a necessidade de especificação anterior, dos objetivos pretendidos pelo decisor, quando da comparação de alternativas do problema (BANA E COSTA, 1995).

Sob o enfoque do Apoio Multicritério à Decisão, o tratamento de problemas de decisão não tem como objetivo determinar uma única e verdadeira solução. Ele fornece o apoio à decisão para os agentes envolvidos no projeto, incorpora os julgamentos de valores desses agentes a fim de acompanhar a maneira como se desenvolvem suas preferências sobre os desempenhos do conjunto de alternativas em questão, avaliadas à luz dos múltiplos critérios, objetivos ou dimensões consideradas (GOMES, 2002).

A distinção entre as metodologias multicritérios e as metodologias tradicionais de avaliação é o alto grau de incorporação dos valores subjetivos dos especialistas

nos modelos de avaliação, permite que uma mesma alternativa seja analisada de forma diferente de acordo com os critérios de valor individuais de cada especialista. Dessa forma a tomada de decisão pode ser vista como um esforço para tentar resolver problemas de objetivos muitas vezes conflitantes, cuja presença impede a existência de uma solução ótima e conduz a procura de uma solução de compromisso (ZELENY, 1994).

Os métodos multiobjetivos e multicriteriais tornam-se particularmente adequados ao problema de localização, pois podem trabalhar com uma infinidade de atributos para avaliar as várias alternativas possíveis de localização de um empreendimento.

Nesse sentido, alguns estudos de localização que utilizaram uma metodologia multicritérios merecem ser citados:

Soares (2006) estudou a localização de terminais rodoviários de passageiros interurbanos, interestaduais e internacionais (TRP) em cidades de grande porte, considerou diversas alternativas de localização. O procedimento adotado foi de uma estrutura hierárquica baseada nas recomendações dos métodos multicritérios de apoio à decisão, utilizou principalmente o MAH (Método de Análise Hierárquica).

Anunciação (2003) realizou um estudo de caso para avaliar a gestão de estoque centralizada de materiais e equipamentos de uma empresa industrial do ramo de petróleo. Para isso, foi construído um modelo de avaliação com a utilização de uma Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA).

Campos e Almeida (2006) estudaram a complexidade do processo de decisão de localizar a população atingida pela inundação oriunda de uma barragem, utilizando para isso um modelo de auxílio à tomada de decisão baseado em um método multicritério.

A seguir é apresentada uma síntese dos principais métodos multicritérios disponíveis para o auxílio à tomada de decisão.

### **Os principais métodos multicritérios**

Os dois principais grupos de métodos multicritérios encontrados na literatura (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2002), característicos das duas principais correntes de estudo são: a Escola Americana e a Escola Francesa.

Segundo Gomes; Gomes; Almeida (2002), na escola francesa as preferências dos responsáveis pelas decisões têm uma menor influência na escolha; já na escola americana eles possuem uma grande influência.

A Escola Americana é composta por métodos que fazem uso de uma função de síntese. Esses métodos consideram que as preferências dos decisores são representadas por uma função de utilidade multiatributo ou de valor. As preferências devem ser avaliadas pelo analista através do uso de modelos aditivos, multiplicativos, entre outros (GARTNER, 2001).

São representantes da Escola Americana os seguintes métodos, dentre outros:

- TOPSIS;
- TODIM;
- MINORA;
- AHP;
- SMART;
- AIM.

A Escola francesa é formada pelos métodos de sobreclassificação. Esses métodos são aplicados para a comparação entre alternativas discretas, onde a síntese aceita a incomparabilidade com base na relação de prevalência (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2002).

São representantes da Escola Francesa os seguintes métodos, dentre outros:

- QUALIFLEX;
- ORESTE;
- MELCHIOR;
- N-TOMIC;
- ELECTRE I; ELECTRE II; ELECTRE III; ELECTRE IV;
- PROMETHEE;
- MERCHIOR;

### 3 O PANORAMA DO ÁLCOOL

Esse capítulo mostra a cadeia do álcool, a evolução da produção de álcool no Brasil, das usinas e de suas características, do escoamento do produto e a regulamentação que envolve o setor. Também serão abordadas a produção mundial de álcool e as políticas internacionais atuais que incentiva a sua utilização em diversos países.

#### 3.1 A CADEIA DE PRODUÇÃO DO ÁLCOOL

O enfoque da cadeia de produção nesse estudo será baseado na escola francesa (análise de Filliere), sendo que esse enfoque tem como base de análise um determinado produto acabado. A Cadeia de Produção Agroindustrial – CPA pode ser dividida em três segmentos (BATALHA, 2001):

- Comercialização – Representando as empresas que estão em contato com o cliente final e que viabilizam o comércio do produto. As operadoras logísticas podem ser inseridas nesse quadro;
- Industrialização – Representando as indústrias responsáveis pela transformação da matéria prima no produto final,
- Produção da matéria-prima – Reunindo as firmas que fornecem a matéria-prima inicial do processo.

Segundo Batalha (2001), *“A lógica de encadeamento das operações, como forma de definir a estrutura de uma CPA, deve situar-se sempre de jusante a montante. Essa lógica assume implicitamente que as condicionantes impostas pelo consumidor final são os principais indutores de mudanças no status quo do sistema.”*

A cadeia de produção, segundo definição sistematizada por MORVAN (1988), pode ser entendida como “...uma sucessão de operações de transformação dissociáveis, capazes de ser separadas e ligadas entre si por um encadeamento técnico.” Pode ser definida também como “um conjunto de relações comerciais e financeiras que estabelecem, entre todos os estados de transformação, um fluxo de troca, situado de montante à jusante, entre fornecedores e clientes.”

Pode-se afirmar que a cadeia produtiva do álcool no Brasil é bastante desenvolvida, pois o país domina todos os estágios da tecnologia de produção. De acordo com Souza (2006), todos os agentes do setor possuem organizações representativas e atuantes. Grande parte da pesquisa é financiada pelas agroindústrias, assim como a assistência técnica que geralmente é própria. Os pequenos fornecedores praticamente não possuem assistência técnica na maioria dos estados brasileiros, principalmente na região Nordeste (VIDAL; SANTOS; SANTOS, 2007).

A figura 3.1, a seguir, ilustra a cadeia produtiva do álcool no Brasil.

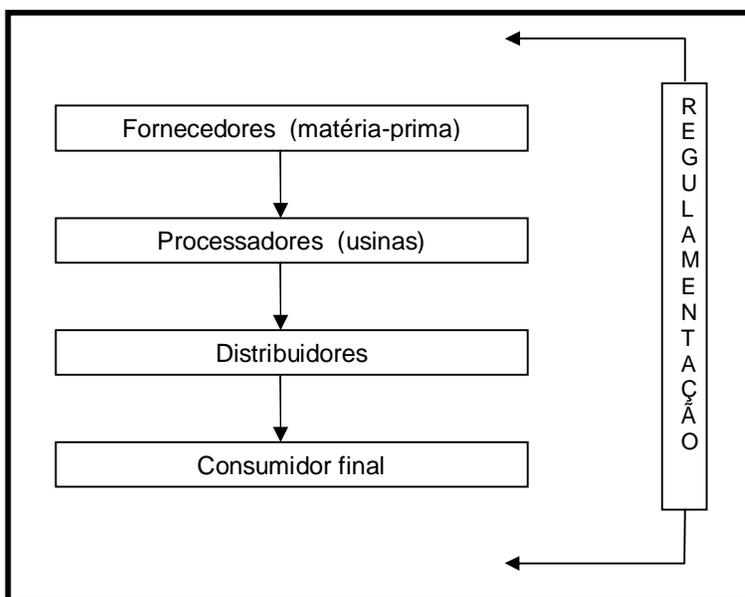


Figura 3.1 – Cadeia produtiva do álcool  
Fonte: UNICA

Uma descrição das principais características da evolução da produção e de cada agente da cadeia produtiva do álcool no Brasil é apresentada a seguir.

### **3.1.1 Características do álcool**

O álcool ou etanol é uma molécula composta por dois átomos de carbono, cinco átomos de hidrogênio e um grupo hidroxila (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH). O tipo de álcool utilizado como combustível é o álcool etílico (etanol), podendo ser do tipo anidro ou hidratado. O álcool anidro tem em torno de 0,5 % de teor de água, enquanto o hidratado tem por volta de 5%. O álcool produzido pelas colunas de destilação de uma usina é hidratado e para se transformar em etílico tem que passar por um processo adicional de retirada da água (UNICA, 2006).

A produção de álcool para uso como combustível começou no final do século XIX, em países da Europa e nos Estados Unidos. Em 1832 foi realizada a primeira utilização do álcool como fonte energética e em 1893 foram realizados diversos ensaios de competição entre o álcool e a gasolina. (MENEZES, 1980). O que acontecia no final do século XIX é que ainda não existia um combustível dominante. Os primeiros motores estacionários que existiam no começo do século XX, eram motores de vários tipos, com vela de ignição e movidos à gasolina, benzina, álcool, gás, etc. Havia também os motores com bico injetor e que funcionavam com diesel, azeite e outros tipos de óleo. No início do século XX, a indústria do petróleo conseguiu dominar a tecnologia de produção da gasolina, tornou o seu fornecimento confiável e barato. Com isso a gasolina tornou-se o combustível padrão no mundo e o álcool combustível passou a ser utilizado somente em competições esportivas.

Pela sua capacidade de ser produzido através da fermentação de qualquer tipo de matéria orgânica, o álcool hoje ocupa um lugar de destaque no que se refere à

biocombustíveis substitutos do petróleo, pois sua produção e utilização avançam em todos os continentes, e as matérias-primas mais utilizadas para a sua produção são: cana-de-açúcar, milho e beterraba.

A definição do álcool brasileiro, de acordo com a ESALQ (1998) é:

*“Álcool – proveniente da fermentação do caldo de cana-de-açúcar, submetido a posterior destilação. Basicamente são três os tipos: o neutro, usado na elaboração de bebidas em geral, cosméticos e produtos farmacêuticos; o hidratado carburante (96GL – 96% de álcool e 4% de água), usado para consumo direto nos automóveis e na indústria química; e, finalmente, o anidro (99,5GL), que é adicionado à gasolina na proporção de 24%.”*

O álcool também é utilizado como matéria-prima para gerar diversos outros produtos, como mostra a Figura 3.2.

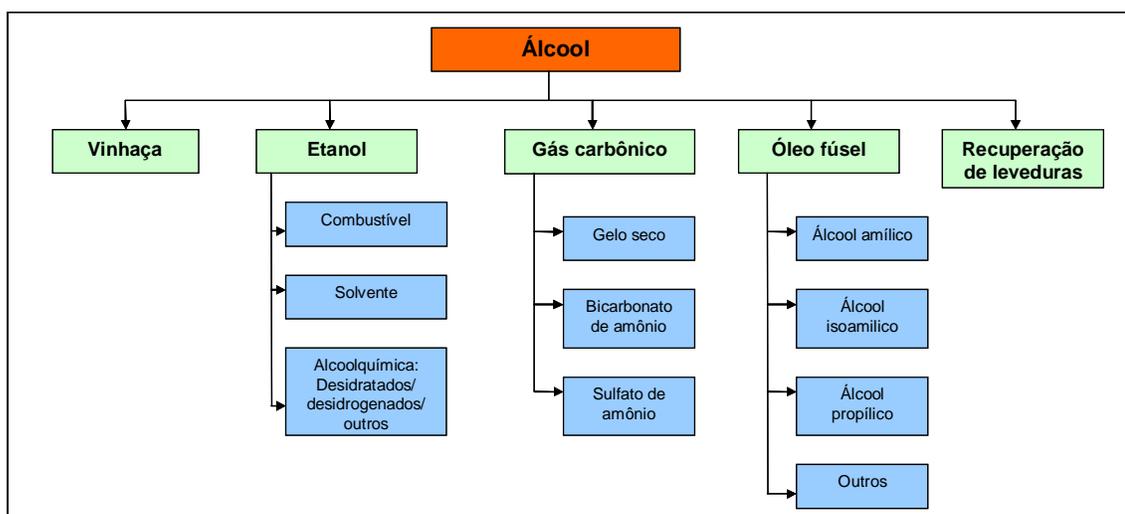


Figura 3.2 - Produtos derivados do álcool e suas utilizações.

Fonte: ESALQ

### 3.1.2 A matéria-prima e os fornecedores

A matéria prima utilizada na indústria sucroalcooleira brasileira é a cana-de-açúcar. Apesar de ser uma planta rústica, para seu aproveitamento pela indústria torna-se necessário alguns cuidados buscando uma produtividade aceitável, garantia de fornecimento e também uma garantia de qualidade mínima.

As diferenças de custos de produção entre as matérias-primas utilizadas na produção de álcool pelo mundo favorecem a cana-de-açúcar, como pode ser visto na figura 3.3. Enquanto o álcool é produzido no Brasil por 0,22 US\$ / litro, com o uso da cana-de-açúcar como matéria-prima, na Europa o álcool produzido a partir do trigo e da beterraba tem um custo de produção de 0,68 US\$ / litro. Isso evidencia claramente as vantagens competitivas da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de álcool combustível.

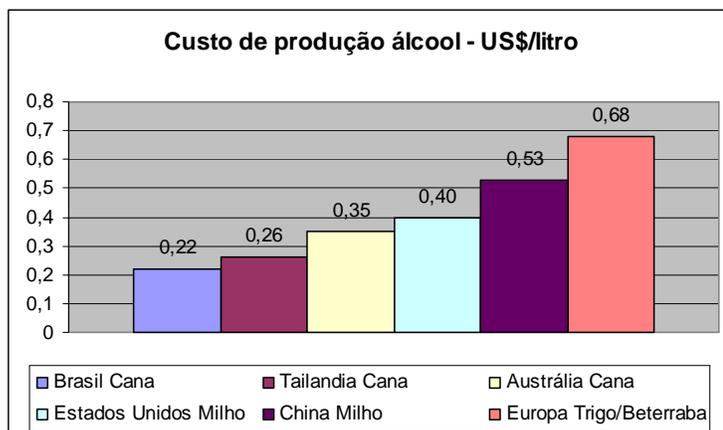


Figura 3.3 – Custo de produção do álcool

Fonte: ICONNE (2007)

Obs.: Dólar baseado na cotação de cada país em janeiro de 2007

Características próprias da cana fazem dela um produto de difícil manuseio e impossível de se estocar. Com isso, só é possível a existência de uma usina praticamente junto ao canavial, sendo que uma distancia máxima aceitável varia de 35 a 70 km do ponto máximo de colheita até a moenda (ESALQ, 1998). Sendo

assim, as especificidades dos ativos envolvidos atingem ambas as partes, fornecedores e usinas. Os fornecedores só têm a usina como compradora, pois a cana tem elevada especificidade locacional e temporal. Por outro lado, a usina é um grande investimento específico para o esmagamento de cana, sendo uma mudança de atividade produtiva praticamente impossível (ESALQ, 1998).

Com a usina somente podendo buscar a matéria-prima em torno da planta, grande parte das usinas utiliza terras próprias ou arrendadas (verticalização) para a sua produção de matéria-prima, controlando com isso ela mesma a maior parte da produção necessária para o funcionamento da usina. O índice de matéria-prima própria da usina e matéria prima de fornecedores contratados varia de região para região, sendo que em São Paulo o índice é de 60% própria e 40% oriunda de fornecedores independentes (ÚNICA, 2007).

O relacionamento(transações) das usinas com os fornecedores contratados gera, em geral, conflitos. Ao invés das partes tentarem firmar uma parceria estável e de longo prazo, o que acontece é uma disputa na busca de resultado imediato, sempre de curtíssimo prazo. (ESALQ, 1998). Esse tipo de comportamento entre as partes acaba incentivando a verticalização.

De acordo com a ESALQ (1998), a verticalização está num grau excessivo e que os produtores independentes estão conseguindo melhores produtividades que as usinas. Isso deveria mostrar um novo rumo e uma maior participação de fornecedores independentes.

Apesar da maior parte da produção estar nas mãos das usinas, o número de fornecedores de cana no Brasil é considerável, em torno de 50.000, os quais são responsáveis por 27% da cana moída no país. O tamanho médio das propriedades é de 100 hectares (UDOP, 2006). Os fornecedores estão mais sujeitos a dificuldades

devido a imprevistos, como por exemplo, a seca que atingiu a região nordestina na década de 90 e provocou o desaparecimento de 80% dos fornecedores independentes da região, com as áreas sendo absorvidas pelas usinas.

Importante frisar que a cana de açúcar gera diversos produtos, sendo que o álcool é um deles. Uma síntese dos produtos gerados pela cana pode ser visto na Figura 3.4.

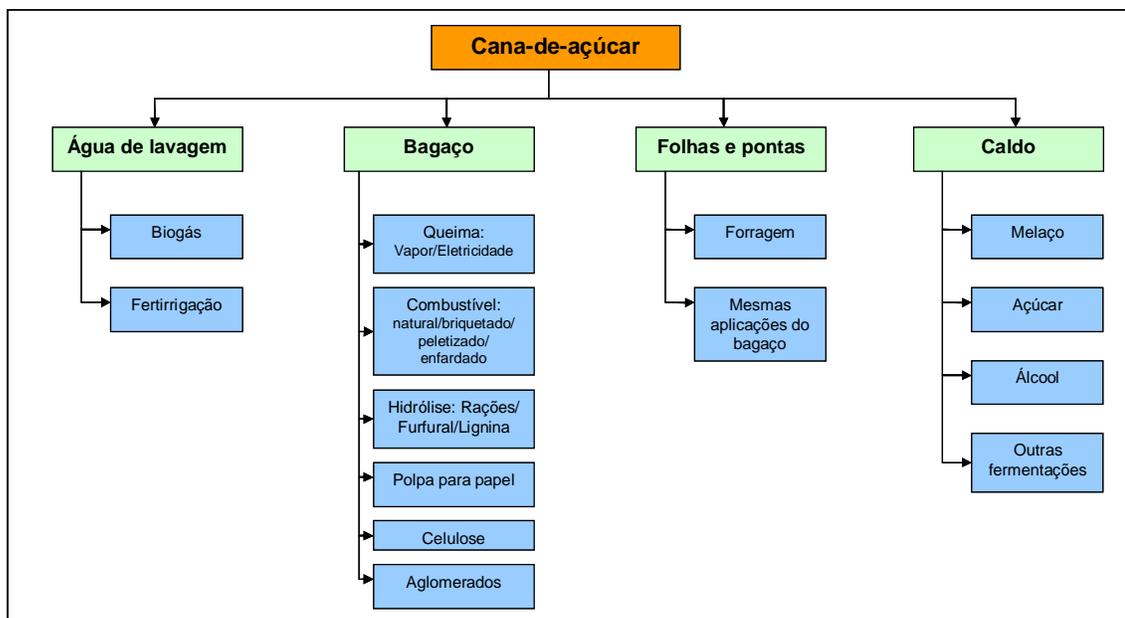


Figura 3.4 - Produtos derivados da cana de açúcar e suas utilizações.  
Fonte: ESALQ

### 3.1.3 A usina hoje e os locais de produção de álcool

No início de 2006, o Brasil tinha cerca de 347 usinas ou destilarias produtoras de álcool. Até 2010/11 estima-se que 69 novas unidades entrarão em operação, das quais 27 estão em fase de montagem e 29 em fase de projeto. Há ainda estabelecimentos em fase de consulta. Estima-se que, em 2010, 416 usinas serão

responsáveis pelo processamento de 570 milhões de toneladas de cana e pela produção de 27 bilhões de litros de álcool (UNICA, 2006).

Basicamente, uma usina de álcool opera durante os 8 meses de safra e nos outros 4 meses do ano executa procedimentos de manutenção. O investimento em uma unidade que processa 2 milhões de toneladas de cana por safra é estimado em cerca de 140 milhões de dólares, que abrange a parte industrial e agrícola (UNICA, 2007). A necessidade de mão-de-obra direta da unidade é estimada entre 150 a 230 postos na indústria e por volta de 900 postos na parte agrícola. Vale lembrar que a atividade possui característica sazonal e assim, o número de postos de trabalho na parte agrícola cai consideravelmente na entressafra (UNICA, 2007). Esses números variam em função da tecnologia e do modelo de gestão adotados em cada unidade.

A instalação de uma usina em um município causa impacto direto na economia da região. Nesse sentido, um estudo realizado nos anos 80 em 15 cidades brasileiras que possuíam usinas comprovou, em todos os casos, um crescimento da população local e uma reversão de migração para os grandes centros (JOHNSON & WRIGHT, 1983). O impacto dos empregos gerados por uma planta industrial em relação ao emprego total nos municípios possuidores de usinas é em média de 15,6%, em que na região Centro-Oeste esse percentual atinge 28% (MAGALHÃES; KUPERMAN; MACHADO, 1991).

Quase todos os estados brasileiros contam com usinas de álcool (ver figura 3.5). As maiores concentrações ocorrem em São Paulo e em alguns estados da região Nordeste. Essa concentração espacial obedece à lógica de instalação das unidades próximas dos locais de produção e dos mercados consumidores, o que contribui para a redução dos custos de produção e de logística.



Figura 3.5 – Distribuição espacial das usinas no Brasil  
 Fonte: ANP, 2007

A distribuição de usinas por região evidencia a enorme concentração nas regiões Sudeste e Nordeste (Ver figura 3.6), com 81% do total.

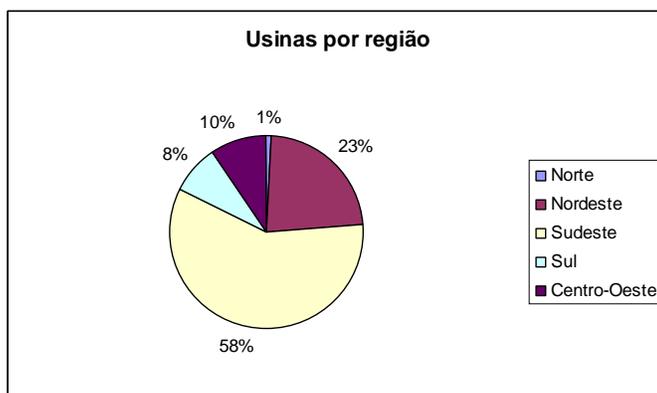


Figura 3.6 – Percentual de usinas por região do Brasil  
 Fonte: ANP, 2007

Por outro lado, as novas unidades em construção no país demonstram um crescimento da participação da região Centro-Oeste, que recebe o segundo maior número de usinas, sinalizando um movimento da produção para essa região conforme previsto pela ÚNICA (2007) (ver Figura 3.7).

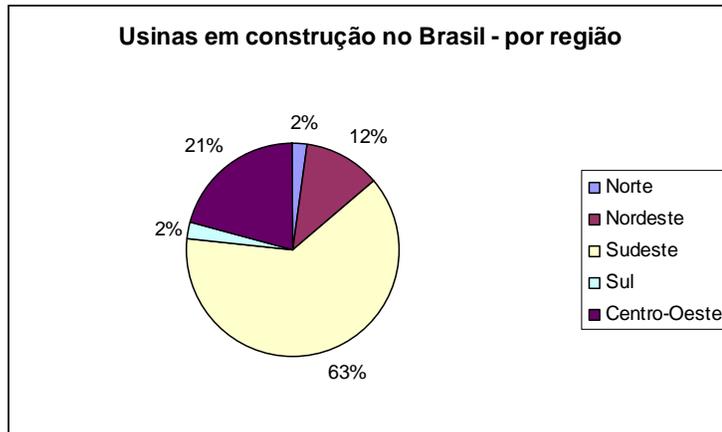


Figura 3.7– Usinas em construção no Brasil / por região  
 Fonte: UNICA (2007)

### 3.1.4 A distribuição do álcool no Brasil

A distribuição do álcool no Brasil é realizada pelos mesmos meios utilizados pelos derivados de petróleo. Essa é a forma de distribuição do álcool definida pelo CNAL – Conselho Nacional do Álcool, na resolução n° 6/80, que, além de determinar a forma do transporte do álcool, definia também qual deveria ser a preferência ou prioridade na utilização dos meios de escoamento: duto, cabotagem, ferrovias e rodovias, nesta ordem. A PETROBRAS, por contar com um amplo sistema de transporte para os derivados de petróleo, domina o mercado de distribuição de álcool no país (SOUZA, 2006).

Ainda em relação à distribuição do álcool, a portaria n° 116 (05/07/2000) da ANP – Agência Nacional do Petróleo, determina que o revendedor varejista (formado pela rede de postos de combustíveis brasileiros) só possa adquirir combustível automotivo das distribuidoras (SOUZA, 2006).

Até meados de 1990, a distribuição de combustíveis no Brasil era controlada por oito distribuidoras representadas pelo SINDCOM – Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes. A partir de 1995,

surgiram inúmeras novas distribuidoras, atuando a princípio nos mercados regionais. Essas novas distribuidoras são representadas pelo Sindicato das Distribuidoras Regionais de Combustíveis – Brasilcom. Com a entrada dessas pequenas e médias distribuidoras, diminuiu a concentração da distribuição sendo que em 2005, 170 distribuidoras participaram da comercialização de álcool no Brasil (ANP, 2006).

O escoamento do álcool da usina até o consumidor final segue o fluxo mostrado na Figura 3.8.

