



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS – UFT
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
MESTRADO EM AGROENERGIA

DISSERTAÇÃO

KARYN SIEBERT PINEDO

**ESTUDO SOBRE DETERMINAÇÃO DE PONTOS OTIMOS PARA
LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE USINAS DE BIODIESEL NO
ESTADO DO TOCANTINS.**

PALMAS – TO
2010

KARYN SIEBERT PINEDO

**ESTUDO SOBRE DETERMINAÇÃO DE PONTOS OTIMOS PARA
LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE USINAS DE BIODIESEL NO
ESTADO DO TOCANTINS.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins, para obtenção do título de Mestre em Agroenergia, área de concentração de Aspectos sócio-econômicos de sistema de agroenergia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Yolanda Vieira de Abreu.

PALMAS – TO
2010

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Palmas

P649e Pinedo, Karyn Siebert

Um estudo de localização de pontos ótimos para implantação de usinas de biodiesel no Estado do Tocantins./ Karyn Siebert Pinedo - Palmas 2010.
131 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Curso de Mestrado Acadêmico em Agroenergia, 2010.
Orientadora: Dra. Profa. Yolanda Vieira de Abreu.

1. Biodiesel. 2. Logística. 3. Otimização. 4. Programação Linear Inteira Mista (PLIM). 5. Cenários.

CDD 574.191 21

Bibliotecário: Paulo Roberto Moreira de Almeida
CRB-2 / 1118

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Candidato (a): Karyn Siebert Pinedo

**ESTUDO SOBRE DETERMINAÇÃO DE PONTOS OTIMOS PARA
LOCALIZAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE USINAS DE BODIESEL NO
ESTADO DO TOCANTINS.**

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa da Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 28/10/2010 considerou o candidato (a):

(x) Aprovado (a) () Reprovado (a)

Comissão Examinadora

Profª. Drª. Yolanda Vieira de Abreu – Presidente/Orientadora
Universidade Federal do Tocantins (UFT)

Prof. Dr. Alan Kardec Martins Barbiero
Universidade Federal do Tocantins (UFT)

Prof. Dr. Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira
Universidade de Brasília (UnB)

“Quem sabe concentrar-se numa coisa e insistir nela como único objetivo, obtém, ao fim e ao cabo, a capacidade de fazer qualquer coisa.”

Mahatma Gandhi

Dedico este trabalho ao meu esposo, Christian Pinedo, que me forneceu todas as condições para a realização desse trabalho. E aos meus filhos Matheus, Nykolas e Kevyn, pela paciência e pelos os dias que não pude atendê-los.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades de minha vida, e por ter me dado forças para a realização desse trabalho.

A minha orientadora Profa Dra Yolanda Vieira Abreu pelos dias que dedicou para ajudar-me na elaboração da dissertação e nas dúvidas decorrentes do trabalho.

Ao meu esposo Christian por estar ao meu lado no tempo de elaboração deste trabalho.

Aos meus filhos Matheus, Nykolas e Kevyn.

A meus pais Salete Uliano Siebert e Silvio João Siebert que são pessoas muito importantes em minha vida.

E a todos os professores do Mestrado em Agroenergia, que realizaram um grande trabalho.

RESUMO

A logística envolve a integração de diferentes seguimentos ou setores da empresa como transporte, estoque, armazenamento, manuseio de materiais entre outros. Os serviços que contemplam a cadeia da logística têm como objetivo tornar disponíveis produtos e serviços no local onde são necessários, no momento em que são desejados ao menor custo possível. Este estudo tem como foco apresentar os pontos ótimos de localização (municípios) para a implantação/localização de usinas de biodiesel no Estado do Tocantins. Para a obtenção dos mesmos utilizou-se do modelo matemático - Programação Linear Inteira Mista (PLIM) – e a *posteriori* técnica de cenários. Como resultado final apresentou-se os quatro municípios que poderiam receber estas novas usinas de biodiesel proporcionando menores custos quanto ao transporte de matéria-prima e escoamento do produto e comercialização do biodiesel. Estes são: Araguaína, Guaraí, Formoso do Araguaia e Araguatins.

Palavras-chave: Biodiesel, Logística, Otimização, Programação Linear Inteira Mista (PLIM), Cenários.

ABSTRACT

Logistics involves the integration of different segments or sectors of business such as transportation, inventory, warehousing, material handling and more. The services that address the logistics chain are designed to make available products and services in the location where needed, when they are wanted at the lowest possible cost. This study focuses on the present location of optimal points (cities) for the establishment / location of biodiesel plants in the state of Tocantins. To obtain the same we used the mathematical model - Mixed Integer Linear Programming (MILPs) - and subsequently through technical scenarios. As a final result was presented like optimal solution four counties that could receive these new biodiesel plants providing the lowest costs on the transport of raw materials and disposal of the product and marketing of biodiesel. These are: Araguaína Guaraí, Formoso do Araguaia and Araguatins

Key-words: Biodiesel, Logistics, Optimization, Mixed Integer Linear Programming (MILP), Scenarios

SUMÁRIO

CAPITULO I: CONTEXTUALIZAÇÃO E INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos: gerais e específicos.	3
1.2. Estrutura do trabalho	3
CAPITULO II: DADOS GERAIS SOBRE O ESTADO DO TOCANTINS E REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1. O Estado do Tocantins	5
2.1.1. Produção de grãos no Estado do Tocantins.	6
2.1.2. Rebanho Bovino no Estado do Tocantins.	12
2.2. Caracterização geral: Biodiesel.	14
2.3. Logística e sua evolução nos últimos anos.	20
2.3.1. Ciclos de atividades da logística.	21
2.3.2. Logística de transporte.	23
2.3.3. Princípios de gerenciamento de transporte.	24
2.3.4. Infra-estrutura de Transporte.	25
2.3.5. Logística de distribuição	32
2.4. Problemas de Localização	35
CAPITULO III: METODOLOGIA	41
3.1. Métodos.	41
3.2. Modelos matemáticos.	43
3.2.1. Introdução à Programação Linear e sua utilização.	43

3.2.2. Programação Linear Inteira	47
3.2.3. Programação Linear Inteira Mista (PLIM).	48
3.3. Determinação dos pontos ótimos e análise dos resultados.	51
3.3.1. Zona de consumo	52
3.3.2. Fornecedores da matéria prima	55
3.4. Instalação das usinas	59
3.5. Técnicas da Construção de Cenários	73
3.5.1. Metodos Indutivo e Dedutivo para elaboração de Cenários	75
3.5. 2. Conceitos e determinação das premissas para os cenários de localização ótima das usinas.	77
CAPITULO IV: ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS A PARTIR DOS RESULTADOS OBTIDOS.	79
4.1. Principais pontos para instalação de usinas	80
4.2. Análise da distribuição da produção de biodiesel (Zona de Consumo)	81
4.3. Construção de Cenários	83
4.3.1. Primeiro cenário: Em relação aos principais modais de transporte disponíveis no Estado do Tocantins	83
4.3.1.1. Composição dos cenários de transporte	87
4.3.2. Composição do segundo cenário: Zonas de Consumo	88
4.3.4. Composição do terceiro cenário: Cenário Geral	93
4.4. Observação Geral sobre os cenários descritos.	96
5. CONCLUSÃO	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
APÊNDICE	106
Apêndice 1.1	106
Apêndice 3.1	107
Apêndice 3.2	110

Apêndice 3.3	112
Apêndice 3.4	117
Apêndice 3.5	120
Apêndice 4.2	122
Apêndice 4.3	125
Apêndice 4.4	127
Apêndice 4.5	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Rota para obtenção do biodiesel a partir do sebo.	13
Figura 2.2: Processos da Produção de etanol	15
Figura 2.3: Etapas do processo de fabricação de biodiesel	17
Figura 2.4: Ciclos de atividades logísticas básicos	22
Figura 2.5: Estrutura de uma rede logística flexível multifacetada	23
Figura 2.6: Relação usual entre as distancia e custo de transporte	25
Figura 2.7: Relação entre peso e custo de transporte, por Kg	26
Figura 2.8: Relação usual entre densidade e custo de transporte por kg	27
Figura 2.9: Sistemas de Abastecimento	33
Figura 2.10: Vantagem de terminais de estocagem	35
Figura 3.1: Estratégias de construção de cenários	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Produção Agrícola – Principais Produtos	6
Tabela 2.2: Área Colhida – Principais Produtos	6
Tabela 2.3: Evolução do Rebanho Bovino de 2003/2008	12
Tabela 2.4: Tipos de usinas recomendadas para extração de óleo	16
Tabela 2.5: Modais de transporte e características de custos fixos e variáveis.	32
Tabela 2.3: Modais de transporte e características de custos fixos e variáveis .	30
Tabela 3.1: Vinte e dois municípios do Estado do Tocantins, classificados na ordem decrescente pelo número de habitantes e microrregião.	53
Tabela 3.2: Trinta e dois municípios do Estado do Tocantins, classificados pela sua atividade econômica.	54
Tabela 3.3: Produção de grãos em toneladas	56
Tabela 3.4: Produção de cabeça de gado entre 2003 e 2007	56
Tabela 3.5: Capacidade de abatimento nos frigoríficos dos respectivos municípios.	57
Tabela 3.6: Produção de matéria prima.	58
Tabela 3.7: Pontos ótimos em condições de fornecer matéria prima para a fabricação do biodiesel	59
Tabela 3.8: Distância terrestre entre alguns municípios do Estado do Tocantins	60
Tabela 3.9: Variáveis do Modelo de Otimização	61