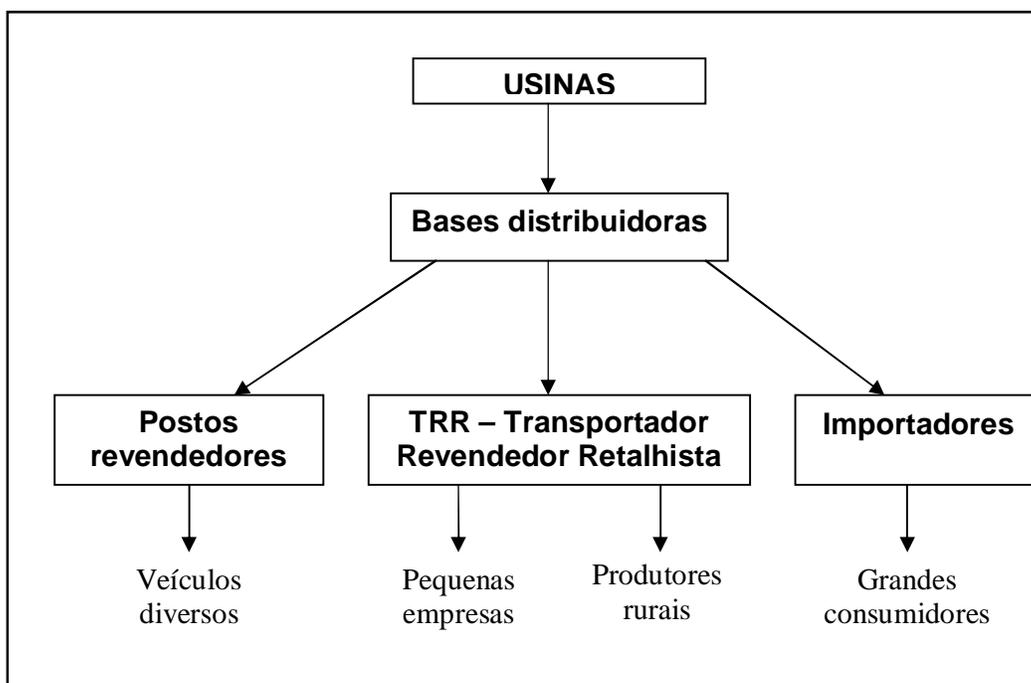


Figura 3.8 – Fluxo do escoamento do álcool  
Fonte: SINDCOM. 2006

Depois de produzido, o álcool segue da usina até a base distribuidora (primária) por modal rodoviário. De acordo com Fleury (2005), esse fluxo primário é todo executado por transporte rodoviário e a distância média percorrida é de 200 km.

A transferência entre as bases de distribuição é realizada em 61% dos casos por modal ferroviário, 31% rodoviário e 8% fluvial, e a distância média percorrida são de 717 km, 597 km e 1000 km respectivamente (FLEURY, 2005). Essa transferência

entre as bases geralmente envolve grandes volumes e servem para atender regiões nas bases que não possuem volume suficiente de álcool para suprir a demanda como, por exemplo, a região Sul e a região Norte.

A transferência das bases de distribuição para o revendedor varejista é realizada 100% por transporte rodoviário sendo que em 69% dos casos a distância se situa entre 0 e 100 km, 15% entre 100 e 200 km, 7% entre 200 e 300 km e 9% entre 300 e 600 km.

Com o crescimento das exportações, cinco portos brasileiros foram responsáveis pelo escoamento da maior parte dos 2,4 bilhões de litros de etanol vendidos ao exterior em 2005: Santos (SP), 58%; Maceió (AL), 18%; Paranaguá (PR), 18%; Cabedelo (PB), 5%; e Suape (PE), 1% (PETROBRAS, 2005).

Além dos canais utilizados para a distribuição do álcool combustível, é importante comentar a evolução do marco regulatório sobre o assunto, pois tem grande influência na organização do mercado de produção e de distribuição do produto.

### **3.1.5 O marco regulatório**

Atualmente a produção e o preço da cana, do açúcar e do álcool combustível não se sujeitam mais a controles do Estado, sendo autoregulamentados, variando de acordo com a demanda do mercado e das safras. As importações e exportações de açúcar e de etanol são livres e realizadas por conta e risco dos empresários. Não há barreiras tarifárias por parte do Brasil às exportações e às importações. Com exceção das normas ambientais, aplicáveis a quase todas as atividades agroindustriais, a regulamentação mais importante refere-se à obrigatoriedade da adição de 20 a 25% de álcool a gasolina.

As principais leis que afetaram o setor desde a extinção do IAA (Instituto do Açúcar e do Alcool) estão listadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Legislação após IAA

|   |
|---|
| <b>Leis n.º 8.028 e 8.029/90:</b> Extingue o IAA com a reforma administrativa.  |
| <b>Lei n.º 8.117/90.</b> Exportação e importação ficam submetidas ao controle prévio do SDR até 31 de maio de 1995.   |
| <b>Lei n.º 8.178/91:</b> Estabelece regras sobre preços e salários. Liberação dos preços setoriais.   |
| <b>Portaria n.º 463/91 do Ministério da Fazenda:</b> Institui o regime de preços liberados.   |
| <b>Lei n.º 8.393/91:</b> Extingue contribuição adicional do IAA. Autoriza a livre transferência de açúcar entre regiões do País. Cria o IPI.  |
| <b>Decreto n.º 410/91:</b> Dispõe sobre condições de suprimento de álcool etílico hidratado para as indústrias alcoolquímicas da região Nordeste (política de preços diferenciados).  |
| <b>Decreto n.º 507/92:</b> Institui o Departamento Nacional de Combustíveis.  |
| <b>Decreto de 27 de outubro de 1993:</b> Constitui, no âmbito do Ministério de Minas e Energia, a Comissão Interministerial do Alcool – CINAL.  |
| <b>Decreto de 12 de setembro de 1995:</b> Transfere para o âmbito do Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo a CINAL.   |
| <b>Decreto n.º 1.407/95:</b> Dispõe sobre condições de suprimento de álcool etílico hidratado para as indústrias alcoolquímicas da região Nordeste (política de preços diferenciados).  |
| <b>Medida Provisória n.º 1.091/95:</b> O MICT passa a fixar, em Planos Anuais de Safra, os volumes de açúcar e de álcool necessários ao abastecimento dos mercados e à formação de estoques de segurança, os volumes caracterizados como excedentes e os de importação indispensável. Aos excedentes poderá ser concedida isenção “total ou parcial” do imposto sobre exportação através de despacho do MF e do MICT. Distribuição dos excedentes isentos será feita por cotas e/ou ofertas públicas. Isenção não gerará direito adquirido. |
| <b>Lei n.º 9.362/96:</b> Dispõe sobre medidas reguladoras do abastecimento do mercado interno de produtos do setor sucroalcooleiro.   |
| <b>Portaria n.º 292/96 do Ministério da Fazenda:</b> Institui o regime de preços liberados para o setor sucroalcooleiro (álcool etílico hidratado combustível –AEHC).   |
| <b>Portaria n.º 294/96 do Ministério da Fazenda:</b> Institui o regime de preços liberados para o setor sucroalcooleiro (álcool etílico anidro combustível – AEAC).   |
| <b>Lei n.º 9.478/97:</b> Cria a Agência Nacional do Petróleo – ANP.   |
| <b>Decreto de 21 de agosto de 1997:</b> Cria o Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool – CIMA   |
| <b>Decreto n.º 2.213/97:</b> Dispõe sobre condições de suprimento de álcool etílico hidratado para as indústrias alcoolquímicas da região Nordeste (política de preços diferenciados).  |
| <b>Portaria n.º 102/98 do Ministério da Fazenda:</b> Institui o regime de preços liberados para o setor sucroalcooleiro.  |

|   |
|---|
| <b>Portaria n.º 275/98 do Ministério da Fazenda:</b> Institui o regime de preços liberados para o setor sucroalcooleiro.  |
| <b>Decreto n.º 2.455/98:</b> Implanta a Agência Nacional do Petróleo – ANP.   |
| <b>Decreto n.º 2.590/98:</b> Dispõe sobre condições de suprimento de álcool etílico hidratado para as indústrias alcoolquímicas da região Nordeste (política de preços diferenciados).        |
| <b>Decreto n.º 2.607/98:</b> Dispõe sobre a adição de álcool etílico anidro combustível à gasolina. Fixa em 24% a mistura.  |
| <b>Decreto n.º 2.635/98:</b> Institui o Comitê de Comercialização do Álcool Etílico Combustível – CAEC.   |
| <b>Decreto n.º 3.322/99:</b> Promulga o Acordo Internacional do Açúcar de 1992.   |
| <b>Medida Provisória n.º 2.053-29:</b> Altera Lei n.º 8.723/93 que dispõe sobre a redução da emissão de poluentes por veículos automotores.   |
| <b>Decreto n.º 3.546/2000:</b> Cria o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool – CIMA.   |
| <b>Decreto n.º 3.552/2000:</b> Dispõe sobre a adição de álcool etílico anidro combustível à gasolina. Reduz a mistura para 20% a partir de 20 de agosto de 2000. Revoga Decreto n.º 2.607/98. |

Fonte: UNICA

A propósito da desregulamentação do setor no Brasil, vale ressaltar que alguns países reclamaram à OMC (Organização Mundial do Comércio) para esclarecer certas artificialidades que, segundo eles, aconteciam no Brasil e que, na visão deles, prejudicava a livre concorrência. As acusações eram focadas em três aspectos:

- A mistura de combustível obrigatória;
- As alíquotas diferenciadas de IPI para veículos;
- A flexibilidade na produção de açúcar e/ou de etanol.

Avaliadas as reclamações, a OMC julgou-as improcedentes.

O aumento da produção de álcool no Brasil está ancorado, em parte, na expectativa de que outros países o utilizem e com isso precisem comprar o produto no mercado gerando um grande aumento na demanda. Como o álcool pode ser produzido de diversos tipos de matérias-primas, muitos países estão investindo no

aumento de sua produção para possível utilização como combustível. Hoje o Brasil, o maior produtor até 2006, foi ultrapassado pelos Estados Unidos.

## **3.2 A PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL NO BRASIL**

### **3.2.1 O início da produção até 1975**

O início da utilização do álcool como combustível foi resultado, principalmente, de uma mobilização do setor produtivo e ganhou força na década de 20. Em 1922 foi realizado o III Congresso Nacional de Agricultura, sendo que foram apresentadas sugestões específicas com relação ao uso do álcool combustível. Entre elas citam-se: a formação de uma “Liga Nacional de Defesa e Propaganda do Álcool-Motor”; que o álcool-motor fosse considerado de “utilidade pública” e de “interesse nacional”; que fosse criada no Ministério da Agricultura uma seção dedicada a resolver as questões técnicas da industrialização do álcool-motor (DUNHAM, 2000).

A partir de 1921 a SNA (Sociedade Nacional de Agricultura) começou a apoiar o álcool como combustível, sendo que uma das formas encontradas para chamar a atenção para o álcool foi uma campanha utilizando um automóvel movido pelo combustível. A SNA solicitou a redução de impostos para carros a álcool e protestou contra a flutuação de preços do álcool, pois dificultava sua difusão como combustível (DUNHAM, 2000).

As agroindústrias do açúcar também exerciam pressão, depois de repetidas crises no setor açucareiro, e uma das formas para tentar diminuir os efeitos era encontrar uma utilidade para o álcool (DUNHAM, 2000).

Outro fator que contribuía para a adoção do álcool no Brasil era que na década de 20 não havia produção nacional de gasolina, todo o produto era importado dos

Estados Unidos. Isso criava uma dependência energética que incomodava o governo e a elite brasileira da época. Esses agentes consideravam que um combustível nacional significaria economia de divisas e principalmente a independência energética.

Em 23 de junho de 1927, em Recife, foi lançado o USGA (Usina Serra Grande Alagoas) composto por uma mistura de 55% álcool hidratado e 45% éter. Foi a primeira vez que uma usina de açúcar atuava como produtora de combustível (DUNHAM, 2000).

Por questões econômicas (custo de produção maior que o da gasolina) o álcool não conseguiu ocupar um lugar de destaque como combustível até a crise do petróleo de 1973, mas a sua utilização, misturado à gasolina começou no início da década de 30. A medida foi regulamentada pelo decreto N° 19.717, de 20 de fevereiro de 1931, que estabeleceu a aquisição obrigatória de álcool anidro de procedência nacional, na proporção de 5% da gasolina importada, e dava outras providências. Entre essas demais providências, o decreto isentava de impostos de importação, expediente e taxas aduaneiras todo material necessário para a implementação e aprimoramento de usinas para a fabricação e redestilação do álcool anidro - concedendo igual benefício à destilação do xisto. A adição do álcool anidro à gasolina permanece indicada por lei até hoje, tendo sido elevada a proporção para 25% (PETROBRAS, 2007).

A produção de álcool para atender o decreto de 1931 era pulverizada por todos os estados produtores de açúcar. Na época a quantidade de álcool produzida era muito pequena, principalmente porque não despertava o interesse dos usineiros que precisariam diminuir sua produção de açúcar, com o preço em alta, para produzir álcool.

Como se pode observar na Figura 3.9, a produção de álcool foi pequena no início, somente na safra de 1955/1956 o país conseguiu atingir a marca de 300.000 M3 de álcool produzido. Em 1966/1967 foi atingido o volume de 727.478 m3 de álcool produzido, seguiu-se a uma queda na produção entre 1968 e 1970, época em que o preço do açúcar estava em alta e desestimulava a produção do álcool.

Diante da ameaça de superprodução de açúcar no início da década de 30, surge o IAA (Instituto do Açúcar e Álcool), criado pelo governo Vargas em 1933. A sua finalidade principal era controlar a produção de açúcar e de álcool. Para isso o IAA adotou o regime de cotas, que atribuía a cada usina uma quantidade de cana a ser moída, a produção de açúcar e também a de álcool.

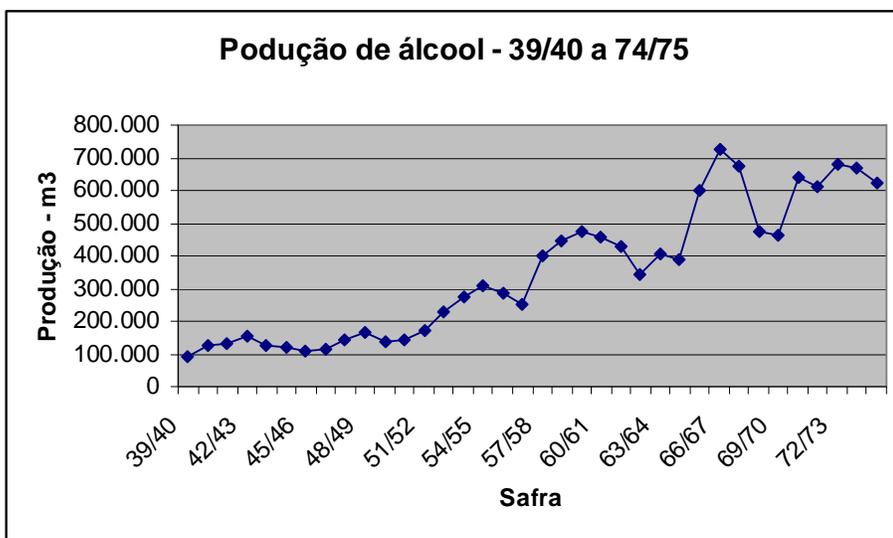


Figura 3.9 – Produção brasileira de álcool em M3  
Fonte: IAA (1987)

A aquisição de novos equipamentos ou a modificação dos existentes também precisava de autorização do IAA (UNICA, 2006). Por regular a construção de novas unidades, o instituto teve também papel dominante na escolha dos locais das usinas a serem implantadas no país, marcadamente no domínio paulista que se seguiria a partir dos anos 50 e que dura até os dias de hoje.

Na Segunda Grande Guerra, o comércio marítimo internacional e de cabotagem estava ameaçado pelos submarinos alemães, principalmente no oceano Atlântico. Com isso as usinas de São Paulo conseguiram autorização do IAA para um aumento das cotas de produção visando manter abastecido o mercado do sul do Brasil. Por conseguinte, nos 10 anos após a segunda guerra a produção de açúcar no estado aumentou 6 vezes e no começo da década de 50, São Paulo produziu mais açúcar que a região Nordeste, fato inédito na História do Brasil. A partir da década de 60 o açúcar ganhou novamente importância e atingiu sua melhor posição em termos de quantidade produzida no início dos anos 70<sup>11</sup>. Em 1966 foi decretada a divisão do país em duas regiões canavieiras: o centro-sul e o norte-nordeste (BACCARIN, 2005).

Aproveitando o bom momento referente aos preços internacionais, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) lançou um programa para modernizar o setor. Através do Planalsucar – Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar – e do Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira, foram desenvolvidas novas variedades de cana-de-açúcar altamente produtivas e o setor reorganizado (ESALQ, 1998). Com a crise do petróleo de 1973, surge o Pró-álcool que incentivou a produção de álcool combustível.

### **3.2.2 O aumento da produção - 1975 até 1990**

Em 1973, a crise no setor petrolífero fez o preço do barril de petróleo aumentar rapidamente. Com o fim da 2ª Guerra Mundial a produção de petróleo cresceu

---

<sup>11</sup> Os motivos foram: os preços vantajosos e o aumento da demanda internacional foram conseqüências da impossibilidade dos principais países produtores aumentarem a sua oferta. A extinção das cotas de exportação para o mercado mundial, com exceção dos Estados Unidos, abriu para o Brasil a perspectiva de ocupar importante lugar entre os exportadores de açúcar (Veiga Filho et al., 1980).

muito, superou a demanda, e os preços ficaram estáveis até o final da década de 60, quando o preço do petróleo começou a sofrer pressão da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

Com a guerra entre árabes e israelenses, o mundo teme pela continuidade do fornecimento, e o barril de petróleo aumentou de US\$ 2,91 em setembro de 1973 para US\$ 12,45 em março de 1974. Todo esse cenário levou a uma corrida para novas fontes de energias alternativas renováveis, para substituir os combustíveis fósseis (RUIZ, 2007).

A situação piorou ainda mais para o Brasil em 1975, quando o preço internacional do açúcar sofreu uma grave redução, sendo que esse produto era fundamental na balança comercial e o Brasil precisava de capital para compra de petróleo. O Brasil já sofria as consequências do primeiro choque do petróleo (1973), pois importava 79% do petróleo utilizado no país (FERNANDES, 1996). Com isso, a participação das importações de petróleo sobre o total das importações do país passou de cerca de 10% em 1973, para 57% em 1983.

No intuito de diminuir a dependência de petróleo, o governo brasileiro lança o Proálcool (Programa Nacional do Álcool), que teve início em 14 de Novembro de 1975 no governo Geisel, com o decreto nº. 76593. O programa tinha como objetivo incentivar a produção de álcool a partir de qualquer insumo, através do aumento da oferta de matérias-primas, visando o aumento da produção agrícola, bem como a ampliação, modernização e instalação de novas unidades produtoras e armazenadoras. A primeira fase do programa consistia em adicionar álcool anidro á gasolina com o objetivo de diminuir a importação de petróleo. O governo investiu no programa 7 bilhões de dólares até 1989 em subsídios, pesquisas, entre outros. A

Petrobras ficou com a responsabilidade de compra de toda a produção, transporte, armazenamento, distribuição e a mistura do álcool à gasolina (RUIZ, 2006).

O Pró-álcool teve um início animador. A safra 1977-1978 teve um crescimento de 664 mil m<sup>3</sup> para 1,5 milhões m<sup>3</sup>, chegou a 13 milhões de m<sup>3</sup> na safra de 1987-1988. Em 1986 já contava com 567 destilarias com capacidade de produção de 16 milhões de m<sup>3</sup> (ver figura 3.10).

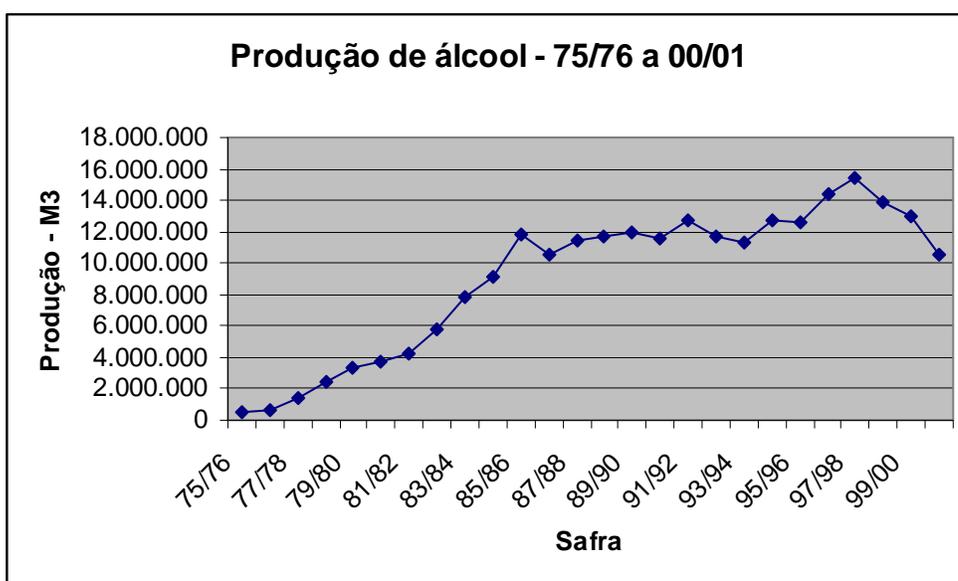


Figura 3.10 – Produção brasileira de álcool – 1975 a 2001  
Fonte: IAA (1987) e ANP (2007)

Na época o cenário internacional ajudava o Proálcool, pois os conflitos no Oriente Médio em 1979 fizeram com que o petróleo alcançasse a casa dos US\$ 60 (RUIZ, 2006).

Em 1986 a produção de carro a álcool chegou a 95% da sua produção total de carros no Brasil e a produção do álcool carburante estava no seu limite, com 12 bilhões de litros de álcool e sem condições de suprir toda a demanda. Esse déficit na produção arrastou-se até o início da década de 90, quando o álcool para abastecer a

nossa frota que já estava estimada em quatro milhões de veículos era importado (RUIZ, 2006).

Em 1988 a produção anual de carros a álcool estava em 63% da produção total, caiu para 47% em 1989 e a partir daí a produção caiu até chegar próximo de 0% em 2001. A queda do consumo de álcool hidratado foi compensada com o aumento do álcool anidro que era misturada à gasolina e com o aumento da frota (RUIZ, 2006).

### 3.2.3 A retomada da produção

A produção de álcool combustível (álcool etílico anidro e hidratado) no Brasil apresenta uma recuperação desde o ano de 2001 depois de um período de três anos consecutivos de queda registrados entre 1998 e 2000 (ver Figura 3.11).

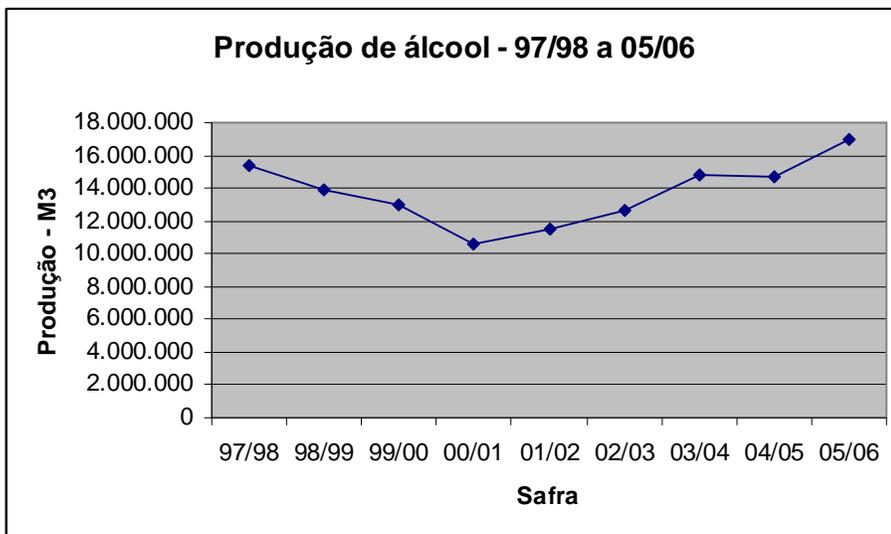


Figura 3.11 - Produção brasileira de álcool – 1997 a 2006  
Fonte: ANP (2007)

A retomada da produção para atender ao aumento da demanda, tanto interna quanto externa, impulsionou a construção de novas usinas sendo que o crescimento acontece em diversos estados do país. Uma projeção efetuada pela UNICA em 2007

prevê que em 2010 o Brasil produzirá 30 bilhões de litros e em 2012, 35 bilhões de litros de álcool.

#### **3.2.4 A participação da indústria automobilística**

A indústria automobilística sempre teve um papel fundamental na utilização de álcool como combustível. Em 19 de setembro de 1979 o Governo Federal e a ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores assinaram um protocolo, no qual os fabricantes de automóveis deveriam buscar novas tecnologias para produção em série de veículos movidos a álcool hidratado. Assim, o preço do álcool hidratado foi fixado em 64.5% do preço da gasolina, também foi reduzido o IPI para os carros movidos a álcool.

O primeiro veículo a álcool fabricado em série foi um FIAT 147, produzido em 1981. A partir desse ano, a produção de carros a álcool aumentou até atingir cerca de 90% do total de veículos leves produzidos no ano de 1986 como pode ser visto na Figura 3.5 (ANFAVEA, 2007).

Com o desabastecimento de álcool no mercado, nos anos 90, a produção de carros a álcool caiu drasticamente e os produtores só conseguiram se manter no negócio graças à adição de álcool a gasolina (ver Figura 3.12).

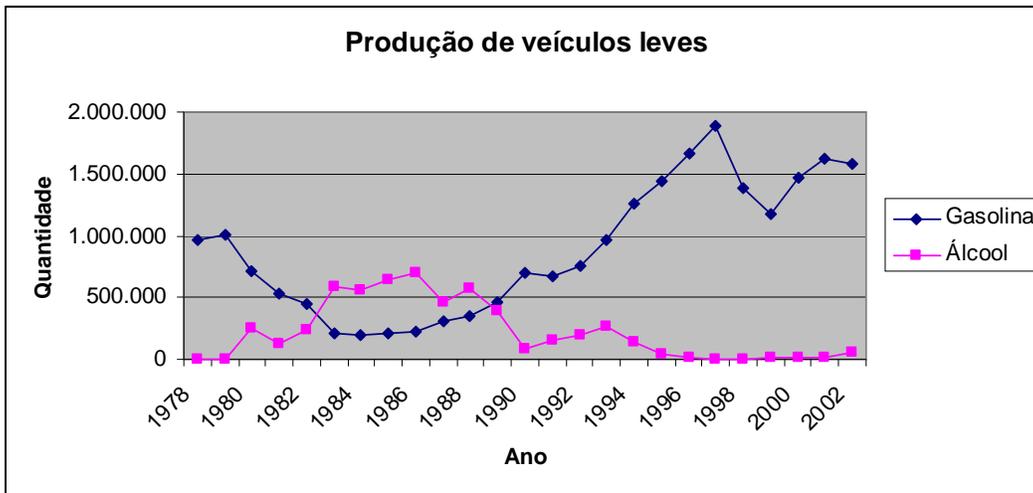


Figura 3.12 - Produção de veículos leves por tipo de combustível  
 Fonte: ANFAVEA (2007)

A produção de veículos a álcool foi retomada em 2003, graças à inovação dos carros flex-fuel, tecnologia que permite ao veículo rodar com qualquer proporção de álcool ou de gasolina.

Os primeiros passos no desenvolvimento de um veículo bicombustível foram dados pela Bosch alemã, no início dos anos 90. O objetivo era criar um sistema de gerenciamento de motor eletrônico que trabalhasse simultaneamente com álcool e gasolina (PREZIA, 2007). Nesses veículos, o motor tem um sensor que faz o reconhecimento automático do teor de oxigênio do combustível, detectando assim a presença do álcool. A informação é passada para a unidade de comando que realiza de forma automática a adaptação de todas as funções de gerenciamento do motor ao combustível usado. O primeiro automóvel flex-fuel foi lançado em março de 2003 pela Volkswagen, utilizando sistema desenvolvido pela Bosch. Os carros flex-fuel devem contribuir para o final da produção dos carros com motor exclusivamente a álcool (ANFAVEA, 2007).

No Brasil é grande a aceitação dos veículos flex-fuel, conforme pode ser visto na Figura 3.13. Em 2007, por volta de 90% dos veículos leves fabricados no Brasil terão incorporado essa tecnologia.

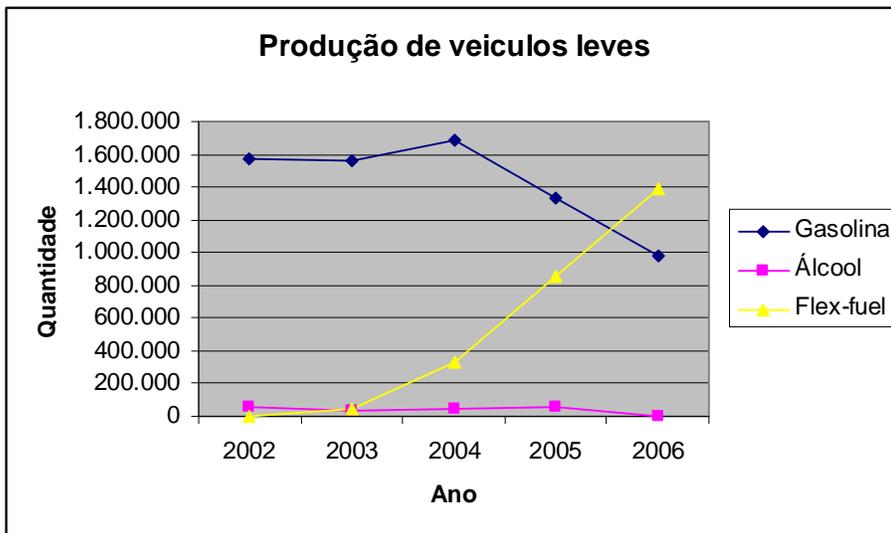


Figura 3.13 - Produção de veículos depois do flex-fuel  
Fonte: ANFAVEA (2007)

A evolução tecnológica do álcool como combustível veicular provocou mudanças importantes no número de usinas e na localização de novas unidades.

A seguir será mostrado um resumo da produção mundial de álcool e dos projetos para sua utilização em diversos países.

### 3.3 O ÁLCOOL NO MUNDO

O interesse no álcool como combustível ganhou contornos mundiais a partir do momento que diversos países em todos os continentes começaram a pesquisar a sua utilização em suas frotas automotivas. A influência desse fato sobre o aumento da produção brasileira é muito grande. O Brasil possui uma tecnologia avançada e os menores custos de produção o que o torna atraente a investimentos externos.

Com isso em vista, diversos grupos estrangeiros estão construindo usinas no Brasil com a finalidade de exportá-la para seus países de origem. Como exemplo podemos citar a Comanche Energy, que está investindo 300 milhões de reais no Maranhão para produzir álcool com a finalidade de exportá-lo para os EUA. A empresa declarou que escolheu esse estado em razão da sua localização próxima aos Estados Unidos e por contar com um dos melhores portos do país: o porto de Itaqui. A evolução do comércio internacional depende da aplicação de leis que regulamentam a mistura de álcool a gasolina em cada país interessado.

O avanço esperado na produção mundial para 2007-2008 é grande. Os Estados Unidos, maior produtor mundial, têm hoje em construção 88 novas unidades para produção de álcool a partir do milho. Quando essas unidades estiverem operando no início de 2008, gerará 4,5 bilhões de galões de álcool, o que significa dobrar a produção americana alcançada em 2005 (USDA, 2007).

Diversos outros países também produzem álcool, conforme se pode observar na Tabela 3.2, sendo que a matéria-prima também varia de acordo com a aptidão agrícola de cada um.

Tabela 3.2 - Produção mundial de etanol em 2005

| <b>País</b>    | <b>Em milhões de litros</b> | <b>Em milhões de galões</b> |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Estados Unidos | 16.139                      | 4.264                       |
| Brasil         | 15.999                      | 4.227                       |
| China          | 3.800                       | 1.004                       |
| Índia          | 1.699                       | 449                         |
| França         | 908                         | 240                         |
| Rússia         | 749                         | 198                         |
| Alemanha       | 431                         | 114                         |
| África do Sul  | 390                         | 103                         |
| Espanha        | 352                         | 93                          |
| Reino Unido    | 348                         | 92                          |
| Tailândia      | 299                         | 79                          |
| Ucrânia        | 246                         | 65                          |
| Canadá         | 231                         | 61                          |
| Polônia        | 220                         | 58                          |

|                |               |               |
|----------------|---------------|---------------|
| Indonésia      | 170           | 45            |
| Argentina      | 167           | 44            |
| Itália         | 151           | 40            |
| Austrália      | 125           | 33            |
| Arábia Saudita | 121           | 32            |
| Japão          | 114           | 30            |
| Suécia         | 110           | 29            |
| Outros         | 3.217         | 850           |
| <b>Total</b>   | <b>45.988</b> | <b>12.150</b> |

Fonte: Renewable Fuels Association, Industry Statistics, 2006.

Nesse sentido, cabe fazer menção aos seguintes programas de utilização de álcool combustível no mundo:

- O Japão possui a meta de atingir a proporção de 10% de álcool adicionado à gasolina até 2010, gerando uma demanda estimada em 4 bilhões de litros/ano;
- A União Européia trabalha com o objetivo de utilizar 5,75% de combustíveis renováveis para o setor de transporte sendo que o foco está no biodiesel que será responsável por 75% do total de biocombustíveis;
- A Suécia faz uso de incentivos fiscais para a construção de plantas produtoras de biocombustível e já comercializa carros flex-fuel;
- O Canadá tem como meta que 35% dos derivados de petróleo utilizem a mistura de 10% de álcool em 2010;
- A Índia estuda a adoção da mistura de 5% de álcool na gasolina, a ser implantada nos estados produtores de açúcar;
- A China já mistura 10% de álcool em algumas províncias, mas a ampliação para todo o país foi suspensa devido à falta de matéria-prima (milho) e o risco de comprometimento da segurança alimentar;

- A Tailândia começa em 2007 a utilizar a mistura de 10% de álcool a gasolina e já está comercializando carros flex-fuel;
- Peru, Colômbia e Venezuela estudam adicionar 10% de álcool a gasolina. No Paraguai, a meta é de 7% de mistura. A Argentina vigora a exigência por lei da adição de 5% de álcool a gasolina nos próximos 5 anos;
- Nos Estados Unidos, a utilização do álcool misturado à gasolina é de 5% em alguns estados.

## 4 METODOLOGIA DO TRABALHO

Esse capítulo traz uma descrição dos principais procedimentos metodológicos e analíticos adotados na elaboração do trabalho. As etapas realizadas foram as seguintes:

1. Levantamento bibliográfico sobre pesquisas que tratam da produção de álcool no Brasil e no mundo, visando contextualizar o ambiente de trabalho dessa pesquisa;
2. Revisão bibliográfica sobre as teorias de localização das atividades econômicas e acerca dos fatores locacionais gerais, tratados na teoria tradicional;
3. Entrevista com agente do setor produtivo para identificar fatores locacionais específicos das usinas de produção de álcool no Brasil;
4. Estudo de caso dirigido com três usinas de álcool estabelecidas no Brasil, compreendendo a aplicação de um questionário com dirigentes das três usinas, para a definição da importância ou do peso dos fatores utilizados pelas empresas no seu processo de localização;
5. Tratamento dos dados coletados com as empresas para definir uma estrutura de tomada de decisão locacional com alternativas reais e critérios de localização levantados com as empresas.

A seguir, descreve-se cada uma dessas etapas.

#### 4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Marconi e Lakatos (2006), a pesquisa bibliográfica abrange todas as referências relacionadas ao tema do estudo, desde artigos científicos até publicações avulsas, boletins, jornais, livros, dissertações, teses e incluindo meios de comunicação audiovisuais tais como: rádio, gravações em fita, televisão etc.

Segundo os autores, a finalidade da pesquisa bibliográfica é colocar o pesquisador em contato com o que já foi estudado sobre o tema em questão.

Para Manzo (1971) a pesquisa bibliográfica proporciona:

“Meios para definir, resolver, não somente os problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde os problemas não se cristalizaram suficientemente.”  
(MANZO, 1971).

No sentido de mostrar a situação atual relativa à produção de álcool (agentes participantes, locais de produção, escoamento, mercado, meio ambiente etc.) foi realizada uma pesquisa bibliográfica em dados secundários, sendo que as principais fontes foram teses de doutorado, Internet, dissertações e artigos científicos. Também foram de fundamental importância os trabalhos de instituições ligadas ao setor alcooleiro e as organizações de produção e divulgação de estatísticas e estudos científicos, entre elas:

- UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar;
- UDOP – União dos Produtores de Bioenergia;
- PETROBRAS;
- ANP – Agência Nacional do Petróleo;

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;
- OCDE - Organization for Economic Cooperation and Development;
- IPCC – Institutional Painel Climate Change;

#### **4.2 LEVANTAMENTO DE FATORES LOCACIONAIS**

A pesquisa bibliográfica também buscou referenciar a síntese da teoria tradicional da localização e levantar os fatores locacionais gerais (dados secundários). Essa etapa da pesquisa concentrou-se em artigos, teses e dissertações, em meios virtuais e impressos sobre o assunto.

A percepção foi de que os fatores locacionais são inúmeros e, dificilmente, um único trabalho sobre o assunto da localização poderá considerar todos os fatores locacionais, pois cada setor ou empresa tem a sua própria cultura e suas particularidades. Sendo assim, priorizou-se a busca pela identificação dos fatores locacionais considerados os mais influentes no setor das agroindústrias e das usinas de álcool, na literatura existente.

A pesquisa bibliográfica apontou os seguintes fatores como relevantes na escolha de um local para instalação de uma indústria:

- Disponibilidade de mão-de-obra;
- Disponibilidade de energia;
- Infra-estrutura para transporte;
- Incentivos fiscais;
- Proximidade do mercado consumidor;
- Proximidade da matéria-prima;
- Possibilidade de expansão;

- Preferência individual do empresário;
- Vínculo familiar na região;
- Existência de outra unidade da empresa já instalada na região;
- IDH – índice de desenvolvimento humano da região;
- Distância de áreas de proteção ambiental;
- Infra-estrutura de comunicações;
- Proximidade de laboratórios, centros de pesquisa ou universidades.

#### **4.3 LEVANTAMENTO DE FATORES LOCACIONAIS DE USINAS**

O terceiro passo metodológico consistiu em identificar os fatores locacionais específicos da produção de álcool. Devido à carência de estudos sobre o assunto, optou-se pela realização de uma pesquisa direta, do tipo entrevista individual, com um grupo especializado no setor de produção de álcool.

De acordo com Marconi e Lakatos (2006), a entrevista é um encontro de natureza profissional entre duas pessoas com o objetivo de se obter informações sobre um determinado assunto.

Uma empresa de consultoria especializada em abertura de novas usinas foi selecionada para a entrevista. Por ser um assunto relativamente novo, a entrevista não estruturada focalizada foi a forma escolhida para a obtenção dos dados necessários para definição dos fatores específicos.

A entrevista não estruturada pode ser dividida em três modalidades, segundo Ander-Egg (1978):

- Entrevista focalizada – existe um roteiro de tópicos relativos ao problema a ser estudado e os entrevistados têm a liberdade de fazer as perguntas que quiser, não obedecendo a uma estrutura formal;
- Entrevista cíclica – trata-se de estudar os motivos e sentimentos das pessoas, sendo que ela pode ser organizada em cima de perguntas específicas;
- Não dirigida – há liberdade total por parte do entrevistado, que pode expressar suas opiniões e sentimentos.

### **Características do agente entrevistado**

O agente entrevistado foi a empresa de consultoria Campo Fértil de Ribeirão Preto, especializada em novas áreas de cultivo de cana-de-açúcar. O responsável pelas informações foi o Engenheiro Agrônomo José de Alencar Magro.

A entrevista permitiu identificar mais três fatores específicos da atividade rural e que são tidos como importantes na definição de um local para instalação de uma usina de álcool. São eles:

- Disponibilidade de terras na região para arrendamento;
- Valor das terras na região;
- Aptidão da região para a produção de cana-de-açúcar.

#### **4.4 DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS FATORES LOCACIONAIS**

Para levantar a importância ou peso de cada fator no processo locacional e para validar os fatores identificados na entrevista, foi então realizada uma pesquisa, por intermédio de um questionário estruturado, com três empresas produtoras de álcool, sendo uma da região norte-nordeste e duas da região centro-sul.

Ainda de acordo com Marconi e Lakatos (2006), o questionário é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador.

O questionário desse estudo utilizou uma escala de intensidade baseada na escala Lickert, para obter os pesos dos fatores locacionais do álcool, sob o ponto de vista dos proprietários de usinas.

Para Marconi e Lakatos (2006), na escala de intensidade as perguntas são organizadas em forma de mostruário, de acordo com certo grau de valorização. Para cada pergunta há respostas que variam de três a cinco graus, sendo a última a mais utilizada.

A escala de Lickert é um método simples de construção de escalas de atitude. As perguntas são respondidas utilizando cinco graus de importância: completa aprovação, aprovação, neutralidade, desaprovação incompleta e desaprovação (MARCONI & LAKATOS, 2006).

Dessa maneira, obtém-se uma graduação quantificada das respostas, podendo ser calculada uma nota para cada uma delas. Analisando-se as respostas que alcançarem determinados valores, podem ser determinados quais são os fatores relevantes e quais são os fatores a serem descartados no processo.

Nesse estudo, por intermédio de um questionário enviado via e-mail para três usinas escolhidas do setor (amostragem não probabilística intencional), foi solicitado para que os participantes estipulassem pesos (grau de importância) para cada um dos fatores. Os pesos podiam variar de 1 (irrelevante) a 5 (fundamental), sendo essa técnica uma variante da escala Lickert (ver Tabela 4.4).

A partir das respostas, foram calculados os pesos médios de cada um dos fatores, utilizando a média ( $\bar{X}$ ):

$$M = \sum X_1 / N$$

Onde:

M = média aritmética

$\sum$  = Soma (sigma)

$X_1$  = Valores (pesos)

N = Número de valores

Os fatores locais que apresentaram média 3 ou superior foram selecionados para a análise multicritérios, com o fim de se realizar uma simulação de escolha de local para a instalação de usinas de álcool, no Brasil.

#### **4.4.1 Características dos participantes**

Os participantes foram selecionados por amostragem não-probabilista intencional, tendo como base a representatividade de cada um na atividade e no estado em que está instalado. Vale ressaltar que as três empresas estão entre as pioneiras em suas regiões.

“Na amostra não-probabilista intencional, o pesquisador está interessado na opinião de determinados elementos da população, mas que são representativos da mesma. O pesquisador, portanto, não busca a opinião de muitos envolvidos no tema, mas daqueles elementos que poderão lhe fornecer maiores subsídios para a solução do problema de pesquisa levantado” (MARCONI e LAKATOS, 1991).

As empresas participantes do estudo foram:

#### **a) Agropecuária e Industrial Serra Grande – AGROSSERRA**

Localizada no município de Balsas/MA, a AGROSSERRA enquadra-se como uma das melhores usinas segundo o índice de ocupação e produtividade do Brasil. A sua produção, em 2007, deve atingir 110 milhões de litros de álcool carburante, dividida entre álcool anidro (104 milhões) e hidratado (6 milhões). Produz ainda 8 MW/hora de energia elétrica, no período de safra. A empresa tem uma área de 29.000 hectares cultivados, distribuídos entre cana-de-açúcar e outras culturas, em regime de rotação, numa média de 20.000 hectares com cana-de-açúcar e 9.000 hectares com soja, resultando em uma produção média de 1.300.000 toneladas de cana-de-açúcar e 24.000 toneladas de soja por safra. Com a produção de 110.000 m<sup>3</sup> de álcool carburante, em 2007, e com a possibilidade de incremento da produção, a empresa deverá ocupar o primeiro lugar na produção desse combustível renovável, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil em 2008. A Tabela 4.1 a seguir apresenta os dados gerais da empresa:

Tabela 4.1 - Dados gerais da AGROSSERRA

|   |  |
|---|--|
| <b>Endereço da unidade:</b>                 | FN 001. Km38 São Raimundo das Mangabeiras – MA |
| <b>Responsável pelas informações:</b>       | Christofer André                               |
| <b>Cargo:</b>                               | Gerente Geral                                  |
| <b>Área plantada em 2007 (Hectares)</b>     | 25.000   |
| <b>Total de cana esmagada (Toneladas)</b>   | 1.300.000                                      |
| <b>Açúcar produzido (Toneladas)</b>         | 0  |
| <b>Álcool produzido (M<sup>3</sup>)</b>     | 110.000  |
| <b>Nº funcionários da indústria</b>         | 250  |
| <b>Nº funcionários da produção agrícola</b> | 2400 (colheita)                                |

Fonte: AGROSSERRA

### **b) Usina Colorado – Açúcar e Álcool Oswaldo Ribeiro de Mendonça LTDA.**

Essa é uma empresa do Grupo Colorado, um grupo paulista com sede em Orlandia/SP, que tem mais de trinta anos de produção de açúcar e álcool. Um dos fatos que destaca a usina é a sua capacidade total de coogeração de energia elétrica, que atinge 13,2 MW/hora, o que corresponde ao consumo de uma cidade de 40 mil habitantes. O armazém de açúcar do grupo tem capacidade de estocagem para 2,7 milhões de sacas de 50 kg. Os 17 tanques do parque de álcool podem armazenar 120 milhões de litros.

A Tabela 4.2 traz as informações gerais da empresa:

Tabela 4.2 - Dados gerais da Usina Colorado

|   |   |
|---|---|
| <b>Endereço da unidade:</b>                 | Faz. São José da Glória – Caixa Postal 51 Rod. SP 425 - Km 47<br>Guaíra – SP – 14 790 - 000 |
| <b>Responsável pelas informações:</b>       | José Odemir Spaggiari   |
| <b>Cargo:</b>                               | Diretor   |
| <b>Área plantada em 2007 (Hectares)</b>     | 54.010  |
| <b>Total de cana esmagada (Toneladas)</b>   | 4.482.501   |
| <b>Açúcar produzido (Toneladas)</b>         | 356.552   |
| <b>Álcool produzido (m<sup>3</sup>)</b>     | 183.232   |
| <b>Nº funcionários da indústria</b>         | 640   |
| <b>Nº funcionários da produção agrícola</b> | 2.026   |

Fonte: Usina Colorado

### **c) Destilaria Libra - Destilaria de Álcool Libra Ltda.**

A destilaria Libra, localizada no município de São José do Rio Claro em Mato Grosso foi fundada em 1985. A empresa é a maior geradora de recursos de ICMS para o município. Na safra 2006/2007 esmagou 953.000 toneladas de cana-de-açúcar, utilizando terra própria para a produção da matéria-prima.

A Tabela 4.3 resume as informações da Destilaria Libra.

Tabela 4.3 - Dados gerais da Destilaria Libra

|   |                        |
|---|------------------------|
| <b>Endereço da unidade:</b>                 | Rod. MT 010 Km 50      |
| <b>Responsável pelas informações:</b>       | Celso Edurto Ticianeli |
| <b>Cargo:</b>                               | Diretor Comercial      |
| <b>Área plantada em 2007 (Hectares)</b>     | 17.000                 |
| <b>Total de cana esmagada (Toneladas)</b>   | 953.000                |
| <b>Açúcar produzido (Toneladas)</b>         | -                      |
| <b>Álcool produzido (m<sup>3</sup>)</b>     | 92.000                 |
| <b>Nº funcionários da indústria</b>         | 250                    |
| <b>Nº funcionários da produção agrícola</b> | 800                    |

Fonte: Destilaria Libra.

#### 4.5 TRATAMENTO DOS RESULTADOS DA PESQUISA COM AS EMPRESAS

A partir da recepção dos questionários respondidos pelas empresas, foi realizada a tabulação e o tratamento dos dados.

A escala de intensidade utilizada no questionário seguiu a estrutura apresentada na Tabela 4.4, a seguir:

Tabela 4.4 - Escala de intensidade para avaliação dos fatores locais

|          |                  |
|----------|------------------|
| <b>1</b> | Irrelevante      |
| <b>2</b> | Pouco importante |
| <b>3</b> | Importante       |
| <b>4</b> | Muito importante |
| <b>5</b> | Fundamental      |

Os fatores locais avaliados no questionário e suas respectivas médias, de acordo com a escala de intensidade da Tabela 4.4, são apresentados na Tabela 4.5:

Tabela 4.5 - Fatores locacionais e importância no processo

| <b>Fator</b>   | <b>Média</b> |
|--|--------------|
| Disponibilidade de mão-de-obra para a indústria                                | 3,33         |
| Disponibilidade de mão-de-obra para a produção agrícola                        | 3,00         |
| <b>Disponibilidade de energia</b>  | <b>2,33</b>  |
| Proximidade com a rede elétrica p/ escoamento de produção de energia excedente | 3,00         |
| Disponibilidade de água para irrigação   | 3,33         |
| Infra-estrutura para transporte da cana até a usina                            | 4,33         |
| Infra-estrutura para escoamento da produção até o mercado consumidor           | 4,67         |
| Incentivos fiscais oferecidos pelo município ou pelo estado                    | 4,00         |
| Proximidade com o álcool-duto a ser construído pela Petrobras                  | 3,67         |
| Proximidade do mercado consumidor  | 4,67         |
| Proximidade das lavouras de fornecimento de matéria-prima (cana)               | 4,33         |
| Possibilidade de expansão futura da produção                                   | 4,67         |
| Disponibilidade de arrendamento de terras na região                            | 4,67         |
| Valor das terras na região   | 3,33         |
| Aptidão da região para a produção de cana                                      | 4,00         |
| <b>Preferência individual do empresário</b>                                    | <b>1,33</b>  |
| <b>Vínculo familiar na região</b>  | <b>1,33</b>  |
| <b>Existência de outra unidade da empresa já instalada na região</b>           | <b>1,00</b>  |
| <b>IDH – índice de desenvolvimento humano da região</b>                        | <b>2,33</b>  |
| Distância de áreas de proteção ambiental                                       | 3,00         |
| Infra-estrutura de comunicações  | 3,00         |
| <b>Proximidade de laboratórios, centros de pesquisa ou universidades.</b>      | <b>2,33</b>  |

Note-se que estão em negrito os fatores que serão descartados para a próxima etapa do estudo que consiste em simular a escolha da localização de uma usina de álcool. O descarte foi definido anteriormente para todos os critérios que apresentassem média inferior a 3, na Escala Lickert, na avaliação das empresas pesquisadas.

## **5 APLICAÇÃO DE MÉTODO MULTICRITÉRIOS NA ESCOLHA DO LOCAL DE UMA NOVA USINA DE ÁLCOOL**

Esse capítulo é referente à simulação da escolha do local de implantação de uma usina de álcool com a utilização de um método multicritérios para apoio a decisão. Contém toda a estruturação do problema, a composição do grupo decisor, os critérios e subcritérios, as alternativas e a aplicação simulada do método AHP.

A utilização de um método multicritério é recomendada quando a decisão envolve diferentes fatores, mas também quando o grupo de tomadores de decisão é composto por especialistas de diferentes áreas.

### **5.1 A SELEÇÃO DO MÉTODO**

Após análise da literatura sobre métodos multicritérios, a escolha do método foi baseada principalmente em qual deles já foi aplicado em estudos de localização ou de transportes (importante fator locacional). Na pesquisa bibliográfica sobre esses estudos, o AHP (Escola Americana) destaca-se como um dos mais utilizados. Além disso, pelo tipo de problema apresentado nesse estudo, o AHP foi escolhido por trabalhar com múltiplos critérios, tangíveis e intangíveis, com especialistas de diferentes áreas da indústria além de ser possível o aproveitamento da experiência dos decisores envolvidos.

Também influenciou na escolha do AHP a sua simplicidade de aplicação e por possuir vasto ferramental computacional disponível no mercado.

O AHP é indicado para problemas que envolvem a priorização de soluções potenciais através da avaliação de um conjunto de critérios (ASAHI; TURO; SHNEIDERMAN, 1994).

No AHP podem ser integradas as questões econômicas, sociais e ambientais, tornando possível lidar com múltiplos objetivos conflitantes, sem restrições (ROMERO, 2006).

Para Yang; Lee (1997) o AHP tem flexibilidade para combinar as preferências locais dos envolvidos na decisão e ainda ser capaz de incorporar a experiência gerencial nos julgamentos dos decisores.

No Brasil, problemas relacionados com transportes e logística foram estudados com a aplicação do AHP. Alguns estudos são comentados a seguir:

Lindau; Costa; Souza (2001) utilizaram o AHP para avaliação de desempenho (*benchmarking*) da produtividade de operadores urbanos de ônibus, destacam que a metodologia é uma ferramenta de análise de decisão usada na seleção da melhor entre as diversas alternativas, considerado tanto critérios quantitativos como qualitativos na comparação.