Tabela 3.10: Custo unitário de transporte do fornecedor k para a usina j (R\$0,75/tonelada)	63
Tabela: 3.11: Custo total de transporte da matéria prima do fornecedor k para a usina j (R\$/5000quilos)	64
Tabela 3.12: Custo total de transporte da matéria prima do fornecedor k para cada ponto da usina j.	65
Tabela 3.13: Zona de consumo.	66
Tabela 3.14: Quantidade w_i de biodiesel em litros semanais necessário para cada zona de consumo	67
Tabela 3.15: D_{ji} é o custo unitário de transporte por m^3 transportado da usina j para a zona de consumo i o preço do mercado R\$ 0,0002 litro por quilômetro transportado	68
Tabela 3.16: Parciais dos custos de transporte do biodiesel das zonas de produção as zonas de consumo	69
Tabela 3.17: Valores mínimos para a função objetivo	70
Tabela 3.18: Valor total de instalação de cada usina, obtidos da tabela 3.17.	71
Tabela 3.19: Relação de municípios (em ordem crescente de valores) para implantação de usinas no Estado	72
Tabela 4.1 Consumo de biodiesel semanal na zona de consumo relacionado com os pontos da Implantação das Usinas	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Exemplos de classificação de I	55
Quadro 4.1: Meios de transporte para a comercialização do biodiesel	87
Quadro 4.2: Municípios tocantinenses com potencial de consumo igual ou acima de 5 mil litros semanais com o diferencial de distância entre a mesma e a usina de até 500 km	88
Quadro 4.3: Estrutura Empresarial em Araguaína	89
Quadro 4.4: Estrutura Empresarial em Araguaatins	90
Quadro 4.5: Atividade Econômica de Colinas do Tocantins	91
Quadro 4.6: Atividade Econômica de Guaraí	91
Quadro 4.7: Atividade Econômica de Miracema	92
Quadro 4.8: Unidades de Comercio e Indústria em Paraíso do Tocantins	92
Quadro 4.9: Atividade Econômica de Tocantinópolis	93
Quadro 4.10: Localização ótima para implantação de usinas de biodiesel	94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Área plantada/Amendoim	7
Gráfico 2.2: Área plantada/Arroz.	8
Gráfico 2.3: Área colhida/Arroz	8
Gráfico 2.4: Área plantada/Milho	9
Gráfico 2.5: Área colhida/Milho	9
Gráfico 2.6: Área plantada/Soja	10
Gráfico 2.7: Área colhida/Soja	10
Gráfico 2.8: Área plantada/Sorgo	11
Gráfico 2.9: Área colhida/Sorgo	11
Gráfico 2.10: Crescimento de cabeças de gado no Estado.	12
Gráfico 2.11: Capacidade de abatimento ao dia de diversos frigoríficos.	13
Gráfico 2.12: Principais contas de formação do preço final de Biodiesel . .	19
Gráfico 2.13: Matriz do Transporte de Cargas (2006).	29

LISTA DE MAPAS

Mapa 4.1: Pontos escolhidos para análise	79
Mapa 4.2: Pontos ótimos para instalação de usinas de biodiesel	80
Mapa 4.3: Usinas e seus possíveis pontos de distribuição do biodiesel	82
Mapa 4.4: Mapa rodoviário e os 11 pontos ótimos (escolhidos) para instalação das usinas	84
Mapa 4.5: Mapa hidroviário e os onze pontos ótimos (escolhidos) para instalação das usinas	85
Mapa 4.6: Mapa ferroviário e os 11 pontos ótimos (escolhidos) para instalação das usinas	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTT - Agencia Nacional de Transportes

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

EFC – Estrada de Ferro Carajás

FNS – Ferrovia Norte Sul

FCA – Ferrovia Centro Atlântico

IBGE – Instituto brasileiro de

NEPAM - Núcleo de Estudo e Pesquisas Ambientais

PAC - Plano de Aceleração do crescimento

PL – Programação Linear

PLI – Programação Linear Inteira

PLIM – Programação Linear Inteira Mista

SEAGRO – Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética.

CAPITULO I: Contextualização e Introdução

Estamos em uma nova era de mudança e inovações tecnológicas, empresariais e de paradigmas sociais e ambientais. As mudanças de gestão empresarial trazem idéias que são capazes de gerar grandes impactos tanto na área interna da empresa, quanto na externa (ambiente). Pode se observar uma preocupação cada vez maior com o meio ambiente e o bem-estar do trabalhador e sua adequação ao ambiente de trabalho. As novas tecnologias ligadas à informática contribuem para que o trabalhador possa desempenhar cada vez mais suas funções podendo escolher realizá-las dentro da empresa ou em sua casa. Os consumidores estão mais informados sobre a importância da preservação ambiental pelas diversas mídias existentes. Porém, este mesmo paradigma de inovação e ampla divulgação de informações sobre temas como meio ambiente, sustentabilidade e direitos do consumidor exigem das empresas maior eficiência na alocação de seus recursos, com responsabilidade social e ambiental. O consumidor está mais informado e consciente de seu papel na sociedade e se preocupa, cada vez mais, em observar se a empresa que produz o produto que está sendo adquirido por ele, insere-se nos novos conceitos de responsabilidade empresarial.

As empresas e indústrias de diversos setores de atividades utilizam-se da logística dentro do processo estratégico para manter a eficiência das operações de produção e distribuição. A logística empresarial integra de forma coordenada todos esses fatores, incluindo a instalação de fábricas, distribuidoras e estudo de viabilidade econômica (logística) de pontos ótimos de localização. O transporte de cargas é um serviço fundamental, na cadeia de produção e distribuição de bens industriais e agrícolas, e se destaca na economia brasileira porque o país tem dimensões continentais. A preocupação das empresas e indústrias em relação à localização está muito relacionada com a disponibilidade de matéria-prima, insumos e alcance da distribuição para os pontos de consumo de seu produto.

Para a realização do estudo sobre a localização ótima de usinas de biodiesel, escolheu-se como estudo de caso o Estado do Tocantins. Utilizaram-se dados primários e secundários dos municípios como, por exemplo: custo de transporte, demografia, produção de oleaginosas, dados estatísticos sobre a pecuária e dados dos modais de transporte. O resultado deste trabalho tem como objetivo apresentar os municípios que poderiam receber as novas usinas de biodiesel, com os menores custos de transporte da matéria-prima e maior proximidade de centros consumidores do produto final.

Para se alcançar o objetivo do trabalho foi necessário minimizar uma função objetivo dada pela Programação Linear Inteira Mista (PLIM). A função objetivo foi determinada pelas variáveis de produção, localização, comercialização, custos com transporte e coeficientes de ponderação dos dados. Inicialmente foram consideradas, de modo geral, três variáveis primárias: (i) Zonas de consumo; (ii) Municípios produtores de matéria-prima; e (iii) Localização de modais de transporte.

Foram escolhidos para aplicação do modelo matemático 25 municípios que de algum modo estavam dentro dos três princípios gerais para escolha dos pontos ótimos de localização. Dentre desses 25 municípios se obteve os custos de localização e implantação de usinas. Os municípios foram escolhidos de forma a descentralizar a produção. Alguns dos critérios utilizados foram os que possuíam uma localização estratégica, em relação ao escoamento de produtos pela rodovia federal BR 153, a Ferrovia Norte/Sul (Apêndice 1.1) e a Hidrovia composta pelos rios Araguaia e Tocantins. Outros foram considerados por terem matéria prima (grãos) disponível para o implantação da usina de biodiesel. Foi considerada como matéria-prima, além das oleaginosas, a opção de abastecer a usina com sebo bovino, caso a produção de grãos baixasse em determinadas épocas do ano.

Dentre um conjunto de decisões que envolvem a logística e a estratégia de localização, de qualquer tipo de instalação, este trabalho escolheu priorizar o que considera o mais importante: o ponto ótimo de localização do empreendimento levando em consideração a zona de consumo, de recebimento de insumos e de escoamento da produção. Dentro deste contexto, a seguinte pergunta foi elaborada

com o objetivo de se buscar as respostas para esses problemas levantados: Quais os municípios tocantinenses que podem servir de ponto ótimo para localização e implantação de usinas de biodiesel?

1.1 Objetivos: gerais e específicos.

Este estudo tem como foco apresentar os pontos ótimos de localização para a implantação de usinas de biodiesel no Estado do Tocantins. Levando em consideração a zona de consumo, recebimento de insumos e o escoamento da produção.

O objetivo geral deste estudo é apresentar os municípios tocantinenses com maior potencial (de consumo e de logística de transporte) para receber a construção e implantação das novas usinas de biodiesel.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

1. Descrever a infra-estrutura de transporte existente no Estado do Tocantins.
2. Descrever o referencial teórico e determinar os parâmetros para inserir no modelo de localização escolhido e realizar e propor os cenários possíveis.
3. Escolher os municípios, dentro das microrregiões selecionadas do Estado do Tocantins, a ser estudado para aplicação do modelo de localização para a implantação de uma usina de Biodiesel.
4. Apresentar um modelo matemático de otimização e descrever os cenários encontrados para a localização da usina.
5. Conclusão.