Lisboa e Waisman (2003) aplicaram a técnica do AHP para o estudo de alternativas de traçado de rodovias, na forma de estudo de caso. Utilizado um trecho do RODOANEL Mário Covas, o estudo tinha como objetivo a seleção do melhor traçado para a futura rodovia levando em consideração não apenas questões geométricas de engenharia, mas a agregação de quesitos cada vez mais importantes para a sociedade moderna, como as questões ambientais.

Ferronato e Baratz (2004) aplicaram o AHP no estudo comparativo entre as empresas de transporte consorciadas de Porto Alegre. Eles buscaram identificar a contribuição individual das atividades das operadoras em função do objetivo final,

que é a gestão da mobilidade, com destaque para as vantagens da utilização desse método em comparação com outros métodos, como o MACBETH, TOPSIS e ANP.

Morgado (2005) desenvolveu uma metodologia referente à localização de terminais rodoviários regionais de carga – TRRC. O procedimento, baseado no AHP, procede à escolha de alternativas de localização para os TRRCs na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, considerado a hierarquização das áreas candidatas, objetivado a redução de custos no transporte de cargas e incorporado conceitos de acessibilidade.

A seguir são apresentadas as principais características do método selecionado para o estudo de caso.

### **5.1.1 O método de análise hierárquica AHP**

Desenvolvido por Thomas L. Saaty no início dos anos 70, o AHP – Analytic Hierarchy Process surgiu com a intenção de ajudar a superar as limitações cognitivas dos tomadores de decisão (ABREU et al. 2000).

O AHP baseia-se na capacidade humana de usar a informação e a experiência para estimar magnitudes relativas através de comparações par a par (*pairwise comparisons*) (TOMA e ASHARIF, 2003).

O método pode ser caracterizado por três elementos básicos (ROMERO, 2006):

1. Utilização do conceito de hierarquia na descrição do problema decisório;
2. Utilização de comparações paritárias a fim de estimar a importância entre vários critérios, sendo cada um pertencente a um nível da hierarquia;
3. Integrar as comparações paritárias para chegar a uma avaliação geral das alternativas.

Em relação a sua utilização, o método AHP pode ser dividido em duas fases: construção do problema e avaliação. A construção do problema consiste em montar a estrutura hierárquica com os critérios, objetivo e as alternativas. A estruturação da hierarquia é feita da seguinte forma: no topo fica o objetivo, o nível abaixo é o dos critérios ou fatores podendo ainda existir subcritérios em um nível inferior. O último nível são as alternativas para se atingir o objetivo (Figura 5.1).

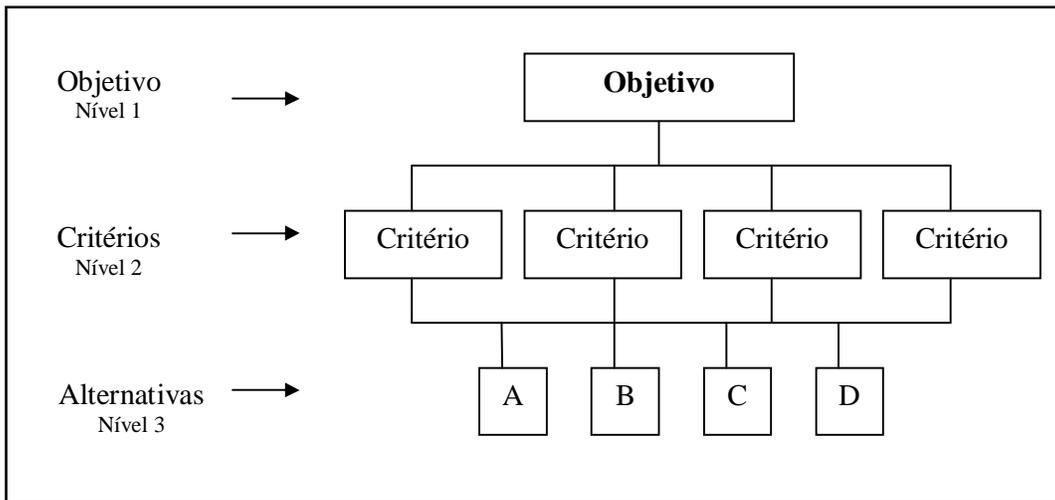


Figura 5.1 – Árvore hierárquica do AHP

A fase de avaliação é composta pelos julgamentos de importância dos critérios, sendo que os mesmos são realizados utilizando um procedimento, conhecido por comparação par a par (*pairwise comparison*), tendo como base a escala fundamental definida pelo AHP (SCHMIDT, 2003). A escala é composta por números absolutos de 1 a 9, cada um com uma importância definida (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Escala de julgamento do AHP

|             |                          |
|-------------|--------------------------|
| 1           | Mesma importância        |
| 3           | Importância pequena      |
| 5           | Importância grande       |
| 7           | Importância muito grande |
| 9           | Importância absoluta     |
| 2, 4, 6 e 8 | Valores intermediários   |

Baseado em Saaty (2001)

Após a realização dos julgamentos, o AHP calcula a melhor alternativa para atingir o objetivo previamente definido.

A seguir é efetuada a simulação da escolha do local de implantação de uma usina de álcool, utilizando o método AHP.

## **5.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA**

Para efetuar a simulação torna-se necessário definir o problema, no caso o local de instalação de uma usina de álcool, e também as características que essa usina terá. Sendo assim, as características operacionais, econômicas e de produção da nova usina simulada são as seguintes:

- Produção exclusiva de álcool;
- Voltada para o mercado interno, mas com possibilidades de exportação;
- Esmagamento de 2.000.000 de toneladas de cana-de-açúcar por safra;
- Utilização de terra própria ou arrendada por longo prazo (mínimo de 10 anos) para a produção de 70% da matéria-prima.

Com a expectativa de esmagamento acima, é possível estimar o tamanho da área agrícola e o número de funcionários necessários para o empreendimento:

- Área agrícola por volta de 40.000 hectares;
- Número de funcionários entre 150 e 250 na parte industrial;
- Número de funcionários entre 500 e 800 na parte agrícola, dependendo da mecanização empregada.

### **5.3 O GRUPO DECISOR**

No mundo atual, com o avanço da tecnologia, o aumento da competição entre as empresas, principalmente devido à globalização, torna a margem de risco aceitável em uma tomada de decisão cada vez menor.

Gomes e Moreira (1998) expressam concordância quando consideram que o processo de decisão em um ambiente complexo, normalmente, envolve dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos critérios e vários agentes de decisão, aumentando o risco de decisões não ótimas.

Vilas Boas (2005) observa que os problemas de decisão, na maioria dos casos, envolvem múltiplos objetivos, conflitantes entre si, e a contribuição para um deles implica em prejuízo do outro.

O grupo decisor desse trabalho é formado por três executivos de usinas da área de produção de álcool (chamados de A, B e C). Cada um dos profissionais é especializado em uma determinada área de interesse relacionado à produção de álcool.

O decisor A é especialista em áreas de cultura de cana-de-açúcar, significando que a área agrícola é seu domínio.

Já o decisor B é especialista em gerenciamento da planta, ou seja, a área industrial.

O decisor C trabalha como consultor nas áreas de açúcar e álcool.

### **5.4 OS CRITÉRIOS DE LOCALIZAÇÃO**

De acordo com o método AHP, os fatores devem ser agrupados em critérios, cada um composto por subcritérios relacionados. Vale lembrar que os critérios e subcritérios representam as forças locacionais para localização de usinas de álcool e

foram definidos com base nas teorias tradicionais sobre a localização de empresas e complementados com uma pesquisa realizada por meio de questionário estruturado, junto às usinas participantes do estudo de caso desse trabalho.

Nesse sentido, procurou-se agrupar os critérios em grandes tópicos. Cada um dos grupos de critérios tem relação com vários outros fatores locacionais que puderem ser agregados. São os chamados subcritérios ou subforças locacionais. A seguir são descritos os critérios e os fatores que compõem cada um deles.

- **Critérios de infra-estrutura:** são aqueles relacionados à infra-estrutura de transporte existente, de energia e de comunicações. Os fatores agrupados nesse critério são: Infra-estrutura de transporte para escoamento do produto ao mercado consumidor, infra-estrutura para transporte da cana-de-açúcar até a usina, proximidade do alcoolduto a ser construído pela Petrobras, proximidade da rede elétrica e Infra-estrutura de comunicações.
- **Critérios de insumos:** estão relacionados com a disponibilidade e abundância dos insumos envolvidos no cultivo da cana-de-açúcar. Os fatores agrupados nesse critério são: disponibilidade de mão-de-obra para a produção agrícola, disponibilidade de água para irrigação, disponibilidade de arrendamento de terras na região, aptidão da região para a produção de cana-de-açúcar, valor das terras na região e proximidade das lavouras de fornecimento de matéria-prima.
- **Critérios econômicos:** estão relacionados aos fatores econômicos, tais como o custo da matéria-prima, o custo da mão-de-obra e o custo dos transportes e os custos de produção de uma usina de álcool. Os fatores agrupados nesse critério são: disponibilidade de mão-de-obra para a indústria, incentivos fiscais oferecidos

pelo município ou pelo estado, proximidade do mercado consumidor e possibilidade de expansão futura da produção.

- **Critérios ambientais:** estão relacionados às restrições de distâncias exigidas para áreas de proteção ambiental e à rigidez da legislação existente para a proteção dos recursos do meio ambiente. Esse critério abriga somente o fator: proximidade de áreas de proteção ambiental.

## **5.5 AS ALTERNATIVAS DE LOCALIZAÇÃO ESCOLHIDAS**

O número de alternativas e a determinação de quais seriam elas foi intencional, motivado principalmente pela disponibilidade de dados necessários para o julgamento. Sendo assim, os três municípios escolhidos como alternativas para instalação da usina foram Quirinópolis, Jataí e Morrinhos, todos no estado de Goiás. Além da disponibilidade de dados, outros motivos para a escolha dessas alternativas foram:

- Grande número de projetos de novas usinas em andamento nesse Estado, mais precisamente nas regiões sul e sudeste de Goiás;
- O alcoolduto da Petrobras inicia-se em Goiás;
- Todas as alternativas possuem usinas em implantação ou em funcionamento.

Em relação a qualquer município do Brasil que tem um projeto de instalação de uma usina de álcool, é importante ressaltar que o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA nº 01/1986) impõe a necessidade da elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), para a obtenção de licença para atividades que provocam alterações significativas no meio

ambiente. Todos os projetos do setor sucroalcooleiro são enquadrados nessa categoria e necessitam, portanto, realizar os estudos ambientais antes de sua implantação.

O impacto ambiental é definido pelo CONAMA como sendo:

*“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (...) resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afete: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições sanitárias e estéticas do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais”.* CONAMA nº 01/86 de 23/01/86 (artigo 10)

A Resolução CONAMA 237, de 1997, estabeleceu novos critérios para o licenciamento ambiental. A atividade de produção e refino de açúcar é sujeita a um licenciamento prévio (LP) e também ao EIA/RIMA (como já o era a destilação de álcool). Foram estabelecidos prazos de validade para os licenciamentos: Licença Prévia (LP) até 5 anos, Licença de Instalação (LI) até 6 anos e Licença de Operação (LO) com validade de 4 a 10 anos.

No estado de São Paulo as LOs devem ser renovadas em intervalos de 2 a 5 anos; 3 anos para uma usina de açúcar e 2 anos para destilarias de álcool, conforme decreto-lei Nº 47.397 de 2002. Determinadas áreas (Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Recarga de Aquíferos) possuem leis próprias, mais restritivas, mas não necessariamente proibitivas. O objetivo é harmonizar a conservação e a recuperação ambiental às necessidades humanas nessas áreas (NETO, 2005).

Com o aumento do número de usinas de álcool no estado, o Governo de Goiás criou um grupo para avaliar esse avanço da industrialização, tendo como foco a implantação de usinas. Esse grupo estuda regras para regulamentar a produção de álcool. Entre as medidas em análise, duas podem afetar diretamente a instalação de novas unidades no estado, sendo elas:

- Estipular uma distância mínima entre as usinas instaladas no estado, respeitando uma fórmula que considera o potencial de esmagamento de cada indústria;
- Obrigar a usina a ter 50% da matéria-prima oriunda de fornecedores independentes. O objetivo é evitar a concentração da produção nas mãos da própria indústria. A Federação da Agricultura do Estado de Goiás (Faeg) propõe que o índice seja de 70%.

Não existe prazo para implantação de qualquer medida proposta pelo grupo de estudos.

A seguir serão detalhadas as características do estado e dos municípios participantes escolhidos como alternativas para a simulação da escolha do local de instalação para uma usina de álcool, objetivo desse estudo de caso.

## **5.6 O ESTADO DE GOIÁS**

O estado de Goiás, localizado na região Centro-Oeste do país, ocupa uma área de 340.086,698 km<sup>2</sup>. É o 7º estado do país em extensão territorial, limita-se ao norte com o estado do Tocantins, ao sul com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a leste com a Bahia e Minas Gerais e a oeste com Mato Grosso. Goiás possui 246 municípios instalados.

O Governo do Estado de Goiás oferece incentivos fiscais por intermédio da GoiásFomento, agência de fomento de Goiás. Os incentivos são negociados para cada usina em particular e o seu valor depende do investimento que será realizado no estado.

### **5.6.1 A logística de transporte**

A infra-estrutura logística de Goiás é considerada pelo Governo Estadual como satisfatória, sendo composta pelos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário. Está em fase de projeto a instalação no estado de dutos para transporte de gás e de álcool.

No que diz respeito ao modal rodoviário, o estado de Goiás possui 22.997 km de rodovias, sendo que 85,0% são de competência do Governo do Estado. As estradas pavimentadas perfazem 11.572 km do total (PDTG, 2007). As principais estradas são as BR-153 e BR – 060.

A malha viária pavimentada do estado de Goiás possui uma densidade satisfatória se comparada à média dos demais estados brasileiros e é muito superior a média dos estados da região Centro-Oeste. Em 2003, a densidade da malha rodoviária pavimentada de Goiás alcançou o índice de 33,34 km /mil km<sup>2</sup> do território goiano, enquanto Mato Grosso foi de 4,97 km / mil km<sup>2</sup> e Mato Grosso do Sul de 14,58 km / mil km<sup>2</sup> (PDTG, 2007).

Em termos médios, o custo de transporte nas rodovias goianas foi de R\$ 0,06125/t.km, o que equivale a R\$1,5465/ km para caminhões com capacidade média de 25,25 t. (PDTG, 2007).

Quanto à situação atual da manutenção rodoviária, 65% estavam em boas condições de rolamento, enquanto que 29% em situação regular e 6% em péssimas (PDTG, 2007).

A malha hidroviária do estado de Goiás é formada pelas hidrovias Paranaíba–Paraná–Tietê e Tocantins-Araguaia (em fase de projeto).

A hidrovia Paranaíba–Paraná–Tietê tem o acesso no estado através do porto de São Simão localizado no município de mesmo nome. A movimentação de mercadorias em 2006 superou 1,2 milhões de toneladas, tornando o estado de Goiás o maior usuário da hidrovia. Existem em São Simão cinco terminais intermodais de empresas especializadas (PDTG, 2007).

O sistema ferroviário de Goiás é relativamente pequeno, com 685 quilômetros, e uma densidade de 2 quilômetros de ferrovia para cada 1000 km<sup>2</sup>, uma das mais baixas do país. A malha é muito antiga, de bitola média e com traçados obsoletos. A Ferrovia Norte-Sul sai de Anápolis até o porto de Itaquí/MA e está incompleta. Outra ferrovia que ainda será construída no estado é a Ferronorte que terá 700 km em Goiás cortando a região Sudoeste.

### **5.6.2 As usinas de álcool em Goiás**

De acordo com o Sindicato das Indústrias de Fabricação de Álcool do Estado de Goiás, o estado passou de 12 usinas no ano de 2000 para 16 em 2006. A área plantada passou de 139 mil hectares para 236,9 mil hectares em 2006 (CONAB, 2007). Até o fim de 2008, outros 12 complexos industriais deverão entrar em operação, totalizando, assim, 28 unidades.

Com o incremento no número de usinas no estado, a produção de cana-de-açúcar evoluiu consideravelmente como pode ser visto na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Evolução da produção de cana-de-açúcar em Goiás

| Ano  | Produção – em toneladas |
|------|-------------------------|
| 1990 | 6.896.320               |
| 1995 | 7.690.407               |
| 2000 | 10.162.959              |
| 2005 | 15.642.125              |
| 2007 | 22.050.077              |

Fonte: IBGE.

O incremento na produção de etanol está previsto também no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado em 2007 pelo Governo Federal para acelerar o crescimento econômico do país. Uma das obras é o alcoolduto, que ligará Senador Canedo a Paulínia, em São Paulo. Desse local, o álcool será transportado por um duto já existente até o porto de São Sebastião, no litoral paulista. As obras do alcoolduto começam em 2008 e devem estar concluídas entre 2010 e 2012.

Um problema existente em Goiás diz respeito à exploração de mão-de-obra. A Delegacia Regional do Trabalho (DRT) já autuou 8 das 16 usinas do estado, por oferecerem condições de trabalho análogas ao tempo da escravidão.

A produtividade da cana-de-açúcar obtida pelas usinas já instaladas no estado de Goiás é de 76 toneladas por hectare. A tabela 5.3 mostra os municípios que possuem a cultura em grande escala e a quantidade média produzida em 2005.

Tabela 5.3 - Área plantada, colhida, produção e rendimento médio de cana-de-açúcar, segundo os municípios - 2005.

| Municípios             | Área plantada (ha) | Área colhida (ha) | Produção (t)      | Rend. Médio (kg/ha) |
|------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| <b>ESTADO DE GOIÁS</b> | <b>200.048</b>     | <b>196.586</b>    | <b>15.639.760</b> | <b>79.557</b>       |
| Acreúna                | 2.991              | 2.991             | 235.000           | 78.569              |
| Itapuranga             | 2.000              | 2.000             | 160.000           | 80.000              |
| Itumbiara              | 7.850              | 6.200             | 489.800           | 79.000              |
| Montividiu do Norte    | 10                 | 10                | 200               | 20.000              |
| Morro Agudo de Goiás   | 40                 | 40                | 2.000             | 50.000              |

|              |       |       |         |        |
|--------------|-------|-------|---------|--------|
| Paraúna      | 100   | 100   | 3.600   | 36.000 |
| Porteirão    | 7.900 | 7.700 | 623.700 | 81.000 |
| Serranópolis | 4.000 | 3.000 | 180.000 | 60.000 |
| Turvânia     | 1.500 | 1.500 | 120.000 | 80.000 |

Fonte: IBGE

Elaboração: SEPLAN-GO / SEPIN / Gerência de Estatística Socioeconômica - 2005.

A seguir, são especificadas as características operacionais e de infra-estrutura existentes nos municípios selecionados como alternativas de localização para a instalação da usina. No Anexo A as informações de cada município encontram-se resumidas em forma de tabela para simplificar o trabalho dos decisores.

### 5.6.3 Município de Jataí / GO

O município de Jataí está localizado entre as coordenadas geográficas 170 16' e 180 32' de latitude sul e 510 12' e 520 17' de longitude oeste. Sua área é de 7.174,217 km<sup>2</sup>. A população estimada pelo IBGE em 2007 foi de 82.010 habitantes. A temperatura média anual é de 22<sup>o</sup>C, e a precipitação média anual varia entre 1.650 e 1.800mm. O município está situado na microrregião do sudoeste de Goiás e tem como municípios limítrofes: Aparecida do Rio Doce, Caçu, Caiapônia, Itarumã, Perolândia, Rio Verde, Serranópolis e Mineiros.

De acordo com o levantamento de NIMER (1989), realizado para toda a região Centro-Oeste, o município de Jataí apresenta um clima do tipo tropical sub-quente e úmido, com marcante influência da altitude. Os invernos são secos e os verões chuvosos (LOPES et al, 2001). O total de chuvas na região de Jataí / GO é de 1.410,4 mm/ano e a evapotranspiração potencial de 613,7 mm/ano. O balanço hídrico aponta para um déficit hídrico anual de 107,8 mm, concentrado nos meses

de junho a setembro, podendo oferecer riscos de frustração de safras quando do cultivo nesse período (CRUZ; HERNANDEZ; VANZELA, 2006).

A distância de Jataí até o município de Senador Canedo, por onde passa o alcoolduto, é de aproximadamente 333 quilômetros. A rodovia que faz essa ligação é a BR-060, sendo que as condições dessa estrada, no momento, são boas. O histórico de acompanhamento da manutenção da rodovia mostra que os primeiros 30 quilômetros a partir de Jataí são problemáticos devido às características do terreno, e por isso as condições da estrada nesse trecho são precárias, porém transitáveis (PDTG, 2007). Os principais mercados consumidores são Brasília, a 500 km, Goiânia a 300 km e São Paulo a 997 km.

As principais rotas de escoamento do produto acabado que interligam o município com os mercados estão caracterizadas na Figura 5.2.

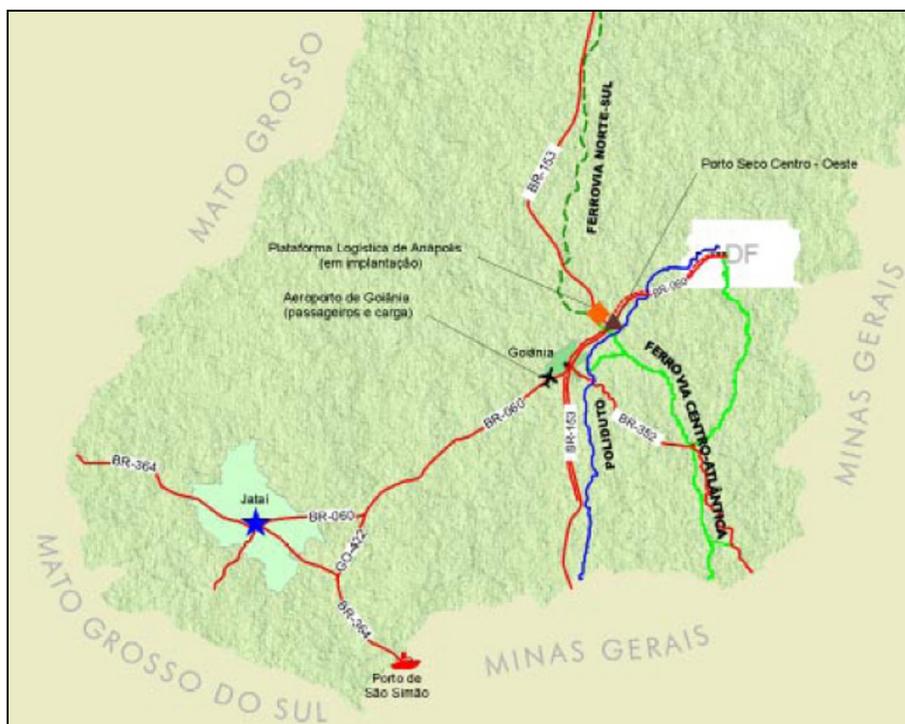


Figura 5.2 – Rotas de escoamento de Jataí  
Elaboração: SEPLAN-GO / SEPIN  
Fonte: SEPIN, 2007

A disponibilidade de mão-de-obra para a produção agrícola é pequena, fato comum a todos os municípios que possuem usina em Goiás. A mão-de-obra é importada do Nordeste, mais precisamente do Maranhão e do Piauí e sua necessidade ocorre, principalmente, na época da colheita. Já no caso da mão-de-obra para a produção industrial, deve-se considerar que ainda não existe usina no município, o que dificulta encontrar mão-de-obra já especializada. A COSAN, o maior grupo produtor de álcool do Brasil, foi beneficiada com incentivos e está se instalando na região de Jataí.

A rede de ensino do município é satisfatória e a taxa de alfabetização é de 89,8 % (IBGE, 2000). Jataí conta com as seguintes instituições de ensino superior (SEPIN, 2007):

- Centro de Ensino Superior de Jataí-CESUT;
- Campus Universitário da UFG;
- Unidade Universitária da UEG;
- Centro Federal de Educação Tecnológica de Jataí – CEFET-GO.

A região já foi mapeada pelo IBGE como apta para a produção de cana-de-açúcar. O valor das terras da região é de R\$ 2.568 por hectare (AGRIANUAL, 2007). As terras de alta produtividade para o cultivo de grãos valem R\$ 6.166 por hectare (AGRIANUAL, 2007).

A possibilidade de arrendamento pode ser aproveitada, tendo em vista que o município é tradicionalmente agrícola. Apesar da produção de cana-de-açúcar ser voltada para a fabricação de aguardente caseira e para a alimentação do gado, o município pode abrigar cultivo de cana-de-açúcar em áreas de outras culturas, como a da soja, que ocupa uma área de 230.000 hectares (ANUÁRIO DE GOIÁS, 2006).

A produção agrícola do município é detalhada na tabela 5.4 e o efetivo da pecuária na Tabela 5.5

Tabela 5.4 - Produção agrícola do município de Jataí

|                             | 2005      |              | 2006      |              |
|-----------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|                             | Área(ha)  | Prod. (t)    | Área(ha)  | Prod. (t)    |
| Abacaxi (mil frutos)        | -         | -            | -         | -            |
| Algodão herbáceo - TOTAL    | 1.920     | 6.300        | 750       | 2.475        |
| Algodão herbáceo (sequeiro) | 1.920     | 6.300        | 750       | 2.475        |
| Arroz - TOTAL               | 8.444     | 6.100        | 2.000     | 3.600        |
| Arroz (sequeiro)            | 8.444     | 6.100        | 2.000     | 3.600        |
| Banana                      | 580       | 6.000        | 603       | 6.633        |
| <b>Cana-de-açúcar</b>       | <b>75</b> | <b>2.500</b> | <b>95</b> | <b>3.800</b> |
| Feijão - TOTAL              | 1.000     | 1.500        | 3.380     | 5.370        |
| Feijão 1ª safra             | 500       | 1.050        | 500       | 1.050        |
| Feijão 2ª safra             | 500       | 450          | 2.880     | 4.320        |
| Girassol                    | 1.300     | 2.000        | 1.680     | 1.714        |
| Laranja                     | 28        | 210          | 28        | 196          |
| Mandioca                    | 280       | 4.000        | 300       | 4.500        |
| Milho - TOTAL               | 89.978    | 346.600      | 108.929   | 467.830      |
| Milho 1ª safra              | 8.978     | 64.600       | 7.500     | 54.000       |
| Milho 2ª safra              | 81.000    | 282.000      | 101.429   | 413.830      |
| Soja                        | 237.019   | 597.000      | 230.000   | 621.000      |
| Sorgo                       | 25.000    | 51.000       | 26.400    | 63.360       |
| Trigo                       | 200       | 240          | 400       | 480          |

Fonte: Anuário de Goiás (2007).

Tabela 5.5 - Efetivo da pecuária - 2005

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Aves (cab)               | 2.528.000 |
| Bovinos (cab)            | 345.000   |
| Prod. de leite (1.000 l) | 53.000    |
| Prod. de ovos (1.000 dz) | 200       |
| Suínos (cab)             | 31.000    |
| Vacas ordenhadas (cab)   | 38.000    |

Fonte: Anuário de Goiás (2007).

Importante frisar que a administração municipal tenta conter o avanço da cultura da cana-de-açúcar. Para isso, apresentou um projeto limitando a área que pode ser ocupada pela cultura. Isso pode impedir qualquer tipo de expansão futura de uma usina ali localizada.

#### **5.6.4 Município de Morrinhos / GO**

O município de Morrinhos / GO está localizado entre as coordenadas de 17°30'20 a 18°05'40 latitude sul e 48°41'08 a 49°27'34 de longitude oeste. Sua área é de 2.846,191 km<sup>2</sup>. A população estimada pelo IBGE em 2007 é de 38.991 habitantes. O município está situado na microregião da Meia-Ponte e tem como municípios limítrofes: Água Limpa, Aloândia, Buriti Alegre, Caldas Novas, Goiatuba, Joviânia, Piracanjuba, Pontalina e Rio Quente. A infra-estrutura de comunicações de Morrinhos conta com telefonia fixa e celular (móvel) e internet banda larga.

Morrinhos está a 753 m de altitude, possui clima ameno e suave (tropical úmido) e tem uma topografia plana e relevo ondulado, com uma temperatura média anual de 29°C, ameno e saudável, pertencendo ao grupo tropical úmido a temperatura média das máximas e de 33°C das mínimas 26°C e compensada a 29°C.

O município situa-se na vertente goiana do Rio Paranaíba e é banhado pelos rios Piracanjuba e Meia-Ponte e pelos ribeirões Formiga, Monjolinho, da Divisa, Mimoso e outros menores. Morrinhos se destaca por ser o segundo município do estado de Goiás em área irrigada, com cerca de 100 pivôs de irrigação em operação.

Para atender a demanda de energia elétrica do parque industrial e dos pivôs instalados na região, o município conta com uma capacidade de 69 Kv de 220 v. O município possui, a cerca de 10 km da sede, uma estação rebaixadora de 220 Kv com saídas de 69 kv.

Morrinhos possui uma boa infra-estrutura de transporte. Suas principais rodovias são a BR-153 e GO-213. O alcoolduto localizar-se-á a cerca de 80 quilômetros do município. Morrinhos está situado cerca de 289 km de São Simão,

porto de acesso a Hidrovia Paranaíba/Paraná/Tietê, principal ponto de ligação hidroviária entre o Centro-Oeste e os países do Mercosul. As distâncias até os principais mercados consumidores são de: Goiânia a 129 Km, Brasília a 339 Km e São Paulo a 778 Km. As rotas que o município oferece estão representadas na figura 5.3.



Figura 5.3 – Rotas de escoamento de Morrinhos  
Elaboração: SEPLAN-GO / SEPIN  
Fonte: SEPIN, 2007

A disponibilidade de mão-de-obra para a parte agrícola é baixa no município e é necessário a importação de mão-de-obra de outras regiões, geralmente nordestinos. Por contar com grandes empresas, a mão-de-obra industrial é mais abundante que em outros municípios. A CAMEN - Usina de Álcool e Açúcar Camargo e Mendonça, está em processo de instalação na região com previsão de início das atividades industriais em abril de 2008. A taxa de alfabetização é de 88,9 % (IBGE, 2000). Além disso o sistema educacional conta com 3 núcleos de ensino superior:

- Universidade Estadual de Goiás;
- Escola Agro Técnica Federal de Morrinhos;
- Administração de Empresas - UFG - Universidade Aberta

A região foi mapeada pelo IBGE como apta para a cana-de-açúcar. O valor médio das terras na região é de R\$ 2.000 por hectare (AGRIANUAL, 2007). As terras de alta produtividade para o cultivo de grãos vale R\$ 6.166 por hectare (AGRIANUAL, 2007).

O arrendamento de terras no município deve levar em conta que a região é leiteira, com propriedades de tamanho médio. A cultura de tomate também é forte na região tendo em vista que existe uma indústria processadora no município. Os produtores de tomate operam com contratos de médio e longo prazo com a indústria. Sendo assim, deve-se considerar que o arrendamento de terras nessa região fica prejudicado, mas ainda possível em áreas de pecuária e outras culturas.

O uso da terra do município de Morrinhos é assim dividido: 49,82% com predomínio de pastagens; 805,33 km<sup>2</sup>, 28,59% com predomínio de lavouras; 598,59 km<sup>2</sup>, 21,26% com vegetação natural; 7,93 km<sup>2</sup>, 0,28% área urbanizada; 1, 52 km<sup>2</sup>, 0,05% com outros. A fertilidade natural dos solos é baixa ocupando uma área de 1.464,49 km<sup>2</sup>, correspondendo a 52% da área municipal; baixa e média ocupando uma área de 777,99 km<sup>2</sup>, 27,61%; média a alta mais baixa ocupando uma área de 526,35 km<sup>2</sup>, 18,68%; média a alta ocupando uma área de 46,79 km<sup>2</sup>, 1,66% (Prefeitura Municipal de Morrinhos).

A produção agrícola do município é detalhada na tabela 5.6 e o efetivo da pecuária e outras criações na tabela 5.7.

Tabela 5.6 - Efetivo da Pecuária em Morrinhos - 2005

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| Aves (cab)               | 346.018 |
| Bovinos (cab)            | 263.418 |
| Prod. de leite (1.000 l) | 70.883  |
| Prod. de ovos (1.000 dz) | 724     |
| Suínos (cab)             | 18.193  |
| Vacas ordenhadas (cab)   | 70.203  |

Fonte: Anuário de Goiás (2007).

Tabela 5.7 - Produção Agrícola do município de Morrinhos

| Produtos                    | 2005     |           | 2006     |           |
|-----------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
|                             | Área(ha) | Prod. (t) | Área(ha) | Prod. (t) |
| Abacaxi (mil frutos)        | 20       | 660       | 20       | 660       |
| Abóbora                     | 80       | 800       | -        | -         |
| Algodão herbáceo - TOTAL    | 3.160    | 10.428    | 1.000    | 3.000     |
| Algodão herbáceo (sequeiro) | 3.160    | 10.428    | 1.000    | 3.000     |
| Arroz - TOTAL               | 2.000    | 3.600     | 1.000    | 1.800     |
| Arroz (sequeiro)            | 2.000    | 3.600     | 1.000    | 1.800     |
| Banana                      | 40       | 400       | 40       | 400       |
| Batata inglesa              | -        | -         | 200      | 8.400     |
| Feijão - TOTAL              | 4.930    | 14.145    | 4.900    | 12.750    |
| Feijão 1ª safra             | 430      | 645       | 400      | 600       |
| Feijão 3ª safra             | 4.500    | 13.500    | 4.500    | 12.150    |
| Gergelim                    | -        | -         | -        | -         |
| Goiaba                      | 15       | 630       | 15       | 630       |
| Laranja                     | 190      | 4.294     | 190      | 4.294     |
| Mamão                       | 10       | 115       | 10       | 115       |
| Mandioca                    | 60       | 1.020     | 150      | 2.550     |
| Manga                       | -        | -         | 9        | 135       |
| Maracujá                    | 25       | 312       | 25       | 312       |
| Melancia                    | 220      | 7.700     | 220      | 7.700     |
| Milho - TOTAL               | 3.300    | 19.440    | 3.000    | 16.200    |
| Milho 1ª safra              | 3.200    | 19.200    | 3.000    | 16.200    |
| Milho 2ª safra              | 100      | 240       | -        | -         |
| Palmito                     | 80       | 1.392     | 80       | 1.392     |
| Soja                        | 35.200   | 87.296    | 28.000   | 65.520    |
| Sorgo                       | 1.500    | 2.700     | 1.500    | 2.700     |
| Tomate - TOTAL              | 780      | 68.250    | 1.530    | 136.500   |
| Tomate de mesa              | 30       | 750       | 30       | 1.500     |
| Tomate industrial           | 750      | 67.500    | 1.500    | 135.000   |
| Trigo                       | 300      | 1.050     | 36       | 126       |

Fonte: Anuário de Goiás (2007).

### **5.6.5 Município de Quirinópolis / GO**

O município de Quirinópolis está localizado na região sudoeste do estado de Goiás, às margens do lago de São Simão, no rio Paranaíba. Sua área é de 3.780,173 km<sup>2</sup>. A população estimada pelo IBGE em 2007 é de 37.263 habitantes. O município está situado na microregião da Meia-Ponte e tem como municípios limítrofes: Bom Jesus de Goiás, Cachoeira Alta, Castelândia, Gouvelândia, Paranaiguara, Rio Verde e MG. A infra-estrutura de comunicações de Quirinópolis conta com telefonia fixa e celular (móvel) e internet banda larga.

Quirinópolis apresenta uma topografia plana, levemente ondulada com 35% de declividade, com altitude média de 541m, e o clima apresenta duas estações bem definidas: sendo a seca (de maio a outubro) e estação chuvosa (novembro a abril). O total de chuvas na região é de 1.410,4 mm/ano e a evapotranspiração potencial de 613,7 mm/ano. O balanço hídrico aponta para um déficit hídrico anual de 107,8 mm, concentrado nos meses de junho a setembro, podendo oferecer riscos de frustração de safras. A temperatura média anual varia entre 20°C e 35°C. A vegetação é formada de cerrado e matas residuais. Seu solo é do tipo latossolo, sendo vermelho escuro com texturas argilosa e areno-argilosa.

- A rede elétrica de Quirinópolis, segundo a Prefeitura Municipal, é composta por:
- Subestação da Celg;
  - 01 transformador de 25 M.V.A. (138/69,0KV);
  - 01 transformador de 25 M.V.A. (13,8/13,8.0KV);
  - 01 transformador de 10 M.V.A. (13,8/34,5KV);
  - 03 circuitos alimentadores de 13,8KV.

Quirinópolis conta com uma razoável infra-estrutura de transporte. As rodovias do município são: GO 164, que liga a BR 452 e a GO 206 á BR 384. O alcoolduto estará localizado a cerca de 289 quilômetros do município. Quirinópolis está distante

cerca de 86 km de São Simão, porto de acesso a Hidrovia Paranaíba/Paraná/Tietê, principal ponto de ligação hidroviária entre o Centro-Oeste e os países do Mercosul.

As distâncias até os mercados consumidores são de: Goiânia a 280 Km Brasília a 487 Km e São Paulo a 815 Km, As principais rotas que o município oferece estão representadas na figura 5.4.



Figura 5.4 – Rotas de escoamento de Quirinópolis  
Elaboração: SEPLAN-GO / SEPIN  
Fonte: SEPIN, 2007

A disponibilidade de mão-de-obra para a parte agrícola é baixa no município e é necessário a importação de mão-de-obra de outras regiões, geralmente do nordeste. A taxa de alfabetização é de 87,1% (IBGE, 2000). O sistema educacional conta com 2 núcleos de ensino superior:

- Unidade Universitária da UEG;
- Faculdade Quirinópolis - FAQUI.

A região foi mapeada pelo IBGE como apta para o cultivo de cana-de-açúcar. O valor médio das terras na região é de R\$ 2.000 por hectare (AGRIANUAL, 2007). As terras de alta produtividade para o cultivo de grãos valem R\$ 6.166 por hectare (AGRIANUAL, 2007).

A produção agrícola do município é detalhada na tabela 5.8 e o efetivo da pecuária e outras criações na tabela 5.9.

Tabela 5.8 - Produção agrícola de Quirinópolis

| Produtos                    | 2005     |           | 2006     |           |
|-----------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
|                             | Área(ha) | Prod. (t) | Área(ha) | Prod. (t) |
| Abacaxi (mil frutos)        | 8        | 56        | -        | -         |
| Algodão herbáceo - TOTAL    | 84       | 103       | -        | -         |
| Algodão herbáceo (sequeiro) | 84       | 103       | -        | -         |
| Amendoim                    | 726      | 1.500     | 730      | 1.460     |
| Arroz - TOTAL               | 2.000    | 1.600     | 1.000    | 2.000     |
| Arroz (irrigado)            | -        | -         | -        | -         |
| Arroz (sequeiro)            | 2.000    | 1.600     | 1.000    | 2.000     |
| Banana                      | -        | -         | -        | -         |
| Cana-de-açúcar              | -        | -         | 5.000    | 600.000   |
| Feijão - TOTAL              | 250      | 600       | 230      | 550       |
| Feijão 3ª safra             | 250      | 600       | 230      | 550       |
| Gergelim                    | 800      | 400       | -        | -         |
| Mandioca                    | 50       | 700       | 60       | 900       |
| Milho - TOTAL               | 8.200    | 44.480    | 7.000    | 34.300    |
| Milho 1ª safra              | 8.000    | 44.000    | 7.000    | 34.300    |
| Milho 2ª safra              | 200      | 480       | -        | -         |
| Pupunha                     | 23       | 40        | 23       | 40        |
| Soja                        | 37.000   | 66.600    | 25.000   | 50.000    |
| Sorgo                       | 3.520    | 7.850     | 3.000    | 4.500     |

Fonte: Anuário de Goiás (2007).

Tabela 5.9 - Efetivo da Pecuária em Quirinópolis - 2005

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| Aves (cab)               | 454.000 |
| Bovinos (cab)            | 298.000 |
| Prod. de leite (1.000 l) | 46.000  |
| Prod. de ovos (1.000 dz) | 154     |
| Suínos (cab)             | 10.900  |
| Vacas ordenhadas (cab)   | 28.000  |

Fonte: Anuário de Goiás (2007).

No sentido de facilitar os julgamentos, os decisores utilizaram tabelas ( Tabelas 5.10, 5.11 e 5.12) que resumiam as principais características de cada uma das alternativas em relação aos critérios.

Tabela 5.10 - Subcritérios de Infra-estrutura

| <b>Critério</b>                                     | <b>Jataí</b>  | <b>Morrinhos</b>  | <b>Quirinópolis</b>   |
|---|---|---|---|
| Infra-estrutura para escoamento da produção         | Rodovias: BR-060 e BR-364.<br>As rodovias estão em boas condições de rodagem, mas o histórico mostra que a BR-060 possui um trecho de 30 km a partir de Jataí que todo o ano precisa de remendos, mas não fica intransitável.   | Rodovias: BR-153 e GO-213.<br>As rodovias estão em boas condições de rodagem  | Rodovias: GO 164, que liga a BR 452 e a GO 206 á BR 384. As rodovias estão em boas condições de rodagem   |
| Infra-estrutura para transporte da cana até a usina | Quanto às condições das estradas secundárias do município, essas são em bom número e apresentam boas condições na maioria do ano, sendo que as mesmas são na maioria das vezes conservadas com apoio dos agricultores que a usam (Fonte: DNER e Secretaria Municipal de Transportes). | Quanto às condições das estradas secundárias do município, essas são em bom número e apresentam boas condições na maioria do ano, sendo que as mesmas são na maioria das vezes conservadas com apoio dos agricultores que a usam (Fonte: DNER e Secretaria Municipal de Transportes). | Quanto às condições das estradas secundárias do município, essas são em bom número e apresentam boas condições na maioria do ano, sendo que as mesmas são na maioria das vezes conservadas com apoio dos agricultores que a usam (Fonte: DNER e Secretaria Municipal de Transportes). |
| Proximidade com o álcoolduto                        | A distância até o município do álcoolduto é de aproximadamente 333 quilômetros.   | A distância até o município do álcoolduto é de aproximadamente 146 quilômetros.   | A distância até o município do álcoolduto é de aproximadamente 289 quilômetros.   |
| Proximidade com a rede elétrica                     | Boa distribuição por todo o município.  | Boa distribuição por todo o município.  | Boa distribuição por todo o município.  |
| Infra-estrutura de comunicações                     | Telefonia fixa e móvel. Internet banda larga.   | Telefonia fixa e móvel. Internet banda larga.   | Telefonia fixa e móvel. Internet banda larga.   |

Tabela 5.11 - Subcritérios de Insumos

| <b>Critério</b>   | <b>Jataí</b>  | <b>Morrinhos</b>  | <b>Quirinópolis</b>  |
|---|---|---|--|
| Disponibilidade de mão-de-obra                            | A disponibilidade de mão de obra para a parte agrícola é pequena. A mão de obra é importada do Nordeste. A taxa de alfabetização é de 89,8 %. Possui 4 universidades.                       | A disponibilidade de mão de obra para a parte agrícola é pequena. A mão de obra é importada do Nordeste. A taxa de alfabetização é de 88,9 %. Possui 3 universidades  | A disponibilidade de mão de obra para a parte agrícola é pequena. A mão de obra é importada do Nordeste. A taxa de alfabetização é de 87,1%. Possui 2 universidades.   |
| Disponibilidade de água para irrigação                    | <b>Região com pouca irrigação.</b>  | Região com muita irrigação(113 pivôs).  | <b>Região com pouca irrigação.</b>   |
| Disponibilidade de arrendamento de terras na região       | Região tradicionalmente agrícola. A soja ocupa uma área de 230.000 hectares   | Região tradicionalmente leiteira. Pouca agricultura. A soja ocupa 28.000 hectares.  | Região tradicionalmente de pecuária e leiteira. A soja ocupa uma área de 26.000 hectares.  |
| Aptidão da região para a produção de cana                 | Considerada apta pelo levantamento do IBGE.   | Considerada apta pelo levantamento do IBGE.   | Considerada apta pelo levantamento do IBGE.  |
| Valor das terras na região                                | O valor das terras da região, considerando como base o cerrado agrícola na chapada é de R\$2.568 por hectare. As terras de alta produtividade de grãos estão valendo R\$ 6.166 por hectare. | O valor das terras da região, considerando como base o cerrado agrícola na chapada é de por volta R\$2.000 por hectare. As terras de alta produtividade de grãos estão valendo R\$ 8000 a R\$ 9000 por hectare. | O valor das terras da região, considerando como base o cerrado agrícola na chapada é de por volta de R\$2.000 por hectare. As terras de alta produtividade de grãos estão valendo entre R\$ 6000 e R\$ 8000 o hectare. |
| Proximidade das lavouras de fornecimento de matéria-prima | Não possui cana de açúcar em quantidade significativa.  | Não possui cana de açúcar em quantidade significativa.  | Não possui cana de açúcar em quantidade significativa.   |

Tabela 5.12 - Subcritérios econômicos

| <b>Critério</b>   | <b>Jataí</b>  | <b>Morrinhos</b>   | <b>Quirinópolis</b>  |
|---|---|--|--|
| Incentivos fiscais oferecidos pelo município ou pelo estado | Não oferece incentivos.   | Não oferece incentivos.  | Não oferece incentivos.  |
| Proximidade do mercado consumidor                           | Brasília, a 500 km, Goiânia a 300 km e São Paulo a 997 km. Distante cerca de 195 km de São Simão. | Goiânia a 129 km, Brasília a 339 km e São Paulo a 778 km. Distante cerca de 313 km de São Simão. | Goiânia a 280 km Brasília a 487 km e São Paulo a 815 km. Distante cerca de 86 km de São Simão. |
| Possibilidade de expansão futura da produção                | Estuda limitar a área para plantio de cana  | Sim.   | Sim.   |

## 5.7 A ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA DE SIMULAÇÃO DA ESCOLHA DA LOCALIZAÇÃO DE USINA DE ÁLCOOL

O método AHP (Saaty, 1991) foi utilizado para construir o problema de simulação da escolha da localização da usina de álcool, nos três municípios escolhidos, levando-se em consideração as forças locacionais relevantes identificadas.

A Figura 5.4 a seguir traz a estrutura montada com o auxílio do AHP. Nela identificam-se a meta da simulação (escolha da alternativa de localização da usina), os critérios importantes para o processo de tomada de decisão (as forças ou fatores locacionais agrupados) e os subcritérios de cada agrupamento. Também são apresentadas as três alternativas selecionadas para proceder à escolha do local para a instalação da usina de álcool.

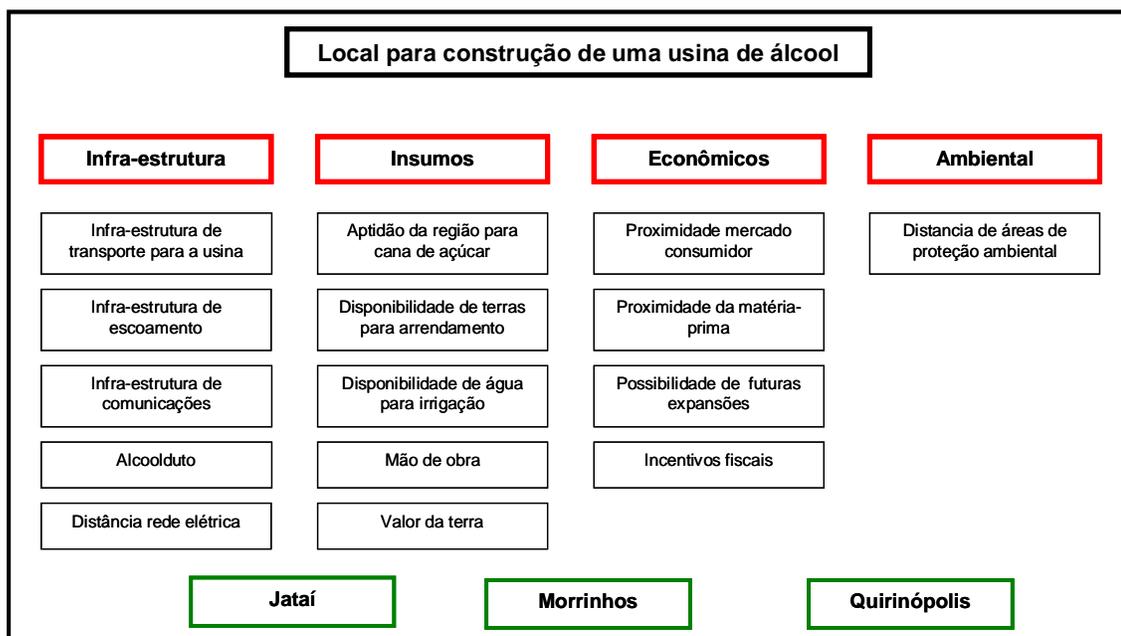


Figura 5.4 – Árvore hierárquica do problema

## **5.8 FERRAMENTA COMPUTACIONAL UTILIZADA NA SIMULAÇÃO**

A simulação será suportada pela ferramenta computacional Expert Choice, um software desenvolvido a partir da metodologia do AHP por Saaty (1991). O programa constitui-se em uma ferramenta de fundamental importância para a aplicação do método. Segundo Vilas Boas (2005), o suporte computacional facilita a aplicação do AHP, permitindo a correção de erros no início da ordenação e atribuição de pesos, os cálculos, as mudanças na estrutura do modelo por meio de adição ou subtração de critérios, os testes de sensibilidade e a representação gráfica de resultados.

O programa proporciona grande economia de tempo, além de implementar decisões estruturadas e justificáveis, que facilitam o entendimento do problema e permitem a construção de um consenso entre os tomadores de decisão (TIPEC, 2005).

Uma vez definidos os critérios locais, os agentes de decisão e as alternativas de localização, o programa facilita a montagem da estrutura da árvore hierárquica e a formatação das matrizes de comparações paritárias entre os critérios em planilhas eletrônicas. Depois da inserção das matrizes paritárias já pontuadas pelos decisores participantes do estudo, o programa produz uma série de resultados, apresentados na forma de gráficos.

## **5.9 A ANÁLISE E OS RESULTADOS OBTIDOS**

A análise aqui contida foi efetuada a partir de reuniões com os tomadores de decisão representantes das três empresas. As reuniões e discussões tiveram o objetivo de captar o comportamento do grupo e a forma que se relacionaram para a chegada a um consenso a respeito dos julgamentos. Deve-se levar em consideração que o resultado final depende das opiniões exclusivas dos decisores, da importância

definida para os critérios e também da consistência das informações que descrevem as características das alternativas.

A seguir será apresentado em detalhes todo o processo realizado para simular a escolha do melhor local de instalação de uma usina de álcool.

### **Forma de trabalho do grupo decisório**

Quando se reúne um grupo para tomar decisões, os resultados dependem da forma com que o processo decisório é conduzido. Bose et. Al (1997) realizou uma pesquisa na literatura a respeito de decisões utilizando métodos multicritérios, e elaborou uma classificação para os casos de decisões que encontrou. Segundo essa classificação, são três os tipos de decisão em grupo envolvendo multicritérios:

- Casos onde uma função de preferência do grupo foi desenvolvida;
- Casos onde uma votação, soma de pontuação ou um método equivalente foi utilizado;
- Casos onde não existe agregação e aonde se chegou a um consenso de maneira informal.

Pelas características dessa simulação, esse trabalho se encaixa no grupo o qual não existe agregação e o consenso foi obtido de maneira informal. Importante lembrar que o método AHP, quando aplicado na forma que foi concebido por Saaty, deve sempre obter os pesos dos julgamentos através do consenso entre os decisores envolvidos.

Como não se buscava estudar o processo decisório em si, mas sim verificar a aplicabilidade dos fatores levantados nesse trabalho, deve-se levar em consideração os seguintes pontos:

- Os decisores sabiam que estavam em uma simulação;
- Os decisores não eram da mesma empresa;
- Os decisores não se conheciam;
- Os decisores só tomaram pleno conhecimento do problema na própria reunião de decisão;

A consequência desses fatores é que:

- Inexistia pressão de fazer a melhor escolha;
- Inexistia passado de rivalidades entre os decisores;
- Inexistiam membros do grupo que evitavam compartilhar o conhecimento.

Por esses motivos citados acima, o consenso nos julgamentos pôde ser mais facilmente encontrado.