1.2. Estrutura do trabalho

Este estudo está dividido em cinco capítulos sendo este o primeiro. Neste foi apresentado o contexto, o problema, justificativa, os objetivos gerais e específicos

do trabalho. O segundo versou sobre a descrição sobre o Estado do Tocantins, no qual realizado o estudo de caso e a fundamentação teórica que permeia o tema discutido como: biodiesel, logística de transporte, teoria da localização e outros. No terceiro, descreveu-se a metodologia a ser utilizada, os modelos matemáticos e os cenários que foram utilizados em relação com a logística, às premissas e variáveis para determinação os pontos ótimos (municípios tocantinense) com possibilidade de receber as novas usinas de biodiesel. O quarto capítulo apresentou-se os cenários realizados. No quinto e último capítulo elaborou-se a conclusão do estudo.

CAPITULO II: O Estado do Tocantins e referencial teórico

Este capítulo apresenta dados gerais sobre o Estado do Tocantins, temas e conceitos sobre logística, cadeia produtiva do biodiesel, fontes de energia renováveis e outros. Neste contexto, a logística não se limitará apenas as suas funções gerais, como transporte e distribuição de produtos, mas sim, também, como ferramenta para tomada de decisão para escolha de localização ótima de um empreendimento.

2.1. O Estado do Tocantins

O Estado do Tocantins foi criado pelo artigo 13º do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias da Constituição, em 05 de outubro de 1988. No dia 1º de janeiro de 1989 o mesmo foi efetivamente constituído e empossados seus governantes. Este novo Estado foi criado a partir da divisão do Estado de Goiás, em Norte e Sul, sendo que a parte Norte passou a se chamar Estado do Tocantins. Portanto, este nasceu incorporando 79 municípios do antigo Estado de Goiás e ainda foram criados mais 44 novos. A cidade de Palmas, capital do Estado, foi criada em 1º de janeiro de 1990, para ser a sede do governo estadual, ocupando uma área total de 1.024 km² (SEPLAN, 2009).

O Tocantins é um dos nove Estados que formam a Amazônia Legal. Sua vegetação de cerrado (87% do território) divide espaço com a floresta de transição amazônica. Mais da metade do território do Tocantins (50,25%) são áreas de preservação ambiental, unidades de conservação e bacias hídricas. Seus principais rios são: Tocantins, Araguaia, do Sono, das Balsas, Paranã e Manuel Alves. O Estado do Tocantins faz divisa com os Estados do Maranhão e Pará, ao Norte; Goiás, ao Sul; Maranhão, Piauí e Bahia, ao Leste, Pará e Mato Grosso, a Oeste, possibilitando o transporte de cargas entre esses Estados (SEAGRO, 2009).

2.1.1. Produção de grãos no Estado do Tocantins.

A seguir na tabela 2.1, serão apresentados alguns dados obtidos junto ao SEBRAE – TO, dos grãos produzidos no Estado. Sendo que somente serão comentados os grãos que podem de alguma maneira servir como matéria-prima para biodiesel.

Tabela 2.1: Produção Agrícola – Principais Produtos.

Produto	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Arroz (tonelada)	384.085	417.139	463.528	263.212	364.988	421.916
Milho (tonelada)	141.491	143.257	156.588	142.149	156.487	230.270
Soja (tonelada)	376.486	656.016	905.328	742.891	731.672	894.309
Sorgo (tonelada)	2.220	57.798		39.949	15.480	40.038
Amendoim (tonelada)	390	463	4142	227	175	
Total	906.675	1.276.677	4142	1.190.434	1.270.809	4.648.737

Fonte: Produção Agrícola Municipal (PAM) – IBGE. www.ibge.gov.br

Tabela 2.2: Área Colhida – Principais Produtos citados acima

Produto	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Arroz (tonelada)	139.465	161.655	198.038	121 873	146.201	157,061
Milho (tonelada)	68.288	71.825	78.182	74 100	77.324	88,619
Soja (tonelada)	152.888	253.466	355.300	321 090	304.096	369,537
Sorgo (tonelada)	1.260	11.300	-	24 207	9.650	21,190
Amendoim (tonelada)	-	-	-	-	-	-

Fonte: Produção Agrícola Municipal (PAM) – IBGE. www.ibge.gov.br

Nas tabelas 2.1 e 2.2 pode-se observar os diversos tipos de grãos produzidos no Estado que podem abastecer as usinas.

Amendoim: O óleo do amendoim serve para produção de biodiesel e tem preços competitivos no mercado. O óleo de amendoim apresenta valor para obtenção de biodiesel, principalmente pela rota de transesterificação catalisada por catalisadores básicos. As sementes secas do amendoim contêm cerca de 50% de óleo, e apresentam em sua composição 50 a 60% de ácido oléico, 18-30% de ácido linoléico, 6-12% de ácido palmítico. Segundo Alleoni (1995), o amendoim poderia ser

cultivado em rotação com a cultura de canaviais, o que viabilizaria a utilização desse óleo para produção local de biodiesel de forma competitiva. O gráfico a seguir mostra que 2005 foi o ano de maior produção de amendoim no Estado, sendo que os outros anos a produção foi baixa.

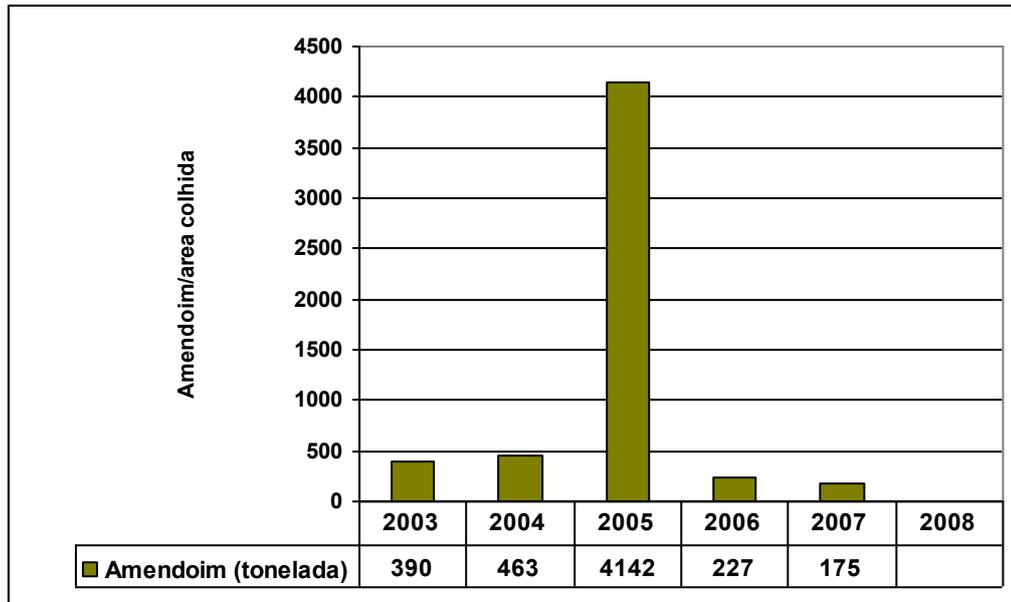


Gráfico 2.1: Área plantada/Amendoim
Fonte: IBGE (2009)/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

Arroz: A Faculdade de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) está realizando pesquisas para obtenção de biodiesel a partir do arroz. O projeto, financiado pela Associação dos Arrozeiros de Uruguaiana, tem todo o interesse dos agricultores, e as pesquisas decorrem desde agosto de 2005 (BIOTEC, 2006). A produção de arroz no Estado do Tocantins é constante, havendo poucas baixas entre uma safra e outra, como mostram os gráficos 2.2 e 2.3. O rendimento do arroz na extração do óleo é de aproximadamente de 15% a 23 %.