O grupo decisor realizou os julgamentos par a par, sendo que eles deveriam se ater somente ao par que estava em julgamento, sendo que os outros pares já julgados não estavam mais visíveis. O principal motivo dos julgamentos ocorrerem dessa forma era evitar que os julgadores fossem influenciados por julgamentos de pares anteriores. O objetivo era captar somente a opinião e o conhecimento dos decisores para o par que estava em julgamento. Isso facilita o aparecimento de inconsistências, mas não pode ser considerado um problema por um método (AHP) que busca exatamente trabalhar com elas. Somente quando a inconsistência atingia o nível máximo permitido pelo AHP, 0,1%, ocorria uma revisão dos julgamentos daquele nível buscando diminuir a inconsistência a um grau permitido pelo método.

Importante ressaltar que as inconsistências do pensamento são inerentes aos seres humanos, fator citado por Saaty (1991).

E os decisores utilizando sua experiência e conhecimento, fizeram os julgamentos tendo como base as informações presentes nesse estudo, bem como uma tabela com as principais informações das alternativas de forma a facilitar as decisões.

### **A análise**

O processo foi iniciado com a definição do objetivo, dos critérios e subcritérios e das alternativas, o que serviu para a montagem da árvore hierárquica do problema de tomada de decisão com o AHP. Com todas as informações cadastradas no sistema computacional Expert Choice ([www.expertchoice.com](http://www.expertchoice.com)), iniciaram-se os julgamentos pelos decisores.

Os pesos dados em cada julgamento são baseados na escala de julgamento de Saaty (ver Tabela 4.6). Todo julgamento efetuado pelo método AHP utiliza-se do sistema de comparação par a par, ou seja, cada critério é comparado individualmente com todos os outros critérios do grupo. Sendo assim, tendo como exemplo a comparação entre os critérios infra-estrutura com critérios ambientais (Tabela 5.10), lê-se: o critério infra-estrutura é moderadamente mais importante que os critérios ambientais, em relação ao objetivo final. Essa forma de leitura é a mesma em todos os julgamentos efetuados pelo grupo decisor e expostas nesse trabalho.

O primeiro julgamento tratou da importância de cada critério em relação ao objetivo do problema, a seleção da melhor localização para uma usina de álcool. Nesse sentido, foram feitas as comparações pelos decisores (Tabela 5.10). e, em

seguida, o software de apoio ao método AHP efetuou a análise dos julgamentos e chegou ao valor da importância de cada critério, além de calcular a inconsistência encontrada no julgamento (uma espécie de erro aceitável nas comparações), conforme pode-se observar na Tabela 5.11.

Tabela 5.10 – Julgamento dos critérios em relação ao objetivo

| <b>CRITÉRIO</b> | <b>JULGAMENTO<br/>(Em relação a)</b> | <b>CRITÉRIO</b> |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------|
| Infra-estrutura | 1                                    | Insumos         |
| Infra-estrutura | 4                                    | Econômicos      |
| Infra-estrutura | 3                                    | Ambientais      |
| Insumos         | 2                                    | Econômicos      |
| Insumos         | 2                                    | Ambientais      |
| Econômicos      | 2                                    | Ambientais      |

Tabela 5.11 – Resultado da análise de importância dos critérios

| <b>Critério</b>              | <b>Grau de importância</b> |
|------------------------------|----------------------------|
| Infra-estrutura              | 0,414                      |
| Insumos                      | 0,309                      |
| Econômicos                   | 0,158                      |
| Ambientais                   | 0,119                      |
| <b>Inconsistência = 0,05</b> |                            |

O passo seguinte consistiu nos julgamentos dos subcritérios, tanto em relação aos critérios a que estão subordinados como às alternativas.

Os primeiros subcritérios julgados foram os subordinados ao critério infra-estrutura (Tabela 5.12). Esse julgamento definiu a importância de cada subcritério em relação ao critério infra-estrutura.

Tabela 5.12 – Julgamento dos subcritérios de infra-estrutura

| <b>SUBCRITÉRIO</b>     | <b>JULGAMENTO<br/>(Em relação a)</b> | <b>SUBCRITÉRIO</b> |
|------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Escoamento da produção | 1                                    | Transporte da cana |
| Escoamento da produção | 4                                    | Alcoolduto         |
| Escoamento da produção | 3                                    | Rede elétrica      |
| Escoamento da produção | 3                                    | Comunicações       |
| Transporte da cana     | 2                                    | Alcoolduto         |
| Transporte da cana     | 2                                    | Rede elétrica      |
| Transporte da cana     | 2                                    | Comunicações       |
| Alcoolduto             | 2                                    | Rede elétrica      |
| Alcoolduto             | 2                                    | Comunicações       |
| Rede elétrica          | 1                                    | Comunicações       |

Após o julgamento da importância dos subcritérios em relação ao critério, foi feito o julgamento de cada subcritério em relação às alternativas. A estrutura desse julgamento é representada na tabela 5.13. Todos os subcritérios desse estudo foram comparados em relação às alternativas e o desempenho de cada um está relatado no Anexo B. Aqui concentrou-se a análise dos resultados no que diz respeito aos julgamentos dos critérios e subcritérios em relação ao objetivo final.

Tabela 5.13 – Exemplo de julgamento do subcritério alcoolduto em relação às alternativas

| <b>SUBCRITÉRIO: ALCOOLDUTO</b> |                                      |                    |
|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| <b>ALTERNATIVA</b>             | <b>JULGAMENTO<br/>(Em relação a)</b> | <b>ALTERNATIVA</b> |
| Jataí                          | -2                                   | Morrinhos          |
| Jataí                          | 2                                    | Quirinópolis       |
| Morrinhos                      | 3                                    | Quirinópolis       |

Após os julgamentos, foi efetuada a análise dos pesos para encontrar o valor de cada subcritério em relação ao critério de infra-estrutura e o resultado é visto na tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Resultado da análise dos subcritérios de infra-estrutura

| <b>Subcritério</b>              | <b>Grau de importância</b> |
|---------------------------------|----------------------------|
| Escoamento da produção          | 0,367                      |
| Transporte da cana              | 0,265                      |
| Alcoolduto                      | 0,156                      |
| Proximidade da rede elétrica    | 0,106                      |
| Infra-estrutura de comunicações | 0,106                      |
| <b>Inconsistência = 0,03</b>    |                            |

A seguir foram efetuados os julgamentos dos subcritérios de Insumos e o resultado é mostrado na tabela 5.15

Tabela 5.15 – Julgamento dos subcritérios de Insumos

| <b>SUBCRITÉRIO</b> | <b>JULGAMENTO<br/>(Em relação a)</b> | <b>SUBCRITÉRIO</b> |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Mão-de-obra        | -2                                   | Água               |
| Mão-de-obra        | -2                                   | Arrendamento       |
| Mão-de-obra        | -5                                   | Aptidão para cana  |
| Mão-de-obra        | -3                                   | Valor das terras   |
| Água               | -2                                   | Arrendamento       |
| Água               | -5                                   | Aptidão para cana  |
| Água               | -2                                   | Valor das terras   |
| Arrendamento       | -4                                   | Aptidão para cana  |
| Arrendamento       | -2                                   | Valor das terras   |
| Aptidão para cana  | 3                                    | Valor das terras   |

Quando o resultado do julgamento de importância for um número negativo, significa que o primeiro critério é menos importante que o segundo.

Efetuada a análise dos pesos dados aos subcritérios de insumos, chegou-se aos valores apresentados na tabela 5.16.

Tabela 5.16 – Resultado da análise dos subcritérios de insumos

| <b>Subcritério</b>           | <b>Grau de importância</b> |
|------------------------------|----------------------------|
| Aptidão para cana            | 0,489                      |
| Valor das terras             | 0,205                      |
| Arrendamento                 | 0,137                      |
| Água                         | 0,99                       |
| Mão-de-obra                  | 0,69                       |
| <b>Inconsistência = 0,02</b> |                            |

Analogamente, foi realizado o julgamento dos subcritérios econômicos (Tabela 5.17).

Tabela 5.17 – Julgamento dos subcritérios econômicos

| <b>SUBCRITÉRIO</b>     | <b>JULGAMENTO<br/>(Em relação a)</b> | <b>SUBCRITÉRIO</b>        |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Incentivos fiscais     | 4                                    | Proximidade do mercado    |
| Incentivos fiscais     | 4                                    | Possibilidade de expansão |
| Proximidade do mercado | 2                                    | Possibilidade de expansão |

Feita a análise dos julgamentos dos subcritérios econômicos, chegou-se ao resultado mostrado na tabela 5.18.

Tabela 5.18 – Resultado da análise dos subcritérios econômicos

| <b>Subcritério</b>           | <b>Grau de importância</b> |
|------------------------------|----------------------------|
| Incentivos fiscais           | 0,661                      |
| Proximidade do mercado       | 0,208                      |
| Possibilidade de expansão    | 0,131                      |
| <b>Inconsistência = 0,05</b> |                            |

Encerrada a fase de julgamentos, o AHP determina o valor da atratividade final de cada alternativa, conforme apresentado na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 – Atratividade das alternativas

| <b>Alternativas</b>          | <b>Resultado final</b> |
|------------------------------|------------------------|
| Morrinhos – GO               | 0,358                  |
| Jataí - GO                   | 0,357                  |
| Quirinópolis - GO            | 0,286                  |
| <b>Inconsistência = 0,04</b> |                        |

O resultado final aponta Morrinhos como a melhor opção para a instalação de uma usina de álcool, mas sua diferença para o segundo colocado, Jataí, é tão pequena que pode-se considerá-las com a mesma atratividade sob o ponto de vista dos tomadores de decisão. Esse resultado, por si só, não permite determinar qual seria a alternativa escolhida para a localização da usina. Porém, ele permite o descarte da alternativa menos atrativa, que no caso é Quirinópolis.

## 6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da localização iniciado por Weber e aperfeiçoado por diversos outros estudiosos sempre foi baseado nos fatores ditos gerais, que influenciariam as empresas de maneira geral quanto a localização de suas instalações. Com o avanço da tecnologia e também com a mudança de comportamento dos consumidores e empresários, os fatores locacionais se tornaram uma parte ligada diretamente a estratégia de atuação da empresa. Com isso surgiram estudos mais específicos sobre localização, principalmente em relação a localização de depósitos e centrais de distribuição.

A escolha de um local para a instalação de uma empresa hoje não pode mais desconsiderar a chamada “linha do tempo”. Significa que não basta que o local escolhido para a construção de uma instalação seja ótimo hoje. Ele deve ser ótimo também ao longo do tempo. Com isso o número de fatores locacionais envolvidos em um processo de escolha de local tende a aumentar para cobrir possíveis eventos futuros.

A seguir são relatados os fatores locacionais relevantes na escolha da localização de uma usina de álcool que o estudo levantou junto as 3 empresas do setor.

Os fatores tidos como principais (receberam as maiores notas pelas usinas), bem como as características que os tornam relevantes no processo de localização são:

- **Infra-estrutura para transporte da cana até a usina:** Fator ligado a dois aspectos importantes: o risco de interrupção do fornecimento de matéria-prima e o custo de transporte. O risco de interrupção é baixo, pois a colheita da cana de açúcar no Brasil é realizada no período seco do ano. Na época das chuvas ocorrem interrupções em algumas estradas por conta da lama. A usina deve estar atenta ao fato que a maioria das estradas utilizadas é de terra e geralmente existe uma só estrada que chega à usina, uma confluência das outras. Com relação ao custo de transporte, ele é alto chegando a representar 30% do custo total de produção da cana. A empresa deve estar atenta ao histórico da região quanto as condições gerais das estradas.
- **Infra-estrutura para escoamento da produção até o mercado consumidor:** Com um custo menor que o da cana, o transporte do álcool geralmente fica a cargo das distribuidoras e está vinculado ao preço de frete praticado na região. Quanto mais modais de transporte, melhor para a usina, pois ela pode atingir outros mercados. Deve-se levar em conta que o modal rodoviário domina o escoamento do álcool, mas certas regiões contam com ferrovias e hidrovias, tornando-as mais atraentes para a instalação de uma usina.
- **Proximidade do mercado consumidor:** Fator ligado ao custo de frete, contribuiu para tornar o estado de São Paulo o maior produtor de álcool do país. Esse fator clássico influencia menos do que parece no caso da região Centro-Oeste, pois o mercado local é atendido pelas usinas já instaladas e as novas usinas terão que procurar colocar o produto em regiões ainda não plenamente atendidas. Com isso a distância até o mercado consumidor pode variar muito e

todas as usinas da região perdem competitividade. A saída pode ser a exportação, mas não existe ainda mercado consumidor internacional firme o que torna arriscado para a usina produzir na região com essa intenção.

- **Proximidade das lavouras de fornecimento de matéria-prima:** Fator ligado ao custo de transporte e as condições específicas da cana. Nesse caso o fator é relacionado com a existência prévia de plantações de cana na região, sendo que isso só ocorre em municípios com pelo menos uma usina já instalada. A nova usina pode disputar com a usina já instalada o fornecimento de matéria-prima, e quando isso ocorre geralmente o preço da tonelada de cana sobe. A distância média ideal é de 20 km sendo que até 90 km de distância máxima.
- **Possibilidade de expansão futura da produção:** Esse fator é importante tendo em vista que diversos municípios tentam controlar o avanço da cana restringindo a sua cultura a um número determinado de hectares. O município que busca esse caminho naturalmente se torna menos atraente para a instalação de uma usina.
- **Disponibilidade de arrendamento de terras na região:** Esse fator é ligado a estratégia da empresa. As novas usinas pelo Brasil estão avançando em áreas de soja e pecuária com agricultores tradicionais já estabelecidos, o que torna difícil e caro encontrar terras contínuas a venda. O arrendamento por longos períodos é uma das soluções encontradas pelas usinas.

O que se pode observar é que os fatores levantados se encaixam na teoria clássica no tocante a empreendimentos agroindustriais. Fatores ligados a matéria-prima foram considerados os mais importantes. Mas em nenhum momento um fator se destacou como fundamental.

Isso mostra que a escolha do local de uma nova usina é influenciada por um conjunto de fatores distintos, sendo que nenhum deles, em particular, possui força direcionadora suficiente para a definição do local.

Os outros fatores considerados pelas usinas como influentes no processo de localização de uma usina de álcool foram:

- **Disponibilidade de mão-de-obra para a indústria:** A mão de obra especializada para atender a indústria geralmente não está disponível na quantidade necessária, tendo em vista que as cidades que recebem uma usina são de pequeno e médio porte e não tem mercado para essa atividade até a chegada da usina. A transferência de trabalhadores vindos de regiões de cultura da cana é uma das soluções, sendo o custo alto. O treinamento seria a melhor opção, mas seu sucesso está ligado a formação educacional do município. Sendo assim, municípios com uma boa rede de ensino, baixo analfabetismo e com uma variedade de cursos profissionalizantes são melhores alvos para atender esse fator.
- **Disponibilidade de mão-de-obra para a produção agrícola:** A disponibilidade de mão de obra para a parte agrícola da usina é problemática em todo o país. Não existe disponibilidade para a colheita, período crítico para a usina. Mesmo em regiões tradicionais no cultivo, como o sudeste, é necessária a importação

de mão de obra para essa fase. Todas as novas usinas vão enfrentar problemas nessa área. Mesmo onde a colheita é mecanizada, a falta de operadores para as máquinas também é crônica, sendo que o treinamento é essencial. No caso de colheita mecanizada deve-se levar em conta também a disponibilidade e qualidade da assistência técnica, pois uma máquina parada produz altos custos, comprometendo a produtividade da indústria que depende da matéria-prima.

- **Proximidade com a rede elétrica p/ escoamento de produção de energia excedente:** Importante critério para empresa que pretende vender o excedente de energia produzida pela queima do bagaço da cana-de-açúcar. Outro fator é evitar a total interrupção da produção da usina por problemas na geração própria de energia. O problema é que a legislação não é clara em relação a conexão, a transmissão e a subestação que possibilitam a exportação da energia excedente para a rede. A explicação para a importância da distância da rede é a seguinte: Normalmente a tensão da rede básica de distribuição é de 13,8 kV, 34,5 kV, 69 kV ou 138 kV. Devido as características dos geradores da maioria das usinas, a geração ocorre na tensão de 13,8 kV. O problema é que o transporte da energia nessa tensão, numa quantidade de 5 MW, a uma certa distância (15 km) acarreta em perdas de 30% a 40% do total da energia gerada (PALLETTA, 2003). Quando a tensão utilizada é a de 69 kV ou 138 kV, a perda de energia é mínima (por volta de 2%). Sendo assim, a opção de tensão de 13,8 kV só se mostra viável se for a pequenas distancias, em torno de um quilometro. Para distâncias maiores, é necessária a construção de uma

subestação para transformar a tensão em 69 kV ou 138 kV, o que aumenta consideravelmente o custo da rede.

- **Disponibilidade de água para irrigação:** A cana irrigada produz por volta de 30% a mais. A irrigação da cana ainda é pequena no Brasil, devido ao fato de as regiões produtoras atualmente contar com uma distribuição de chuvas boa para a cultura. A questão é que com o avanço para áreas de cerrado, onde existe um déficit hídrico, pode comprometer a produtividade. Em alguns casos inviabilizam a cultura. Sendo assim, a disponibilidade de água ganha contornos relevantes, e em certos casos fundamental. A água pode ser de rios ou subterrânea, mas seu uso é condicionado a outorga pelas autoridades competentes. Existem regiões no Centro-Oeste que a disponibilidade de água é tão baixa que não é possível contar com irrigação.
- **Incentivos fiscais oferecidos pelo município ou pelo estado:** Os incentivos fiscais sempre foram importantes forças locacionais, principalmente na época do Pró-álcool, e diversas usinas surgiram apoiadas principalmente nesse fator. Com a desregulamentação e o fim do apoio institucional para a produção de álcool, observou-se na pesquisa bibliográfica que a maioria das usinas que seguiram essa força não conseguiram se manter no mercado por falta de competitividade (baixa produtividade da terra, grandes distâncias do mercado, falta de mão de obra etc.). Isso mostrou aos empresários do setor que os incentivos fiscais não podem ser a principal força locacional de uma usina.

- **Proximidade com o álcoolduto a ser construído pela Petrobras:** O álcoolduto seria um fator aglomerativo importante tendo em vista que permite as usinas que estão na sua rota um transporte com um frete baixo. Mas só se aplica em caso de exportação do produto. Como o consumo interno está aquecido, as novas usinas não estão operando visando a exportação. Essa estratégia das empresas acabou tornando o álcoolduto um fator locacional menor, mas ainda importante.
- **Valor das terras na região:** As usinas têm por padrão possuir pelo menos 20% da área utilizada para produção de matéria-prima, e o restante vem de fornecedores independentes. Sendo assim, o valor das terras da região é importante para os custos finais do empreendimento. As novas áreas de cana de açúcar estão ocupando a princípio áreas de soja, pois a terra já esta preparada para receber a cana de açúcar e também pelo relevo das áreas de cultivo de soja serem predominantemente plano, facilitando a mecanização. Áreas de soja são mais caras que áreas de pecuária. O valor das terras seria um dos motivos que está levando a produção a se deslocar para a região Centro-Oeste, onde as terras são boas e baratas em relação a região Sudeste.
- **Aptidão da região para a produção de cana:** Para uma região ser considerada boa para a produção de cana deve-se considerar a existência de plantações da cultura para fins de açúcar e álcool por um período de pelo menos 5 anos. A aptidão pode ser medida por diversos fatores, como por exemplo, a produtividade média da região, a área ocupada pela cultura, déficit

hídrico, entre outros. A questão do déficit hídrico está sendo contornada com a utilização crescente de irrigação.

- **Distância de áreas de proteção ambiental:** É importante considerar a distancia de áreas de proteção ambiental, pois a legislação impõe pesadas multas para quem poluir essas áreas. Sendo assim, quanto mais distante de áreas de proteção menor o risco de prejuízo para o meio ambiente e para a usina. Deve-se também levar em conta se no transporte do produto acabado, esse não atravessará áreas de proteção ambiental.
- **Infra-estrutura de comunicações:** Com a utilização crescente de tecnologia para administração das usinas, a disponibilidade a um custo aceitável de meios de comunicação on-line se tornou um fator que não pode ser desprezado na escolha de um local. O Brasil já conta com boa infra-estrutura em praticamente todo o seu território, principalmente comunicações por satélite e com isso esse fator deve sua importância ou não a estratégia de atuação de cada usina.

O resultado da aplicação do método multicritérios (AHP) definiu o município de Morrinhos - GO como a melhor alternativa para instalação de uma usina de álcool (ver tabela 5.19). A simulação da escolha do local efetuada no estudo mostrou a aplicabilidade dos fatores aqui levantados, bem como da utilização de métodos multicritérios como forma de analisar a escolha da localização de uma usina de álcool e, com isso, servir como mais uma ferramenta de apoio aos decisores envolvidos no processo da escolha da melhor alternativa de localização de um empreendimento.

## **Estudos futuros**

Com a finalidade de melhor compreender a escolha da localização de uma usina, estudos futuros a respeito do processo decisório praticado pelas empresas torna-se relevante, pois a forma que ele é conduzido influencia o resultado final. Também são importantes outros estudos no sentido de verificar a possibilidade de associação de métodos multicritérios com outros métodos locacionais, como heurísticas e simulação. Como as novas usinas estão espalhadas por quase todos os estados brasileiros, estudos a respeito da importância dos fatores de, acordo com a região pesquisada, podem ajudar a compreender melhor as diferenças entre as regiões no tocante a importância dos fatores. E a elaboração de um modelo de localização para agroindústrias do setor deve ser considerada.

## **Recomendações finais**

E como recomendações que devem ser consideradas como importantes na análise da localização de usinas de álcool, esse estudo mostrou que a busca por fatores a serem utilizados no processo de localização deve sempre levar em conta a possibilidade de se obter informações sobre os mesmos. Em alguns casos os fatores, por mais relevantes que sejam, não contam com as informações necessárias para seu julgamento e com isso não devem ser considerados. Informações inconsistentes a respeito de um fator podem comprometer toda a análise.

Outro ponto que o AHP, como todo método multicritérios, é um método de apoio à decisão e não de definição de solução. Outros métodos (quantitativos e qualitativos) podem e devem ser utilizados em conjunto com o AHP, de forma a garantir a maior proximidade possível com o ótimo locacional. Essa necessidade de

utilização de um conjunto de métodos ficou bem clara na simulação do estudo de caso, quando não foi possível afirmar-se com certeza qual seria a melhor alternativa de localização sob o ponto de vista dos decisores. Sendo assim, os métodos tradicionais de avaliação de viabilidade econômico-financeiros podem complementar a análise. Nesse sentido, ferramentas da engenharia financeira como a análise custo-benefício, o valor presente líquido do investimento, a taxa interna de retorno, o tempo de recuperação do capital investido são importantes na busca da localização ótima de um empreendimento.

E concluindo, os julgamentos em grupo do AHP devem, de preferência, contar com a presença de um moderador, pois o risco de conflito entre os decisores existe e não deve ser desconsiderado. A existência de conflitos entre integrantes do grupo pode comprometer todo o julgamento e com isso toda a análise.

## REFERÊNCIAS

ABREU, L. M. de; GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I.; BERNARDES, R. S. **Escolha de um programa de controle da qualidade da água para consumo humano: aplicação do método AHP**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 2, pp. 257 - 262. Ano: 2000.

ACEVEDO, Claudia Rosa; NOHARA, Juliana Jordan. **Monografia no curso de administração: guia completo de conteúdo e forma**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

ACKOFF, R. L. **Resurrecting the Future of Operational Research**. Journal of Operational Research Society, vol. 30, 3, 189-199, 1979.

AGRIANUAL 2007. **Anuário da agricultura brasileira**. IFNP Instituto Consultoria & Comércio. São Paulo, 2007.

ALMEIDA, Adiel T.; COSTA, Ana Paula C. S. **Aplicações com métodos multicritério de apoio à decisão**. Recife: Universitária da UFPE, 2003.

ALVES, Francisco Ferreira. **Localização industrial do Nordeste - Análise de alguns indicadores 1959-1970-1975-1980**. Revista Econômica do Nordeste. v.14 n.2. Fortaleza, 1983.

ANDER-EGG, Ezequiel. **Organización del trabajo de investigación**. In "Fundamentos de Metodologia Científica" São Paulo: Editora Atlas, 2006.

ANFAVEA. **Autoveículos-produção em 2007**. Disponível em: <[www.anfavea.com.br/tabelas.html](http://www.anfavea.com.br/tabelas.html)>. Acesso em: 23 mar. 2007.

ANP - Agência Nacional do Petróleo. **Comportamento do mercado de combustíveis 2005**. Disponível em: <http://www.ANP>. Data de acesso: 20 dez. 2006.

ANP - Agência Nacional do Petróleo. **Panorama atual da indústria brasileira de álcool combustível: avaliação do arcabouço regulatório da ANP referente à movimentação do produto**. Brasília, Junho 2007.

ANUNCIÇÃO, W. R. **Avaliação de desempenho da gestão de estoque utilizando uma metodologia multicriterial em apoio a decisão: um estudo de caso no sistema de estoque centralizado da Petrobrás**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

ASAHI, T.; TURO, D.; SHNEIDERMAN, B. **Visual decision-making: Using tree maps for the Analytic Hierarchy Process**. University of Maryland, Maryland, 1994. Disponível em: <[http://sigchi.org/chi95/Electronic/documnts /videos/ta\\_bdy.htm](http://sigchi.org/chi95/Electronic/documnts /videos/ta_bdy.htm)>. Acesso em: 19 jun. 2006.

AZZONI, Carlos Roberto. **Teoria da localização: análise crítica a partir das evidências empíricas no Estado de São Paulo**. 287 p. Tese (Doutorado) Faculdade de Economia e Administração, USP. São Paulo, 1982.

BACCARIN, Jose Giacomo. **A desregulamentação e o desempenho do complexo sucroalcooleiro no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. — 4 ed. — Bookman, 2001.

BANA e COSTA, C.A. **Processo de apoio à decisão: problemáticas, atores e ações**. Apostila do Curso Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão - ENE/UFSC. Florianópolis, Agosto, 1995.