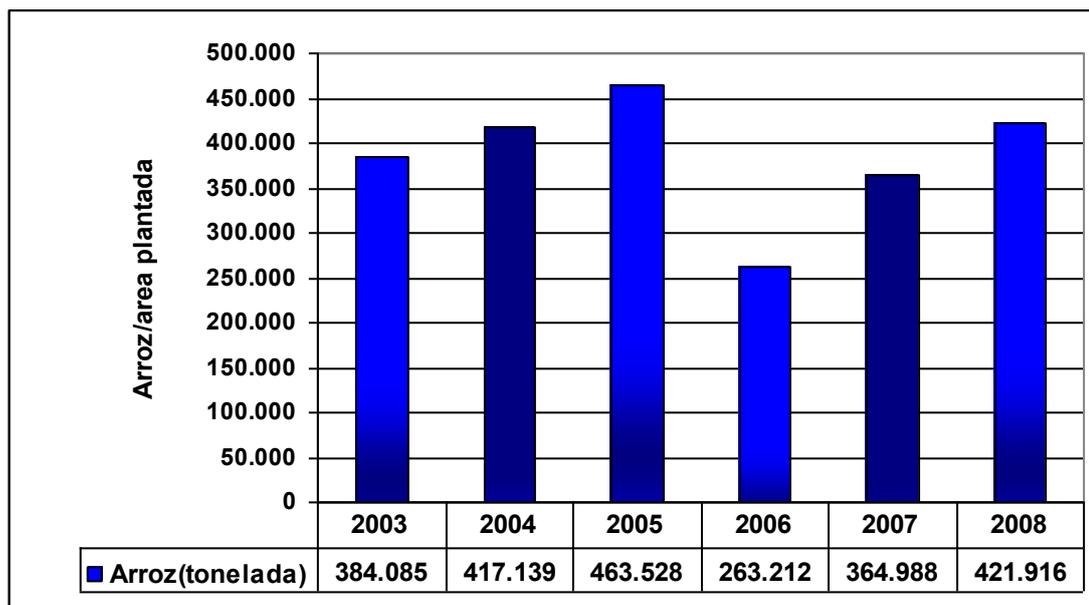


Gráfico 2.2: Área plantada/Arroz
Fonte: IBGE (2009)/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

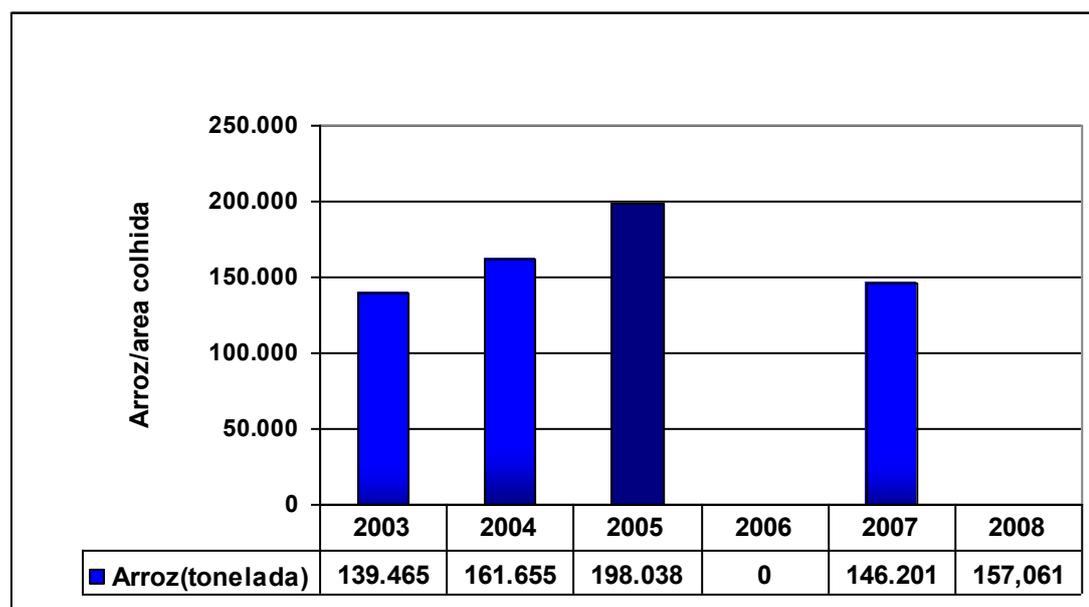


Gráfico 2.3: Área colhida/Arroz
Fonte: IBGE (2009)/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

Milho: O milho possui de 8 a 10% de óleo, com 61 a 78% de amido, 6 a 12% de proteínas. Para o processo de obtenção de biodiesel pode-se obter uma conversão de 97,8 % do óleo em ésteres etílicos (DANTAS, 2006). A produção de milho em 2008 teve uma alta considerável como mostram os gráficos 2.4 e 2.5,

sendo assim o milho poderia ser uma matéria prima com grande potencial para abastecer a usina de biodiesel.

Os gráficos 2.4 e 2.5 mostram a produção e colheita do milho no Estado do Tocantins entre os anos de 2003 a 2008.

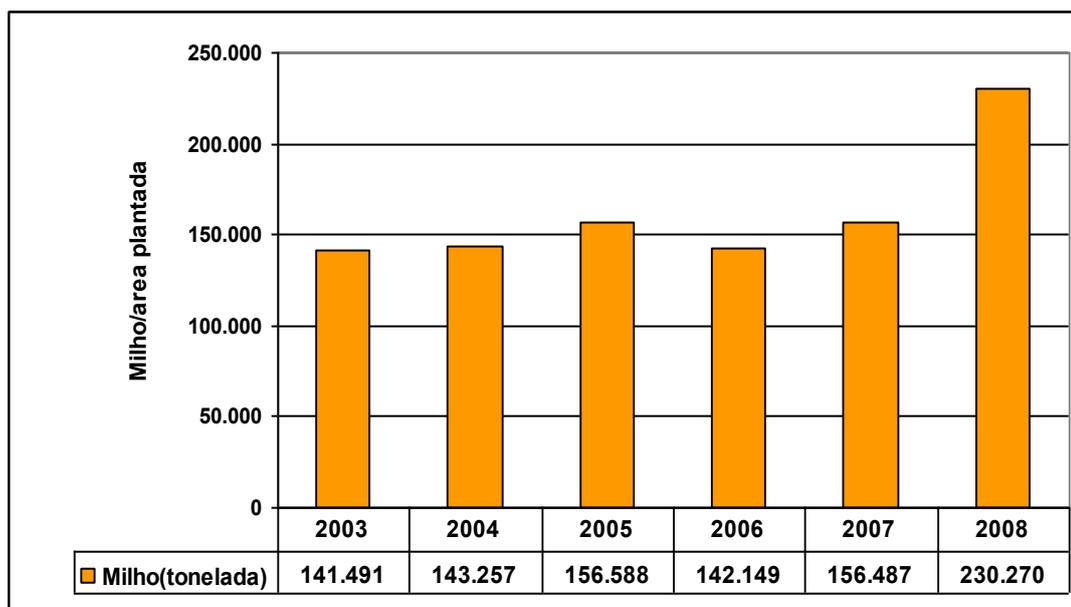


Gráfico 2.4: Área plantada/Milho
Fonte: IBGE (2009)/ADAPEC – SEPLAN/DPIE-TO

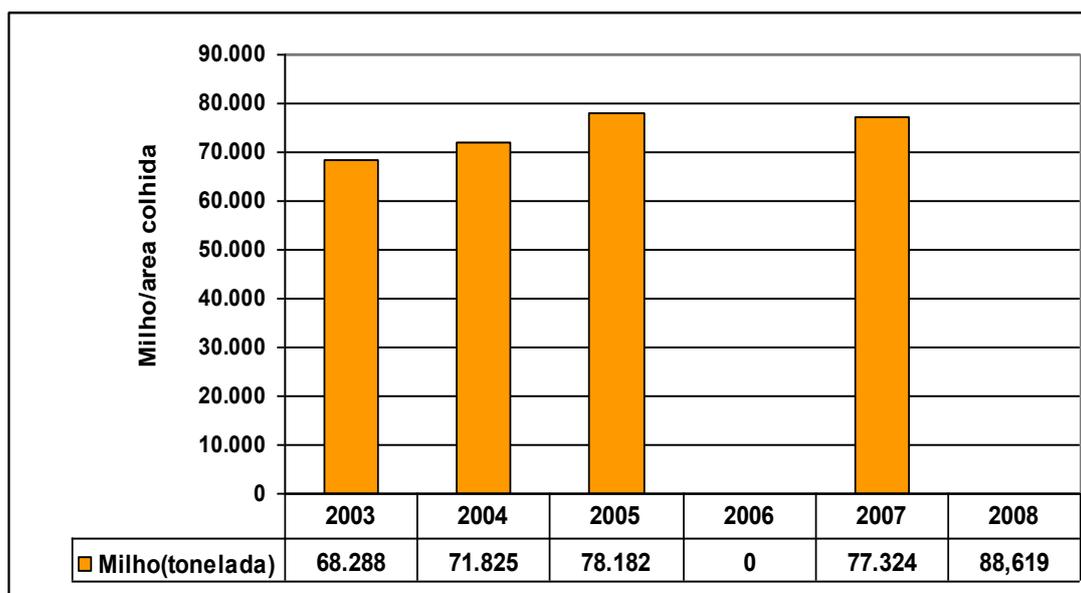


Gráfico 2.5: Área colhida/Milho
Fonte: IBGE/ADAPEC – SEPLAN/DPIE-TO

Soja: A soja é a melhor opção de matéria-prima, considerando que sua logística, produção e tecnologia que estão prontas para ser utilizadas, isto é, toda a cadeia de produção e logística de soja já está desenvolvida. Seu aproveitamento na extração do óleo é de 18 a 21%.