BANCO ESPÍRITO SANTO. **Economia Global – Fevereiro 2007**. Disponível em: < [www.bes.pt/sitebes](http://www.bes.pt/sitebes) >. Acesso em: 20 mar. 2007.

BARQUETTE, Stael. **Fatores de localização de incubadoras e empreendimentos de alta tecnologia**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo: FGV/EAESP, v 42 n.3, Jul/Set 2002.

BATALHA, Mario Otávio (Coord.). **Gestão agroindustrial**. 2º ed. – São Paulo: Atlas, 2001.

BHATNAGAR, R.; JAYARAM, J.; PRUA, Y. C. **Relative importance of plant location factors: a cross national comparison between Singapore and Malaysia**. Journal of Business Logistics, v. 24, n. 1, 2003.

BHUTTA, K. S. **International facility location decisions: a review of the modelling literature**. International Journal of Integrated Supply Management. Vol 1 N° 1 Pg. 33 – 50. 2004

BOSE, U.; DAVEY, A. M.; OLSON, D. L. **Multi-attribute utility methods in group decision making: past applications and potencial for inclusion in GDSS**. Omega, v.25, n°6, p.691-706, 1997.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento**. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

CAMPOS, V. R.; ALMEIDA, A. T. **Modelo multicritério de decisão para localização de Nova jaguaribara com vip analysis**. Pesquisa Operacional, v.26, n.1, p.91-107, Janeiro a Abril de 2006.

CARLOS, Ana Fani. **Espaço e Indústria**. 8. ed. São Paulo: 2000.

CEPA – Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada. **Cursos Diversos**. USP. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo1A/refino.html>. Acesso em: 01 mar 2008.

CLEAN FUELS DEVELOPMENT COALITION e NEBRASKA ETHANOL BOARD. **The guide for evaluating the requirements of ethanol plants** – Disponível em: < [www.ne-ethanol.org](http://www.ne-ethanol.org) > Acesso em: 15 dez. 2006.

CLEMENTE, Ademir; HIGACHI, Hermes Y. **Economia e Desenvolvimento Regional**. São Paulo: Atlas, 2000.

CHAN, Y. **Location Theory and decision analysis**. South-western college publishing, 2001.

CHUANG, P. **Combining the Analytic Hierarchy Process and Quality Function Deployment for location decision from a requirement perspective**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 18, pg.842-849, 2001.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar Safra 2007/2008, primeiro levantamento, maio/2007**. Companhia Nacional de Abastecimento. – CONAB. Brasília, 2007.

CONAB. **Primeiro levantamento da safra de cana de açúcar 2006/2007 estado de Goiás**. Companhia Nacional de Abastecimento. – CONAB. Brasília, 2006.

COSTA, Jose Fabiano da Serra; RISICATO, Lizzie Bessa; TORRES, Cristiane Assin. **Metodologia Multicritério na Avaliação de Custos na Segurança do Trabalho**. SISTEMAS & GESTÃO, v. 1, n. 2, p. 104-115, maio a agosto de 2006.

CRUZ, M. M. C.; A. L. PEREIRA (1994) **A Pré-Estivagem de Contêineres em Terminais Especializados: O Estado da Arte**. Anais do VIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, v. 1, p. 335–343.

CRUZ, S. P.; HERNANDEZ, F. B. T.; VANZELA, L. S. **Balanço hídrico da região de Jataí – GO**. CONIRD 2006 – XVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem – Goiânia – 25 a 30/07/2006

DUNHAM, Fabrício Brollo. **Estruturação do sistema de inovação em álcool combustível como base para o proálcool**. FINEP. Disponível em: <http://www.cori.unicamp.br/centenario2008>. Acesso em: 10 jan. 2008

DONDA JUNIOR, Alberto. **Fatores influentes no processo de escolha da localização agroindustrial no Paraná: Estudo de caso de uma agroindústria de aves**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis, 2002.

ESALQ - **Competitividade no agribusiness brasileiro - VOLUME V: Sistema Agroindustrial da Cana-de-açúcar e Sistema Agroindustrial da Soja**. Coordenação: Prof. Dr. Elizabeth M.M.Q. Farina e Prof. Dr. Decio Zylbersztajn PENZA/FIA/FEA/USP. São Paulo, 1998

EXYERT CHOICE Inc. **Software Expert Choice Educational Version trial 11**. Disponível em: <<http://www.expertchoice.com/software/>>. Acesso em: 20 de março de 2007.

FERNANDES, A. C. **Desempenho da agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil (1970 a 1995)**. CTC. Piracicaba, 1996.

FERRONATTO, Luciana G., BARATZ, Eduardo V. **Aplicação de Análise Hierárquica para Priorização de Atividades em Órgão Gestor de Trânsito e Transportes**. Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://www.eptc.com.br/noticias/imagens/An%C3%A1lise%20prioridades.PDF>. Acesso em: 10 set. 2007.

FLEURY, Paulo Fernando. **Planejamento integrado do sistema logístico de distribuição de combustíveis**. In IV Seminário Brasileiro de Logística de Distribuição de Combustíveis. Rio de Janeiro, 2005.

GALDINO, M. A. E.; LIMA, J. H. G.; RIBEIRO, C. M.; SERRA, E. T. **O contexto das energias renováveis no Brasil**. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br/Publicacoes/download/Direng.PDF](http://www.cresesb.cepel.br/Publicacoes/download/Direng.PDF)>. Acesso em: 18 jan. 2007.

GALVÃO, F. A.; CUNHA, C. B.; GUALDA, N. D. F. “**An Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for Locating a Distribution Center**”. In: The 7th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, 2003, Bali.

GARTNER, I. R. **Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas**. Brasília: Editora Universa, 2001.

GEOFFRION, A. M., POWERS, R. F., **Twenty years of strategic distribution system design: an evolutionary perspective**. EUA: INTERFACES, 1995.

GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.T. **Tomada de Decisão Gerencial — Enfoque Multicritério**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GOMES, L. F. M.; MOREIRA, A. M. M. **Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério**. RECITEC, Recife, v. 2, n. 2, pp. 117 - 139. (1998) Disponível em: <[www.fundaj.gov.br/rtec/res/res-001.html](http://www.fundaj.gov.br/rtec/res/res-001.html)>. Acesso em: 12 dez 2007.

GUALDA, Nicolau Dionísio Fares. **Terminais de transportes: contribuição ao planejamento e ao dimensionamento operacional**. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.

HAHN, M. H. **SISTEC: Simulador de sistema de transporte da cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1994.

HAMAD, Ricardo. **Modelo para localização de instalações em escala global envolvendo vários elos da cadeia logística**. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

HIGGINS, Andrew; DAVIES, Ian. **A simulation model for capacity planning in sugarcane transport**. Computers and Electronics in Agriculture, v. 47, n. 2, p. 85-102, maio 2005.

HOTELLING, H. **Stability in Competition**. The Economic Journal, Vol. 39, No. 153 pp. 41-57 [S. I.], 1929.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Relatórios diversos**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 10 dez 2007

IANNONI, A. P.; MORABITO, R. **Análise do sistema logístico de recepção de cana-de-açúcar: um estudo de caso utilizando simulação discreta**. GESTÃO & PRODUÇÃO, v.9, n.2, p.107-128, ago. 2002

ÍCONE. **Relatórios diversos**. Disponível em: [www.iconeconsultoria.com.br](http://www.iconeconsultoria.com.br). Acesso em 05 jan. 2007

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2006**. Paris, 2006.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Genebra, 2001.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Paris, 2007.

ISARD, W. **Location and Space-Economy**. Cambridge: The MIT Press, 1972.

JOHNSON, B; WRIGHT, T. **Impactos comunitários do proálcool**. FEA/USP. São Paulo, 1983.

KABIR, A. B.; SHIHAN, Mi: **A Selection of renewable energy sources using Analytic Hierarchy Process**. International Synposium on the Analytic Hierarchy Process. Bali. 2003.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R.P.; SADOWSKI, D. A. **Simulation with Arena** McGrawHill, 1998.

KPMG. **KPMG Business Magazine**. Disponível em: < [www.kpmg.com.br/publicacoes/business\\_magazine/business\\_magazine\\_07.pdf](http://www.kpmg.com.br/publicacoes/business_magazine/business_magazine_07.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2007.

KULIN, Harold W.; KUENNE, Robert E. **An efficient algorithm for the numerical solution of the generalized weber problem in spatial economics**. Journal of Regional Science 4 (2), 21–33. 1962

LACERDA, L. **Considerações sobre o estudo de localização de instalações**. Artigos do Centro de Estudo em Logística, COPPEAD, Rio de Janeiro (2005). Disponível em : <http://cvlog.net/home/detail.asp?iCat=231&iChannel=2&iData=133&nChannel=Artigos> . Acesso em 18 de novembro 2006.

LAW, A. M.; Kelton, W. D. **Simulation modeling & analysis**. New York: McGraw Hill, 1991

LEME, Ruy. **Contribuições à teoria da localização industrial**. São Paulo: USP/IPE, 1982. 387p.

LINDAU, L.A.; COSTA, M.B.B.; SOUSA, F.B.B. Em busca do *benchmark* da produtividade de operadores urbanos de ônibus. **In: Transportes: experiências em rede**. p. 199-221, 2001.

LISBOA, M. V.; WAISMAN, J. **Aplicação do Método de Análise Hierárquica - MAH para o Auxílio à Tomada de Decisão em Estudos de Alternativas de Traçado de Rodovias**. In XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <[www.guiadelogistica.com.br/ARTIGO422.htm](http://www.guiadelogistica.com.br/ARTIGO422.htm)>. Acesso em: 29 mar. 05

LOSCH, A. **The economics of location**. New Haven: Yale U.P., 1954.

LOPES, R. L.; CAIXETA FILHO, J. V. **Suinocultura no estado de Goiás - aplicação de um modelo de localização** Pesquisa Operacional. vol.20 no.2. Rio de Janeiro, 2000.

LOPES M. B. **Simulação de um sistema de carregamento e transporte de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1995.

LOPEZ, R A.; HENDERSON, N. R. **The determinants of location choices for food processing plants**. *Agribusiness*, v. 5, n. 6, pg 619-632, 1989.

LOVE, R. F., et al. **Facilities Location: models & methods**. EUA: North Holland, 1988.

LUCAS, M. T. & CHHAJED, D. **Applications of location analysis in agriculture: a survey**. *Journal of the Operational Research Society*, v 55 pg 561-578 [S. I.] 2004.

MAGALHÃES, J. P. A.; KUPERMAN, N.; MACHADO, R. C. **Proálcool: Uma Avaliação Global**. Rio de Janeiro: Xenon Editora e Produtora Cultural, 1991.

MARCONI, M. A. & LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MARGUERON, M. V. L. **Processo de Tomada de Decisão sob Incerteza em Investimentos Internacionais na Exploração & Produção de Petróleo: Uma Abordagem Multicritério**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2003.

MANZO, Abelardo J. **Manual para la preparación de monografías: una guía para presentar informes y tesis**. *In* : Lakatos, Eva Maria; Marconi, Marina de Andrade. - Fundamentos de metodologia científica. 3. ed. São Paulo : Atlas, 1991.

MENEZES, Tobias J. Barreto de. **Etanol, o combustível do Brasil**. São Paulo; Ed. Agronomica Ceres; 1980. 233 p

MORGADO, Andréa. **Contribuição Metodológica ao Estudo de Localização de Terminais Rodoviários Regionais Coletivos de Carga**. Tese de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2005.

MOSES, L N. **Location and the Theory of Production**. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 72, No. 2, 259-272., 1958.

MOTA, Fernando de Oliveira. **Manual de localização industrial: tentativa de adequação da teoria a realidade**. 2a. ed. Fortaleza, BNB. ETENE, APEC, 1988.

NETO, André Elia. **Aspectos da legislação ambiental para o setor da cana-de-açúcar**. in “A energia da cana de açúcar” – ÚNICA – São Paulo, 2005.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Relatórios diversos**. Disponível em: <<http://www.oecd.org/statsportal/>>. Acesso em: 15 dez 2007.

PACHECO, Carlos Américo. **Novos Padrões de Localização Industrial? Tendências Recentes dos Indicadores da Produção e do Investimento Industrial**. IPEA. Brasília, março de 1999.

PAIVA, R. P. O.; MORABITO, R. **Um modelo de otimização para o planejamento agregado da produção em usinas de açúcar e álcool**. Gestão e Produção. São Carlos, v. 14, n. 1, p. 25-41, jan.-abr. 2007

PDTG - **Programa de Desenvolvimento do Sistema de Transportes do Estado de Goiás**. Governo do Estado de Goiás, Secretaria de Estado de Infra-Estrutura – Goiânia: 2007.

PERES, J. R. R.; FREITAS JUNIOR, E.; GAZZONI, D. L. **Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro**. Revista de Política Agrícola. Ano XIV - Nº 1- Jan./Fev./Mar. 2005, p.31-41, Brasília.

PEPIN, N. C. & SEIDEL D. J. **A global comparison of surface and free-air temperatures at high elevations**. Journal Geophysical Research, v 110 [ S. I.]. 2005.

PIRES, A. **As alternativas ao petróleo**. CBIE. São Paulo, 2005.

PREZIA, Guilherme. **Bosch A revista**. Disponível em: <[http://www.bosch.com.br/br/mundobosch/revista/topico\\_mar03\\_01.htm](http://www.bosch.com.br/br/mundobosch/revista/topico_mar03_01.htm)>. Acesso em : 27 ago. 2007

RAMOS, S.; CAIXETA FILHO Y. J. V. **Distribuição espacial de packing-houses de laranja no Estado de São Paulo: uma aplicação da teoria da localização**. Revista de Economia e Sociologia Rural, vol.40 no.3 Brasília 2002

RANDHAWA,U.; WEST, T. M. **An Integrated Approach to Facility Location Problems**. Computers and Engeneering, v.29, n. 1, pg. 261-265, 1995.

RFA – RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. **Ethanol Industry Outlook 2005**. Washington, 2005.

RODRIGUES, A R. **A segurança energética**. Jornal Defesa e Relações Internacionais, Lisboa, 2007.

ROMERO, Bianca de Cássia. **Análise da localização de plataformas logísticas: aplicação ao caso do ETSP - Entrepasto Terminal São Paulo - da CEAGESP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos). Escola Politécnica, USP. São Paulo, 2006.

RUIZ, Manoel. **Proálcool e seu desenvolvimento**. Disponível em: <<http://sociedadedigital.com.br/artigo.php?artigo=180>>. Acesso em: 27 ago. 2007

SABOYA, L V. **A dinâmica locacional da avicultura e suinocultura no centro-oeste brasileiro**. Dissertação ( Mestrado em Ciências ). ESALQ. Piracicaba, 2001.

SALIBY, Eduardo. **Tecnologia de informação: Uso da Simulação para Obtenção de Melhorias em Operações Logísticas**. Artigos CEL, Centro de Estudos em Logística. Disponível em: [www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm](http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm). Acesso em: 23 mai 2007.

SANTOS, C. C. M.; LEAL JR, I. C.; FERREIRA FILHO, V. J. M. **A Utilização da Simulação para Análise e Escolha de Modal de Transporte**. XI SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 08 a 10 de novembro de 2004.

SAATY, T.L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991.

SCHNEIDER, L. **Dinâmica locacional da vitivinicultura: Novas regiões do rio Grande do Sul e Vale do São Francisco**. Dissertação de mestrado, ESALQ. Piracicaba, 2006.

SCHMIDT, A. M. A. **Processo de apoio à tomada de decisão – Abordagens: AHP e MACBETH**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

SEPIN-Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação – **Relatórios diversos**. Disponível em: <http://www.seplan.go.gov.br/sepim/> . Acesso em: 10 jan 2008

SHAPIRO, J. F. **Modeling the supply chain**. EUA: Duxbury, 2001.

SHEA, J. **Segurança energética: o papel potencial da OTAN**. Noticias da OTAN. Disponível em: < [www.nato.int/docu/review/2006/issue3/portuguese/special1.html](http://www.nato.int/docu/review/2006/issue3/portuguese/special1.html) >. Acesso em 15 mar. 2007.

SILVA, Fernando Augusto Belcorso da. **Modelo para localização geográfica de indústrias baseado em regras difusas**. Dissertação de mestrado – USP. São Paulo, 2001.

SMITS, S. R., **Evaluation Model for the design of distribution networks**. Netherlands: Faculty of Technology Management, 2001.

SOARES, U. P. **Procedimento para a Localização de Terminais Rodoviários Interurbanos, Interestaduais e Internacionais de Passageiros**. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, F. A. F. **Elaboração de um Modelo de Localização de Cargas Unitizadas Agroindustriais em Pátios Portuários: Aplicação ao Caso do Terminal Portuário do Pecém**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

SOUZA, R. R. **Panorama, oportunidade e desafios para o mercado mundial de álcool automotivo**. Dissertação de mestrado, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2006.

STOLLSTEIMER, J.F. **A working model for plant numbers and location**. Journal of Farm Economics, 45(3), 631-45, Ago. 1963.

TIPEC. **Tecnologias para Incremento da Performance e Eficiência Corporativa**. Disponível em: <http://www.decisionsystems.com.br/editor/mostrarpag.asp?id=48>.

TOMA, T.; ASHARIF, M. R. **AHP coefficients optimization technique based on GA**. Department of Information Engineering of University of Ryukyus, Japão, 2003. Disponível em: <<http://bw-www.ie.u-ryukyu.ac.jp/~j94033/study/finalpaper2.html>>. Acesso em: 15. jul. 2006.

TORQUATO, S. A. & PEREZ, L. H. **Evolução das exportações brasileiras de álcool - Período de 1996 a julho de 2005**. Informações Econômicas. São Paulo, 2006.

TORQUATO, S. A. **Álcool: projeção da produção e exportação no período 2005/06 a 2015/16**. IEA. São Paulo, 2005.

TUOMINEN, K. **Information use in constructing factual versions: developing a discourse analytic approach**. University of Tampere. Tampere, 1996.

UDOP – União dos Produtores de Bioenergia. **Relatórios diversos**. Disponível em: <http://www.udop.com.br/>. Acesso em: 10 fev 2007

UNICA. **Boletim Informação Única**. União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. Vários números. São Paulo, 2008.

UNICA. **Cana, Açúcar e Álcool: balanço e avaliação da safra 05/06 – região Centro-Sul**. União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. São Paulo, 2006.

USDA – United States Department of Agriculture. **Relatórios diversos**. Disponível em: <http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome> . Acesso em: 15 jan 2008.

VIDAL, Maria de Fátima; SANTOS, José Ailton Nogueira dos; SANTOS, Marcos Antônio dos. **SETOR SUCROALCOOLEIRO NORDESTINO: Desempenho Recente e Possibilidades de Políticas**. Série Documentos do ETENE Nº. 18. Fortaleza, 2007.

VILAS BOAS, Cíntia de Lima. **Método multicritérios de análise de decisão (MMAD) para as decisões relacionadas ao uso múltiplo de reservatórios: Analytic Hierarchy Process (AHP)**. Universidade de Brasília. Brasília, 2005.

VON OPPEN, M. & SCOTT, J. T. **A spatial equilibrium model for plant location and interregional trade**. *American Journal of Agricultural Economics*, 58(3), 437-445, 1976.

ZELENY, M. **Six Concepts of Optimality**. USA, Boston. 1994.

WEBER, A. **Theory of location of industries**. Chicago: University of Chicago Press, 1929.

YAMADA, M. C. **Modelagem das cadeias de atividades produtivas da indústria sucroalcooleira visando à aplicação em estudos de simulação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

YANG, 1.; LEE, H. **A AHP decision model for facility location selection**. *Facilities*, v. 15, iss. 9/10, pg.241, 1997.

YOSHIZAKI, H. T. Y. **Análise de desempenho operacional de sistemas logísticos e de transportes: aplicações de redes de filas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

## ANEXO A

Este anexo mostra dados do clima de Goiás que foram utilizados pelos decisores nos julgamentos. Contém também as tabelas A.1, A.2 e A.3 que mostram de forma resumida os dados de todos os critérios em relação as alternativas (municípios alvos) utilizadas para melhor visualização pelos decisores no momento dos julgamentos.

### **Características do clima de Goiás**

O Estado de Goiás apresenta um clima tropical, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (outubro/abril) e outra seca (maio/setembro), concorrendo para uma grande variação dos elementos climáticos. A precipitação pluvial no Estado de Goiás é caracterizada por ser crescente do sul para o norte e de leste para oeste. O índice pluviométrico médio anual está em torno de 1532 mm e 95% das chuvas ocorrem no período de outubro a abril.

Goiás não é um estado tradicional no cultivo de cana, apesar de ter 16 usinas operando, sendo que o forte é a pecuária e a soja. O principal fator limitador da cultura no estado é o déficit hídrico, pois a região é caracterizada por períodos prolongados de seca. Sendo assim, os principais fatores a serem considerados para se avaliar o clima do estado são:

- Precipitação pluvial
- Temperatura Máxima e Mínima do Ar
- Evaporação de Água para Atmosfera
- A umidade relativa do ar
- Excedente e/ou Déficit Hídrico
- Insolação

Os dados a seguir foram tirados do Anuário Climático de Goiás, sendo que será relatado o método de coleta de dados e os resultados obtidos. Foram utilizados series longas de dados (mais de 10 anos).

### **Precipitação Pluvial**

A partir de medições em 114 pontos efetuados ao longo de 19 anos chegou-se a seguinte caracterização: o estado de Goiás possui um período chuvoso (outubro a abril) e um outro seco (maio a setembro). No período chuvoso ocorrem 95% do total de precipitação pluvial com destaque para os meses de dezembro e janeiro, que mostram que na maior parte do estado chove em torno de 250 a 300 mm.

### **Temperatura Máxima e Mínima do Ar**

Para esta caracterização foram utilizados 34 pontos de coletas dos elementos climáticos temperatura máxima e mínima do ar, com médias de pelo menos 10 anos de dados. Verifica-se que os meses de agosto e setembro apresentam maiores índices térmicos, alcançando valores médios em torno de 34°C, isto ocorre em localidades situadas à noroeste do estado. Por outro lado, as figuras de 25 a 36 mostram as temperaturas mínimas do ar. Elas apresentam que os meses de junho e julho são os mais frios, indicando valores médios em torno de 12°C em áreas localizadas no sudeste e sudoeste goiano.

### **Evaporação de Água para Atmosfera**

Para esta caracterização foram utilizados 11 pontos de coletas de evaporação, com médias de pelo menos 10 anos de dados. O mês de setembro é o período onde os índices de evaporação são maiores, apresentando valores em torno de 340 a 360 mm. O mês de dezembro, por outro lado, mostra os menores índices, prevalecendo na maior parte do estado, perda de água para atmosfera em torno de 60 a 80 mm.

### **A umidade relativa do ar**

Para esta caracterização foram utilizados 11 pontos de coletas de umidade relativa do ar, com médias de pelo menos 10 anos de dados. As figuras 49 a 60 mostram especialmente a configuração da umidade relativa do ar no Estado de Goiás. O mês de dezembro apresenta-se como o período mais úmido, caracterizando-se com índices entre 80 a 82 % de umidade relativa do ar em cerca de 50 % da área do

estado. Por outro lado, o mês mais seco é agosto, que apresenta valores em torno de 48 a 52 % em quase toda área de Goiás.

### **Excedente e/ou Déficit Hídrico**

Para o cálculo do excedente e déficit hídrico utilizou-se um balanço hídrico baseado na fórmula de Thornthwaite e Matter (1955). Para esta caracterização foram utilizados 33 pontos de coletas de dados dos elementos climáticos para o cálculo do balanço hídrico, com médias de pelo menos 10 anos. Os valores negativos e entre parênteses representam déficits hídricos. Com base nesta informação é possível definir diretrizes para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, principalmente, no que diz respeito à utilização de água em lavouras. Os meses de novembro a março apresentam sempre excedente hídrico, com destaque para o mês de janeiro, onde predomina índices em torno de 140 a 180 mm. Analogamente, o período de maio a outubro, o déficit hídrico prevalece, com os meses de agosto e setembro os mais críticos.

### **Insolação**

Para esta caracterização foram utilizados 11 pontos de coletas de dados de insolação, com médias de pelo menos 10 anos. Devido à existência de um alto nível de nebulosidade, no período chuvoso, a insolação apresenta-se com valores mais baixo. Entretanto, no período “seco”, quando a nebulosidade é quase nula, a insolação mostra-se com índices bem elevados, atingindo cerca de 280 a 290 horas, no mês de julho.

### **As áreas de proteção ambiental**

O Estado de Goiás possui dois parques nacionais administrados pelo IBAMA; seis parques estaduais, quatro Áreas de Proteção Ambiental, uma área de relevante interesse ecológico, administrada pelo estado (SEMARH e Agência Ambiental de Goiás); oito unidades de conservação municipais, além de vinte e seis reservas particulares do patrimônio natural de propriedade privada.

## ANEXO B

Este anexo é dedicado à simulação efetuada no estudo e mostra todos os julgamentos efetuados no Expert Choice, bem como alguns gráficos do resultado final.

Primeiramente foram inseridos no software o objetivo, os critérios e seus subcritérios e também as alternativas. A partir destes dados, o Expert choice criou a árvore hierárquica e o resultado é visto na figura B.1.

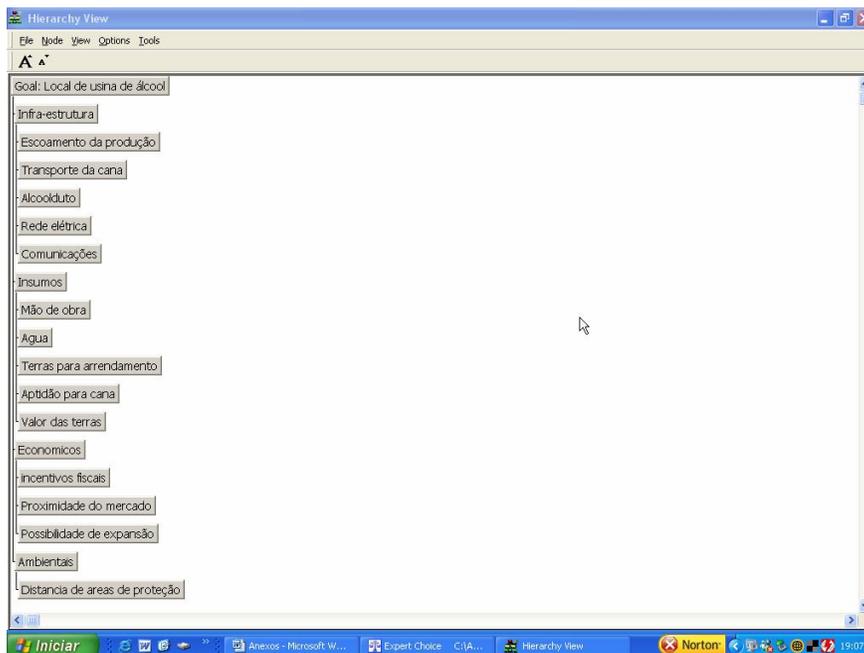


Figura B.1 - Arvore hierárquica

Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

O passo seguinte foi analisar os pesos ou importância de cada um dos critérios em relação ao objetivo e efetuar o julgamento desses pesos. A figura B.2 mostra quais foram os pesos dados pelos decisores e a figura B.3 mostra o gráfico com o resultado após os julgamentos dos pesos dados na figura B.2.