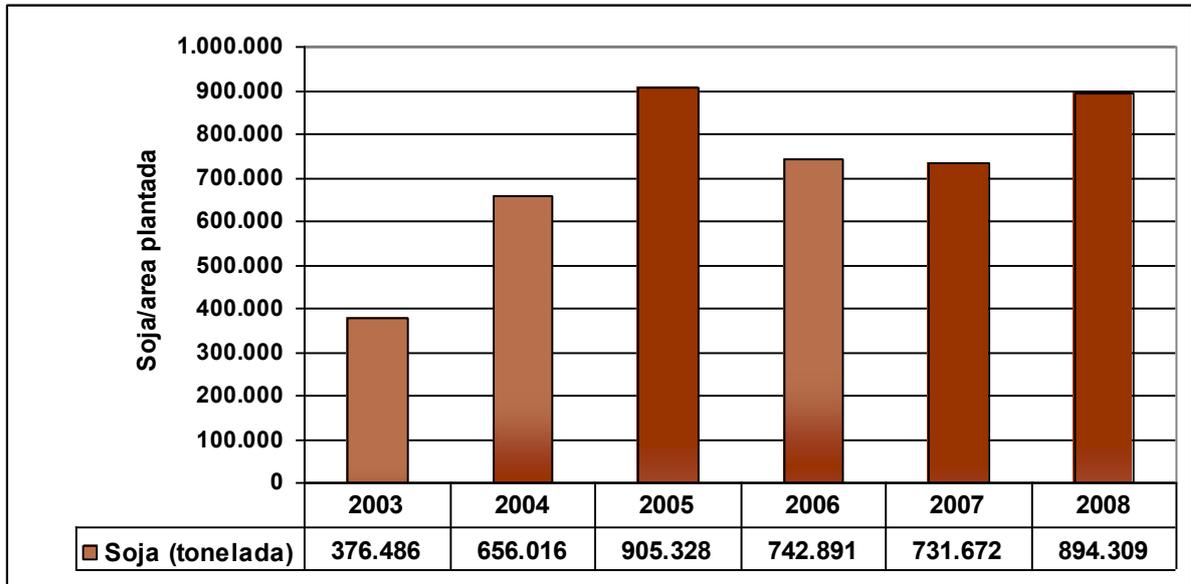


Gráfico 2.6: Área plantada/Soja

Fonte: IBGE (3009)/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

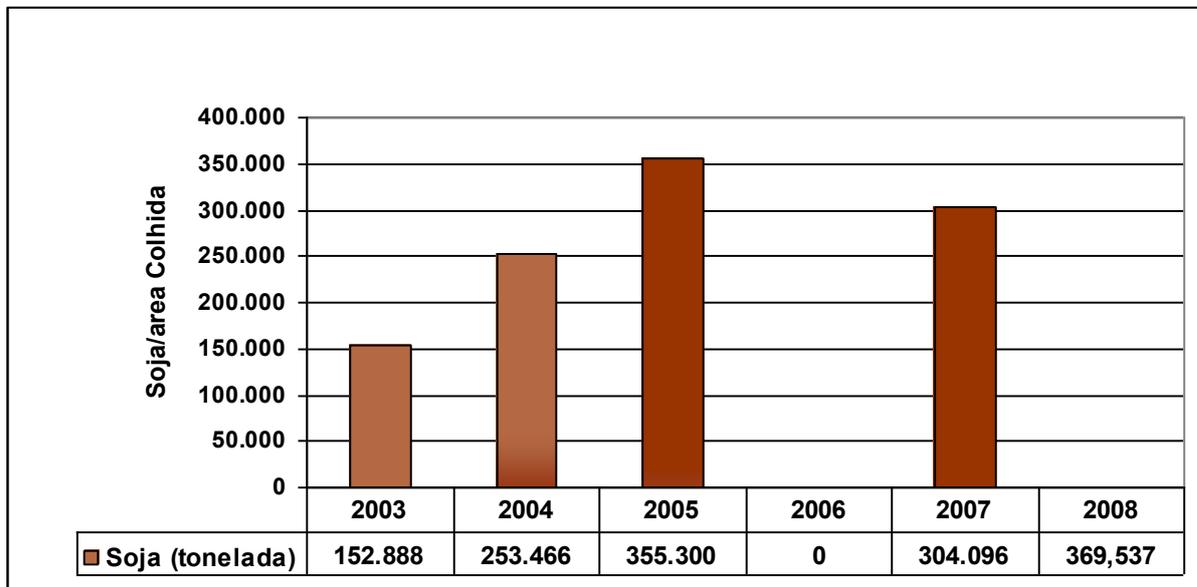


Gráfico 2.7: Área colhida/Soja

Fonte: IBGE (2009)/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

Sorgo: O sorgo sacarino é uma cultura de produção fácil, pois o cultivo se parece com o do milho, exceto pela colheita do caule. O sorgo sacarino é uma opção para produção do biodiesel, diminuindo a ociosidade das destilarias depois da colheita da cana, sendo que o sorgo seria uma das opções para substituir a cana. (EMBRAPA, 2009).

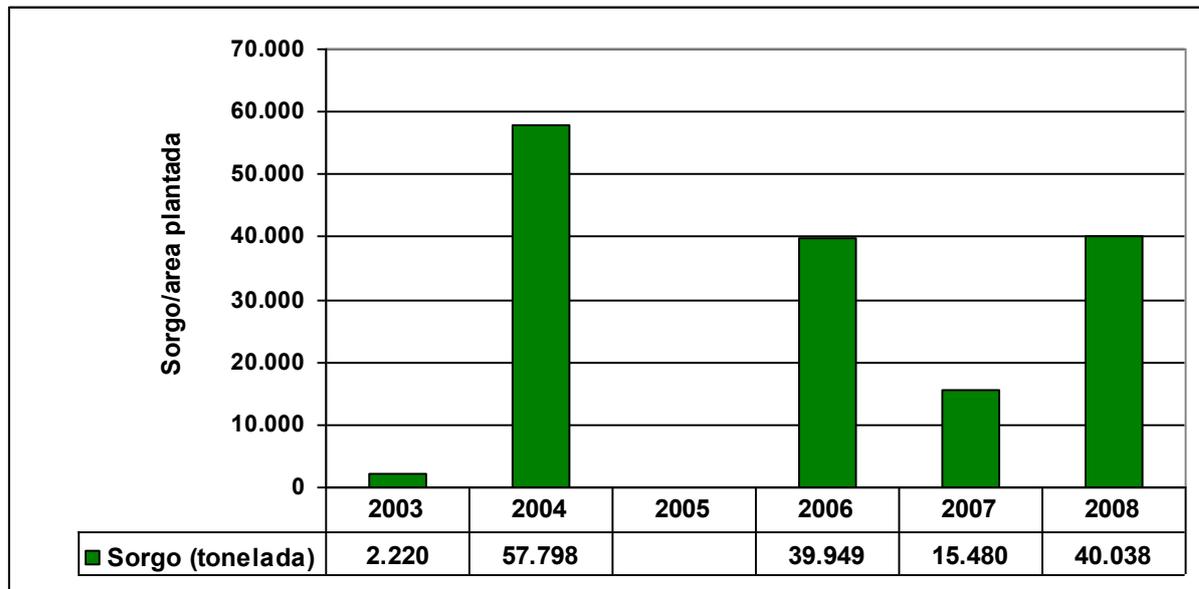


Gráfico 2.8: Área plantada/Sorgo
Fonte: IBGE (2009)/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

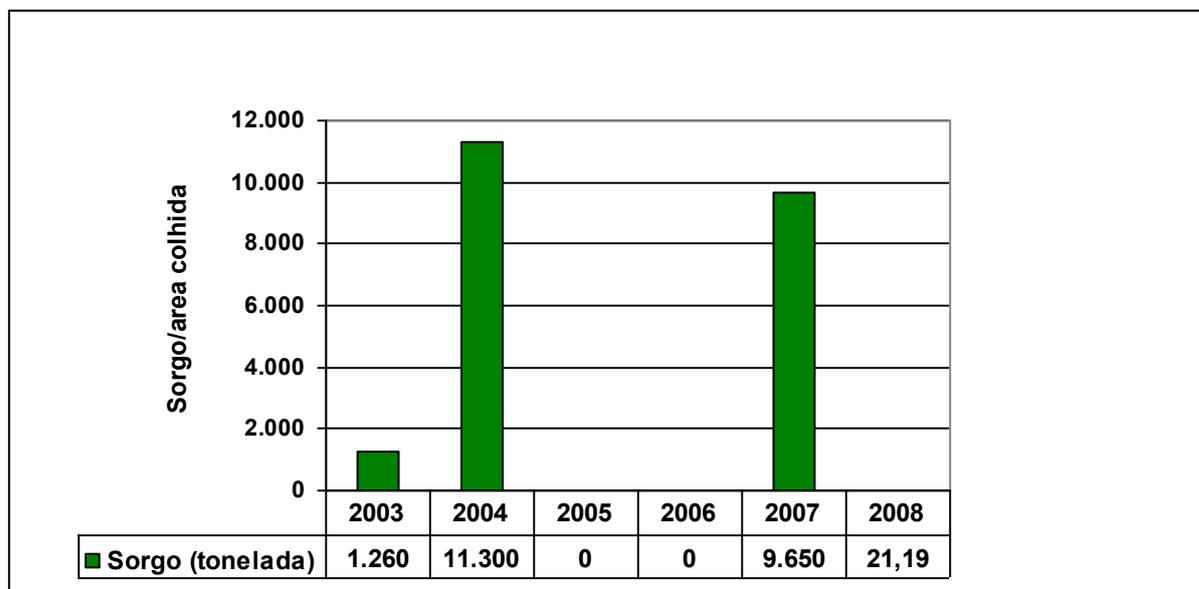


Gráfico 2.9: Área colhida/Sorgo
Fonte: IBGE (2009)/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

Para Souza, Maurina & Costa (2006) o tipo de clima e solo do Estado do Tocantins favorece a produção de oleaginosas, podendo assim optar por culturas já adaptadas ao clima e outros dados agrônomicas do Estado. Estado. Alguns grãos ainda estão sendo desenvolvidos e outros já estão sendo plantados em pequenas escalas como: amendoim, milho e sorgo, porém podem contribuir para o abastecimento de uma usina de biodiesel.

2.1.2. Rebanho Bovino no Estado do Tocantins.

A seguir será apresentado na tabela 2.3 e no gráfico 2.10 o crescimento do rebanho bovino no Estado. Esta informação se torna importante para este estudo, porque o sebo bovino também servirá como matéria-prima para abastecer a usina. E no gráfico 2.11, têm-se a capacidade de abatimento ao dia de alguns municípios que têm frigoríficos.

Tabela 2.3: Evolução do Rebanho Bovino de 2003/2008

Anos	Cabeças	Taxa de crescimento (%)
2003	7.659.643	6,13
2004	7.924.546	3,46
2005	7.961.926	0,47
2006	7.628.225	- 4,19
2007	7.378.316	-3,28
2008	7.336.768	-0,56

Fonte: IBGE/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

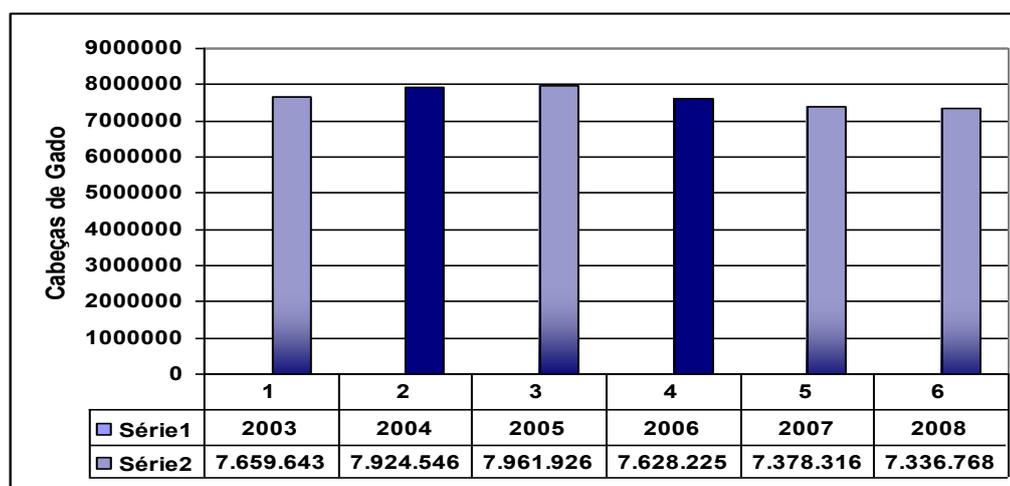


Gráfico 2.10: Crescimento de cabeças de gado no Estado

Fonte: IBGE/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

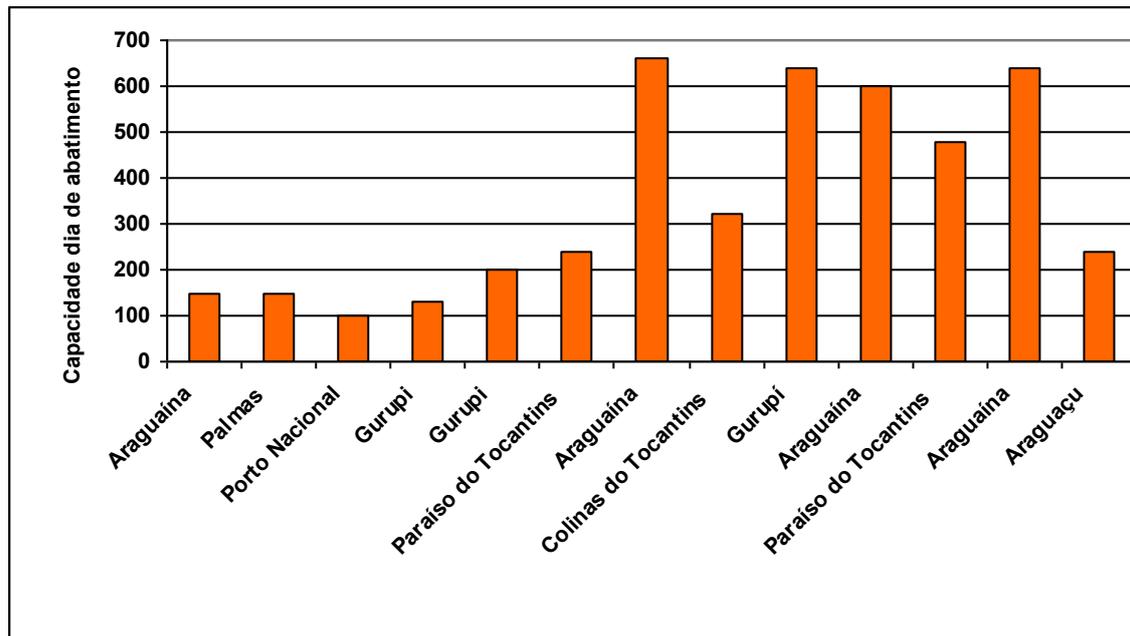


Gráfico 2.11: Capacidade de abatimento ao dia de diversos frigoríficos.
Fonte: IBGE/ADAPEC – Seplan/DPIE-TO

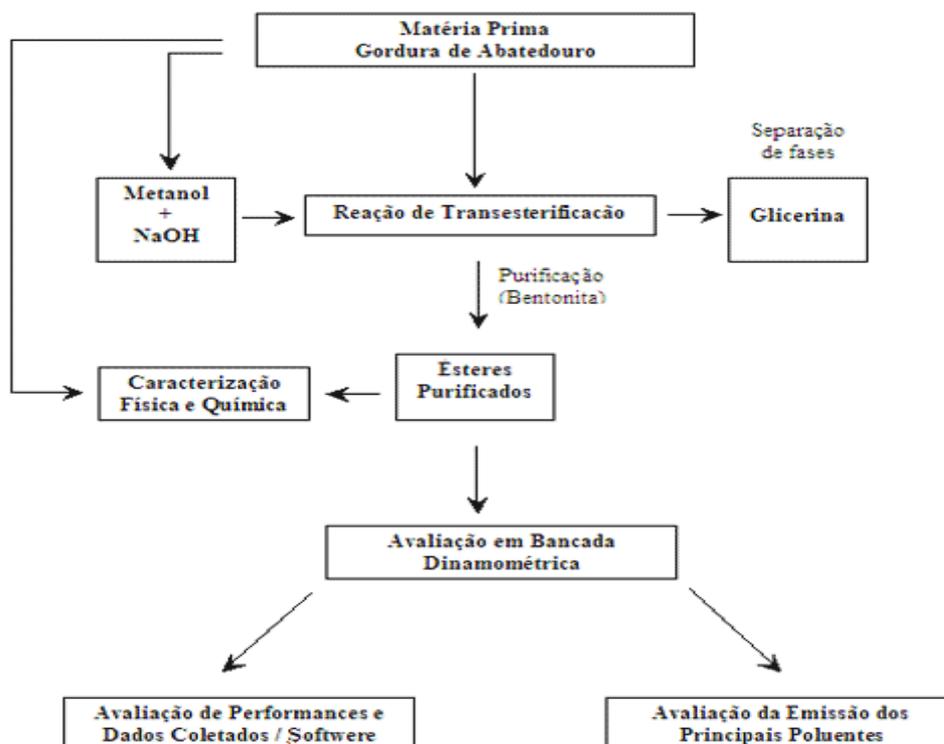


Figura 2.1: Rota para obtenção do biodiesel a partir do sebo
Fonte: <http://www.biodieselbr.com/estudos/biodiesel/biodiesel-sebo-gordura-animal.htm>

2.2. Caracterização geral: Biodiesel.

Com a crise ambiental, aumento do consumo de derivados de petróleo e a diminuição das reservas de petróleo, tendo como consequência o aumento do preço do barril de petróleo no mercado internacional, os governos de diversos países se propuseram a investir em energia renovável. No Brasil, as fontes renováveis (produtos da cana-de-açúcar, hidroeletricidade, biomassa e outras) responderam por 47,3% do total de energia da matriz energética brasileira em 2009. Este o maior índice desde 1992, quando o uso da lenha e do carvão vegetal ainda era mais intenso no país (EPE, 2010).

Existem diversos tipos de fontes de energia renovável, como a solar, eólica, a biomassa e outras. Porém, o governo brasileiro, seguindo decisões históricas e de utilização dos potenciais e capacidades locais, decidiu incentivar, com mais intensidade, a biomassa como fonte de energia capaz de produzir etanol e biodiesel para substituir os derivados de petróleo.