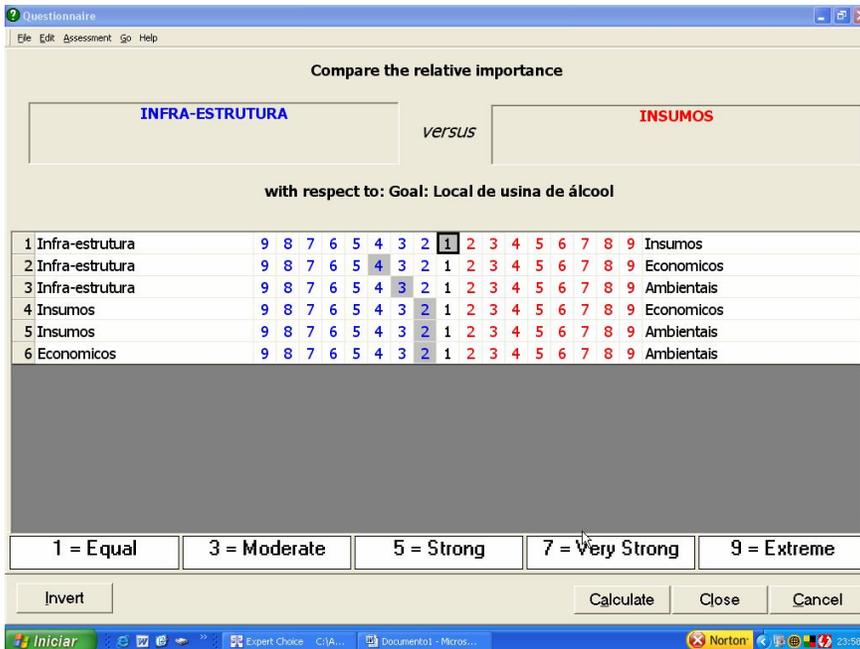


Figura B.2 – Pesos ou importância dos critérios  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

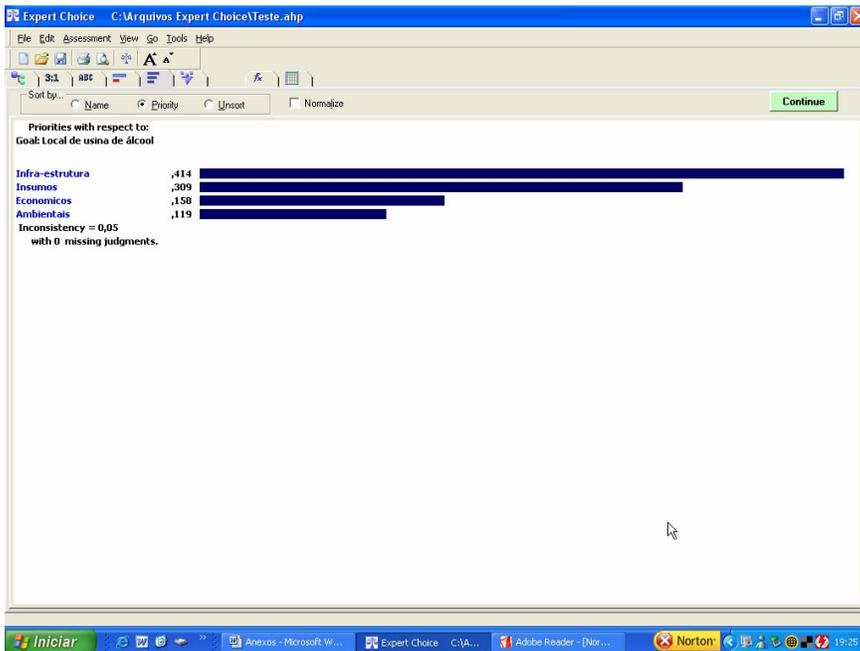


Figura B.3 – Resultado do julgamento dos pesos dos critérios  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

A seguir foram efetuados os julgamentos de cada um dos subcritérios em relação às alternativas apresentadas.

A figura B.4 mostra quais foram os pesos dados para cada um dos subcritérios de infra-estrutura e a figura B.5 mostra como foi o resultado dos julgamentos. Já a figura B.6 traz um gráfico com a evolução de cada alternativa perante o critério de infra-estrutura.



Figura B.4 – Definição dos pesos dos subcritérios de infra-estrutura  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

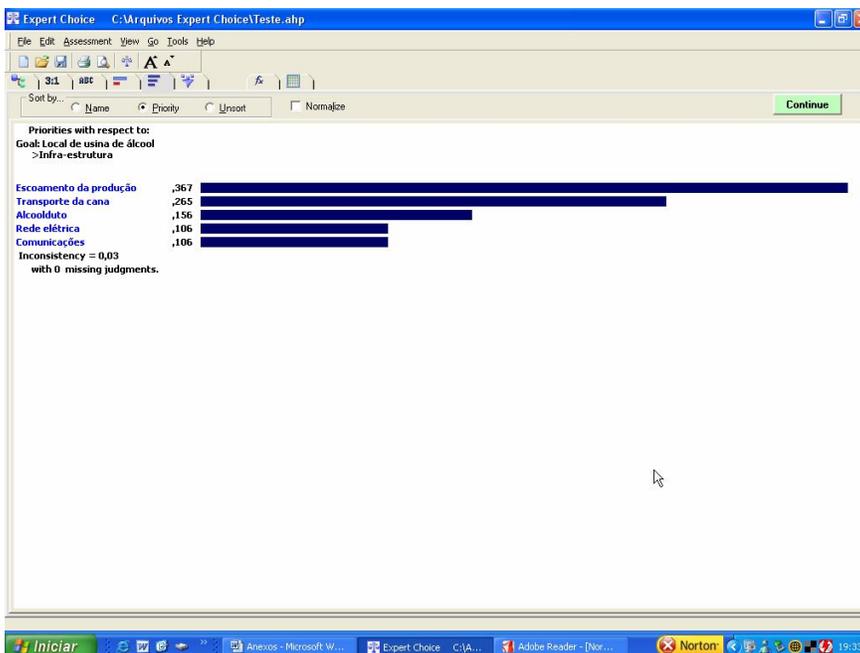


Figura B.5 – Resultado do julgamento dos pesos dos subcritérios de infra-estrutura.  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

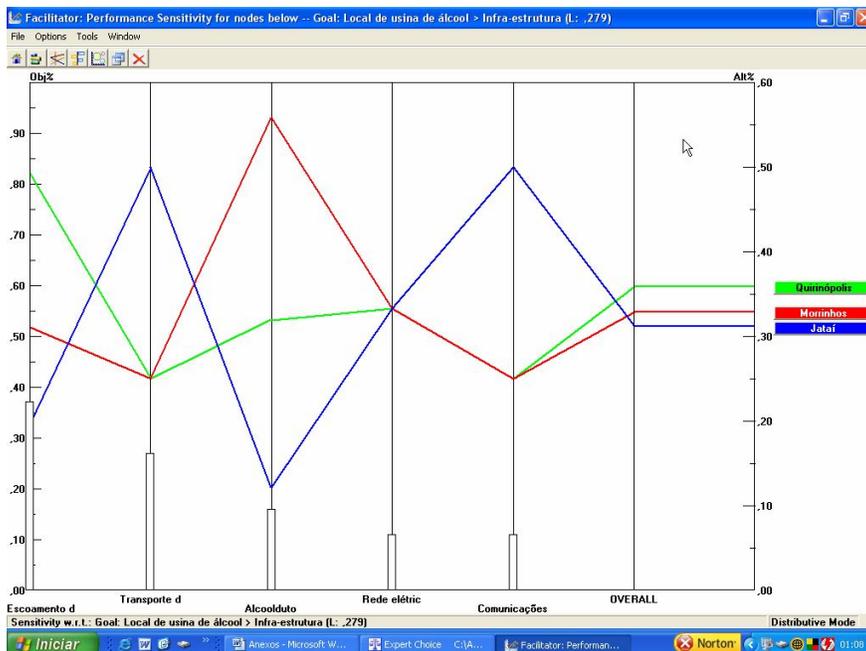


Figura B.6 – Gráfico de desempenho das alternativas no critério infra-estrutura  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

A figura B.7 mostra quais foram os pesos dados para cada um dos subcritérios de insumos e a figura B.8 mostra como foi o resultado dos julgamentos. Já a figura B.9 traz um gráfico com a evolução de cada alternativa perante o critério de insumos.

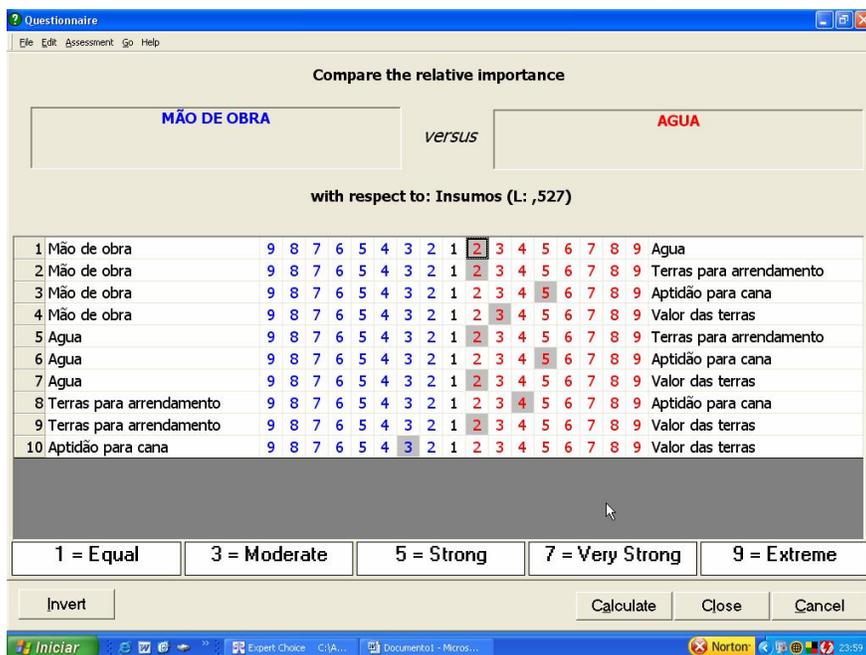


Figura B.7- Definição dos pesos dos subcritérios de insumos  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

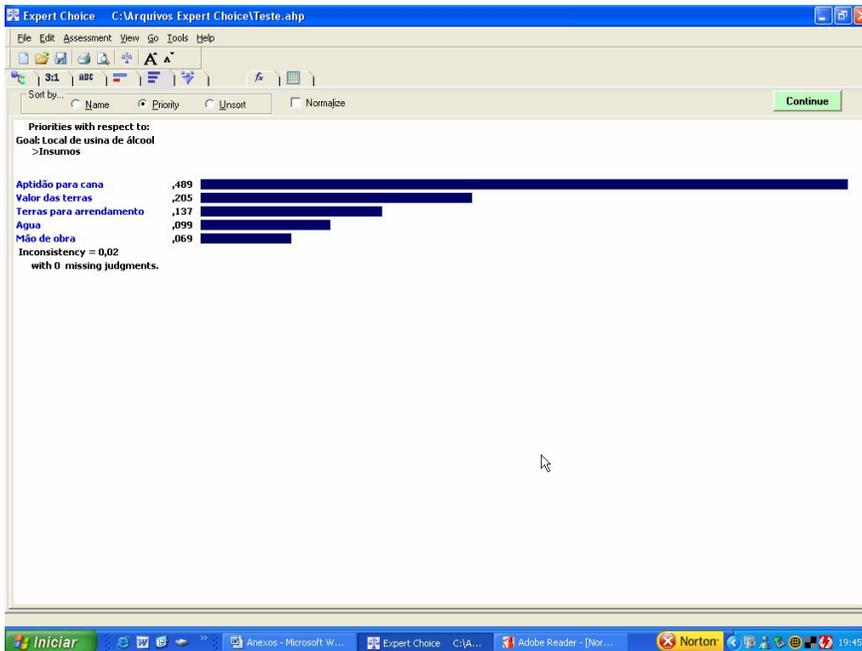


Figura B.8 – Resultado do julgamento dos pesos dos subcritérios de insumos.  
Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

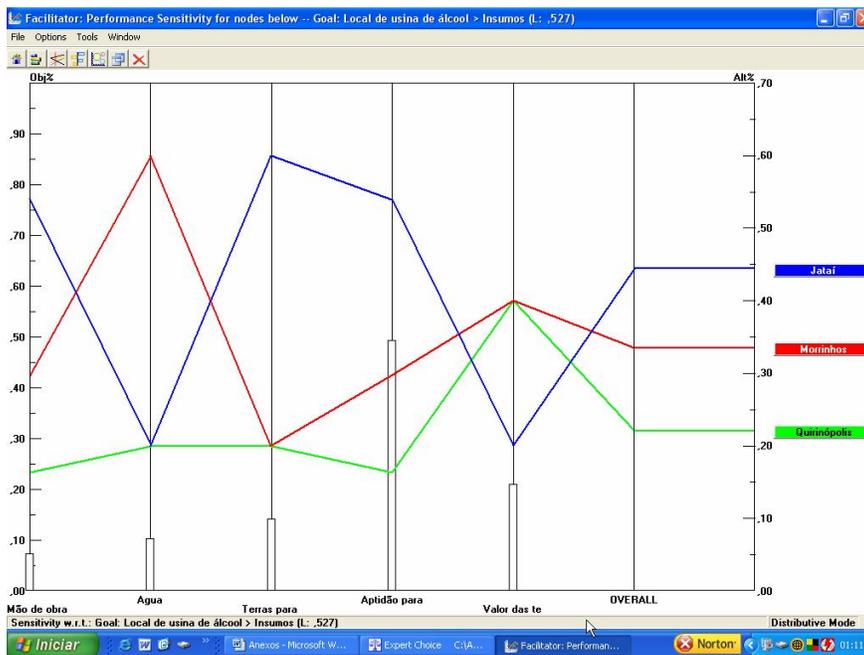


Figura B.9 – Gráfico de desempenho das alternativas no critério insumos  
Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

A figura B.10 mostra quais foram os pesos dados para cada um dos subcritérios econômicos e a figura B.11 mostra como foi o resultado dos

julgamentos. Já a figura B.12 traz um gráfico com a evolução de cada alternativa perante o critério econômico.



Figura B.10 - Definição dos pesos dos subcritérios econômicos  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

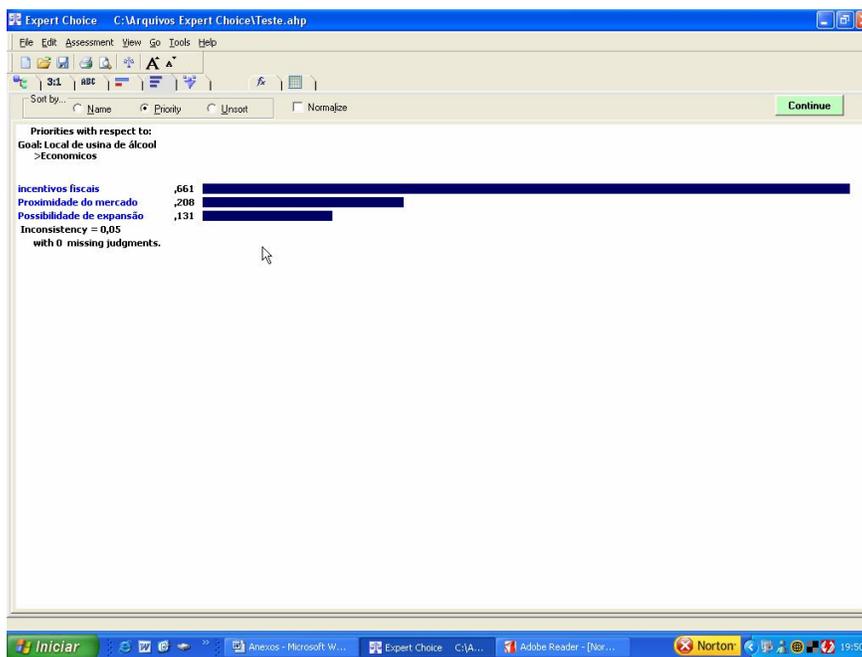


Figura B.11 – Resultado do julgamento dos pesos dos subcritérios econômicos.  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

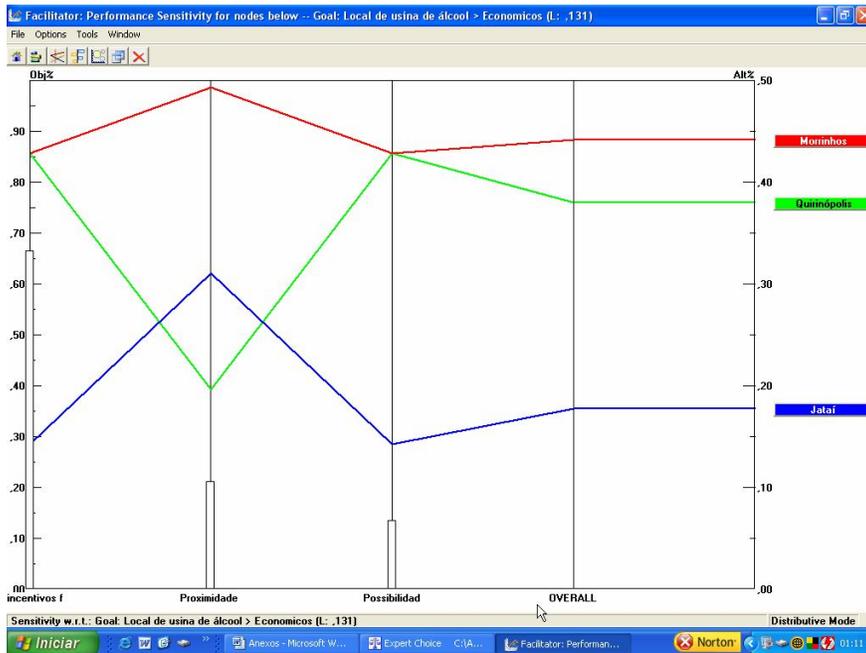


Figura B.12 – Gráfico de desempenho das alternativas no critério econômico  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

A figura B.13 mostra um gráfico em forma de barras horizontais com os percentuais de cada um dos critérios. Mostra também o resultado final com o percentual alcançado por cada alternativa.

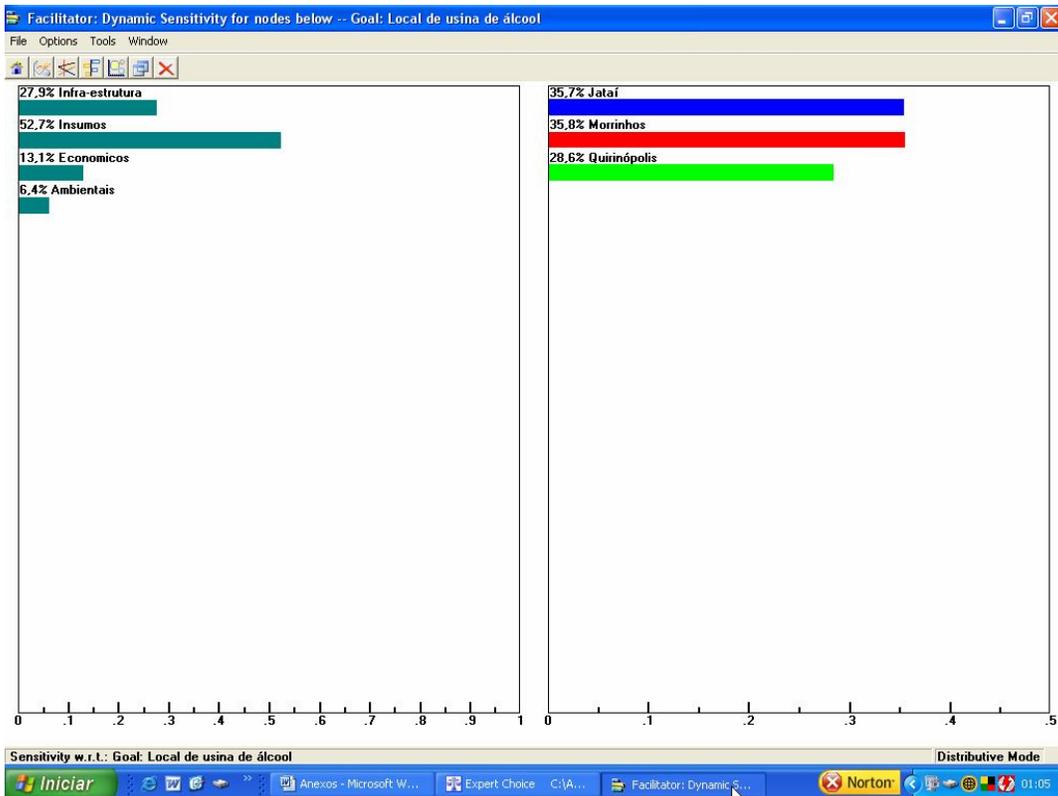


Figura B.13 – Gráfico duplo com critérios e o resultado final  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

Com a finalidade de melhor visualização do desempenho das duas melhores alternativas em relação aos critérios, o expert Choice gera o gráfico mostrado na figura B.14.

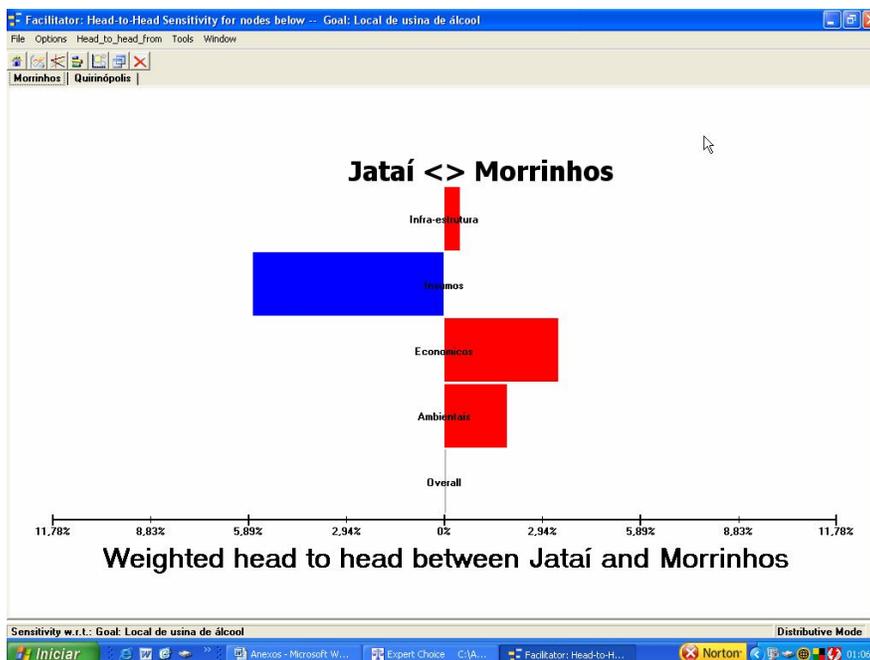


Figura B.14 - Gráfico das duas melhores alternativas  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial

A visualização do resultado final também pode ser visto na forma de barras horizontais com a pontuação de cada alternativa, como mostrado na figura B.15.

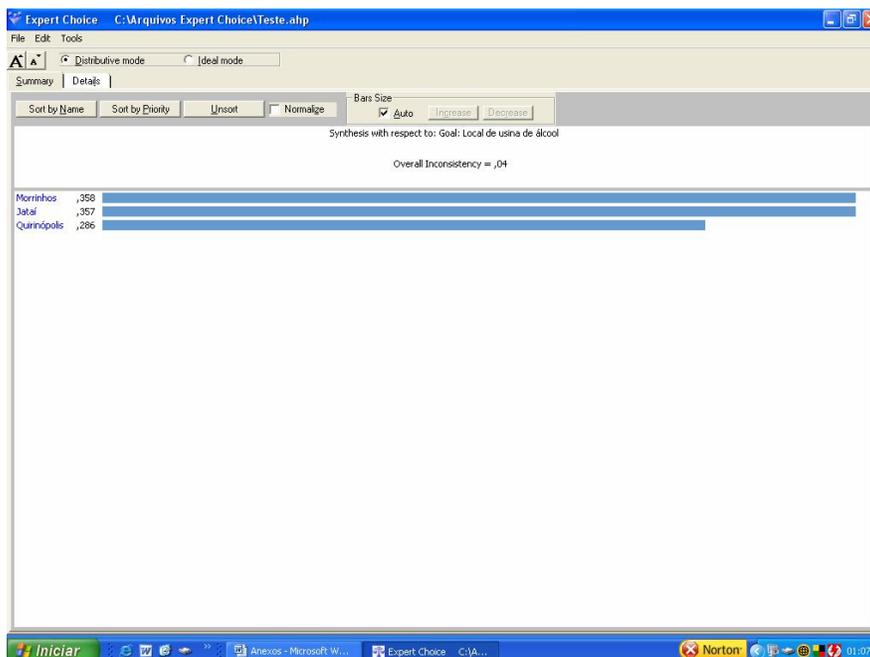


Figura B.15 – Resultado final  
 Fonte: Gerado pelo Expert Choice 11.5 trial