Biomassa é toda a matéria orgânica de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia, esta é produzida por energia solar, transformada em energia química, através da fotossíntese¹ (NEPAM, 1994). Para Leite (2006), há três opções para combustíveis líquidos derivados de biomassa:

- **Etanol:** pode ser obtido de qualquer tipo de biomassa que contenha açúcares, amido ou material com teor de celulose, das matérias primas que não contêm açúcares suficientes tem que convertê-los através da sacarificação, seguido de hidrólise (MACHADO, 2006). O etanol ou álcool etílico pode ser produzido a partir da fermentação da sacarose de determinadas leveduras. O predomina no mercado brasileira é o etanol produzido da cana-de-açúcar. Na figura 2.2 pode-se observar como funciona o processo de produção de etanol.

¹ Processo que envolve a produção de compostos orgânicos pelos vegetais clorofilados a partir do dióxido de carbono atmosférico e água.

Na área de etanol, segundo a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SEAGRO, 2009), o tem-se a previsão para que em junho de 2010 a implantação de uma usina de cana de açúcar no município de Pedro Afonso (TO).

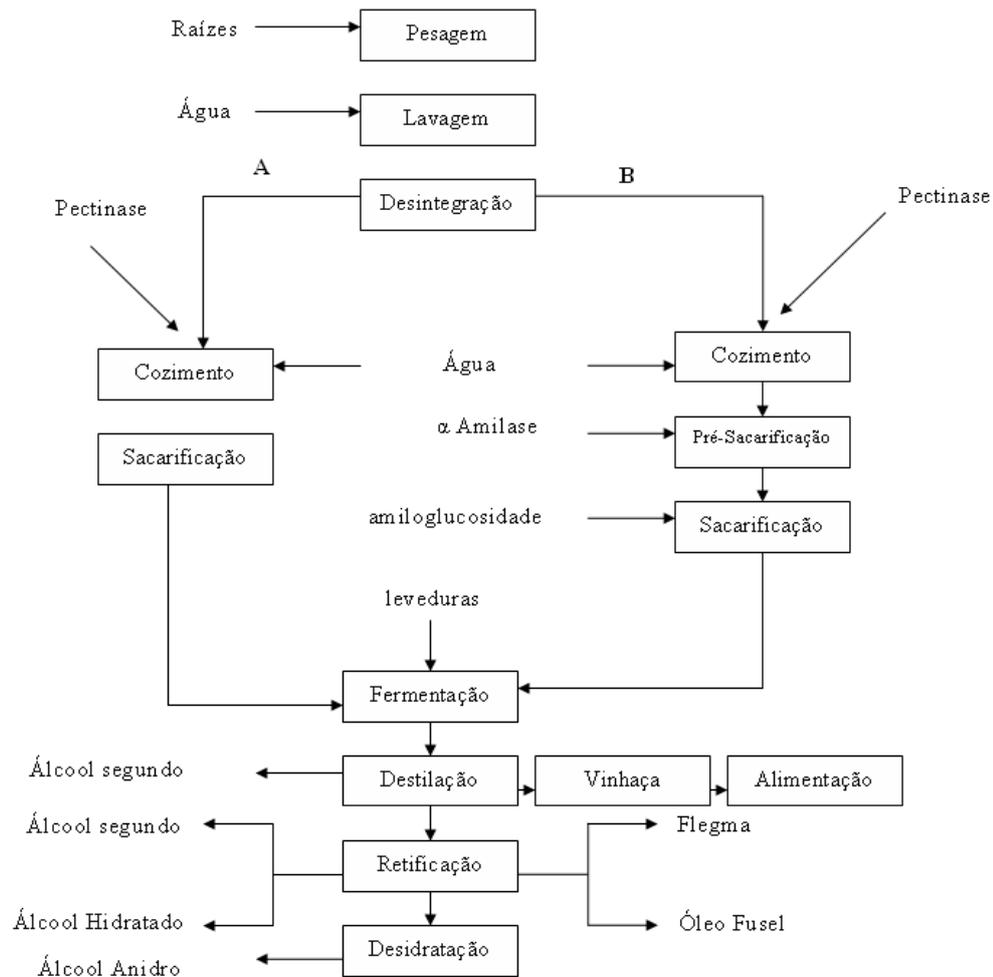


Figura 2.2: Processos da produção de etanol.

Fonte: Wu & Bagdy (1987) *apud* Venturini Filho & Mendes (2003).

Obs.: Fluxograma dos processos de hidrólise ácida (A) e enzimática (B), modificadas pelo acréscimo de pectinases, adaptado de Venturini Filho & Mendes (2003) com a adição de pectinases.

- **Metanol:** Pode ser produzido a partir de madeiras secas. Esse processo é o mais antigo e o que menos agride o meio ambiente. Mas também pode ser obtido pela reação do gás de síntese (produzido a partir de origens fósseis, como gás natural).

- **Biodiesel:** o Biodiesel pode ser produzido a partir de qualquer óleo vegetal bruto, ou gordura animal, ou seja, sem grandes refinações. De uma maneira geral, faz-se a extração do óleo, seguida de procedimentos de separação por centrifugação e filtragem, resultando nos óleos vegetais brutos. Portanto, uma planta industrial de extração de óleo vegetal com os necessários controles de qualidade para purificação inicial do produto é suficiente para a produção do óleo (JORDÃO FILHO, 2004).

Existe ainda a opção por uma extração mista (mecânica/ solvente). A seleção do tipo de extração depende de dois fatores determinantes: a capacidade produtiva e o teor de óleo. A tabela 2.4 mostra os tipos de usina e as formas de matéria prima utilizada.

Tabela 2.4: Tipos de usinas recomendadas para extração de óleo.

Tipos de Usinas	Situações Recomendadas	Matérias primas típicas
Usina de Extração Mecânica	Pequenas e médias capacidades, normalmente abaixo de 200 t de grãos/dia. Oleaginosas com alto teor de óleo, acima de 35%.	Mamona Amendoim Babaçu
Usina por extração por solvente.	Grandes capacidades, normalmente acima de 300 t/ dia de matéria-prima. Oleaginosas com baixo teor de óleo, abaixo de 25%.	Soja
Usinas Mistas	Médias e grandes capacidades, acima de 200 t/dia. Oleaginosas de médio e grande teor de óleo, acima de 25%.	Algodão Mamona Amendoim Babaçu Girassol Gorduras animais Óleos residuais

Fonte: Parente (2003)

Independente da matéria-prima utilizada, os processos de obtenção do biodiesel são semelhantes, apenas variando as dosagens e os diagramas de massa. Ou seja, pelo fato dos ácidos componentes dos óleos vegetais se apresentarem em diferentes percentuais em cada um deles, as proporções de cada um e a necessidade de aditivos para remover os resíduos dependem de uma análise caso a

caso para resultar em um produto final que atenda às especificações (JORDÃO FILHO, 2004). No diagrama da figura 2.4 mostram-se as etapas da produção do biodiesel partindo de diversas matérias primas.

De acordo com Parente (2003) além dos óleos e gorduras virgens, constituem também matéria prima para a produção de biodiesel, o óleo e gordura residual, resultantes de processamentos domésticos, comerciais e industriais. De acordo com a ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), em 2008 as principais matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel foram: soja (78,4%), sebo (16,4%), algodão (2,4%) e outros materiais graxos (2,6%).

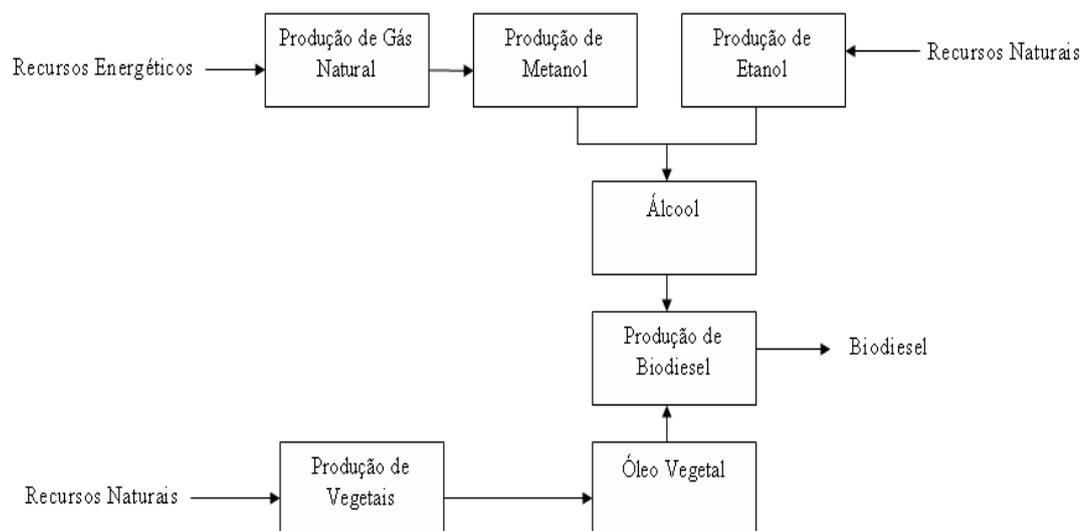


Figura 2.3: Etapas do processo de fabricação de biodiesel.

Fonte: Camargo (2007). <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-07012008-175208/pt-br.php>

Atualmente, o Tocantins conta com duas usinas de fabricação de biodiesel em funcionamento (Brasil Ecodiesel e Biotins Energia), utilizando matérias-primas como: pinhão manso, que tem previsão para 2011 de nove mil hectares prontos para a utilização e a mamona, que se mostrou em pesquisas propensa para ser cultivada no Estado (SEAGRO, 2010).

Com relação ao biodiesel, o Brasil tende a repetir a aplicação de incentivos à produção e ao mesmo tempo investir em pesquisa e desenvolvimento, estratégia utilizada para desenvolver o etanol a partir da cana-de-açúcar. O biodiesel ainda tem a vantagem de ser obtido a partir de uma multiplicidade de matérias-primas, tais como o dendê, a mamona, o algodão, a soja e o pinhão-manso entre outras oleaginosas. O Brasil pode se destacar no desenvolvimento do biodiesel, por ser um país tropical que apresenta um elevado potencial para a produção de energia por meio de biomassa (PESSOA, SOUZA e REBOUÇAS, 2007). Portanto para que esse crescimento seja efetivo é importante planejar a produção, distribuição e conseqüentemente a logística dos diversos produtos e derivados do biodiesel.

O estudo da determinação de localização ótima pode contribuir, para qualquer tipo de empreendimento, na melhoria de sua estratégia competitiva no mercado. Para Chopra e Meindl (2003), as decisões sobre instalações de novos empreendimentos estão ligadas a transporte e a alocação de capacidades. Por tempos a economia clássica ignorou a importância da localização de instalações, sendo que a localização afeta diretamente o custo e a capacidade de cada empresa.

Para Schwartz (1999), existem vários fatores que afetam a localização, os quais são: transporte, proximidade dos clientes, baixo custo de mão-de-obra, taxas e impostos baixos entre outros. Ainda segundo o autor, apesar da importância da localização, 42,1% das empresas não avaliam as cadeias logísticas com regularidade. As avaliações logísticas precisam ser realizadas constantemente, segundo Razzolini (2006), porque a logística integra funções básicas da administração, planejamento e controle da produção e distribuição física com o ambiente externo, que precisa ser avaliado com regularidade.

A seguir pode-se observar no gráfico 2.11, um exemplo de custo de produção de uma usina de biodiesel.

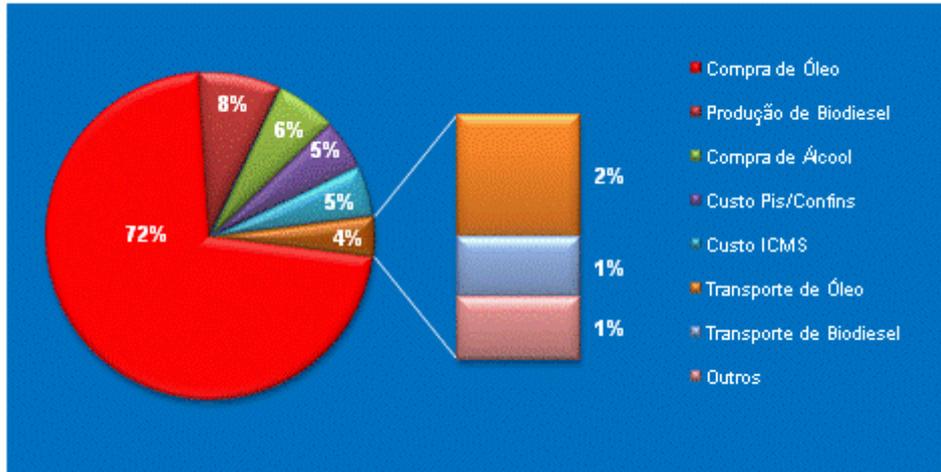


Gráfico 2.12: Principais contas de formação do preço final de Biodiesel
Fonte: COPPEAD/UFRJ (2008) *apud* Bonafide (2010)

No gráfico 2.12, pode-se observar que o custo do transporte é de aproximadamente 3% do custo total, porém o maior custo recai sobre a compra do óleo (72%), que, se somar com a do transporte do mesmo, totalizando 74% do valor do custo total do produto. Uma vez o óleo ou a matéria-prima *in natura* estando mais perto da usina consumidora, provavelmente estes custos poderiam diminuir.

A localização ideal é um ponto geográfico que favorece a empresa o máximo benefício, ou, para os rendimentos dados, que detém o menor custo. A teoria da localização envolve o estudo dos efeitos do espaço sobre a organização da atividade econômica (RAZZOLINI 2006).

2.3. Logística e sua evolução nos últimos anos.

Para Bowersox e Closs (2001), o setor logístico ganhou atenção, após a década de 1980, em diversas áreas, pelas mudanças tecnológicas e de regulamentação que influenciaram de modo significativo o setor logístico. Pode-se citar como exemplo: a) mudança significativa nas regulamentações do setor logístico, tanto na questão da importação quanto na da exportação; b) Informatização; c) revolução da informação; d) adoção em grande escala, dos movimentos da qualidade; e) desenvolvimento de parcerias e alianças estratégicas.

As empresas sempre realizaram atividades como as de suprimento, estocagem, transporte e distribuição de produtos, mas a novidade foi quando começaram a realizar todas as atividades de forma integrada e coordenada. Tal situação levou as empresas e indústrias a reconhecerem que a logística tem potencial para agregar valor aos serviços e produtos.

Segundo Chiavenatto (2005), a evolução dos processos e estudos de logísticas, depois da Segunda Guerra Mundial, se deu graças às mudanças implantadas pelas empresas japonesas após a década de 1960. Tal evolução envolveu os processos produtivos conhecidos como: a) Kaizen (melhoria contínua); b) Controle Estatístico de Qualidade (metodologia estatística na inspeção de qualidade – qualidade assegurada); c) Controle Total da Qualidade (conceito estratégico de qualidade envolvendo não só a empresa como também fornecedores e indo até o cliente final); d) Kanban (sistema de controle da ordem das atividades em um processo seqüencial); e) *Just-in-time* (sistema de produção que procura agilizar a resposta da produção às demandas do cliente por meio da eliminação do desperdício e do aumento da produtividade).

Segundo Bowersox e Closs (2001) pode-se definir a logística como um conjunto de atividades de compra, movimentação e armazenagem, que pode ser definido como fluxo de produtos desde a aquisição da matéria prima até seu ponto final de entrega. Ainda podemos citar algumas atividades primárias da logística, as quais são:

- Gerência de estoques: neste ponto a empresa prioriza o valor do tempo, que significa colocar o produto no momento da necessidade.
- Gerência de transportes: prioriza o valor do lugar, disponibiliza o produto no local necessário.
- Gerência de informações: prioriza o valor do acompanhamento do processo do produto, tratam-se da coleta, processamento e transmissão das informações relativas aos pedidos dos clientes, internos e externos, e de todas as informações sobre produção e distribuição aos clientes.

A logística engloba um grande conjunto de atividades que são realizadas, muitas vezes, em diversas áreas dentro da empresa ou são executadas em locais e tempos diferentes o que aumenta a complexidade deste setor.

2.3.1. Ciclos de atividades da logística.

Uma das principais ferramentas de análise da logística é o ciclo de atividades, isso porque ele fornece uma perspectiva básica da dinâmica, das interfaces e das decisões que devem ser executadas para a criação de um sistema operacional. Nesta etapa os fornecedores, a empresa e seus clientes são vinculados pelos serviços e atendimento logísticos especializados. As localizações de instalações vinculadas a esses ciclos de atividades são chamadas de “nó” (BOWERSOX E CLOSS, 2001).

Ainda segundo Bowersox e Closs (2001), existem três pontos importantes para melhor compreensão dos sistemas logísticos:

- Ciclo de atividades é a unidade fundamental para análise de funções logísticas;
- A estrutura de ciclos de atividades, em termos de organização de nós e vínculos, é basicamente a mesma, tanto na distribuição física, como no apoio à manufatura ou ao suprimento;
- As interfaces e os processos de controle devem ser identificados e avaliados como combinações de ciclos de atividades ao se buscar a integração dos processos.

Para melhor se compreender essas atividades, na figura 2.5 apresentam-se as atividades da logística básica, mostrando as três áreas operacionais. A seguir, na figura 2.6, pode-se observar a estrutura mais complexa da rede logística. As estruturas mostradas são a essências dos ciclos de atividades da logística, e servem como base para a implantação da logística integrada nas empresas.

Na figura 2.4 e 2.5, os ciclos de atividades logísticas básicas são compostos pelo ciclo de suprimento, de apoio à manufatura e pela distribuição física. Esses ciclos transportados para o estudo da cadeia do biodiesel podem ser traduzidos como: 1) O relacionamento com os fornecedores de matérias-primas e logística; 2) Recebimento das matérias-primas e dos insumos como material básico para produção do biodiesel (oleaginosas ou sebos, etanol e outros produtos); 3) Preparação da matéria-prima; 3) Fabricação do produto; 4) Depósitos e armazenagem; 4) Escolha da embalagem e do transporte; 5) Preparação da rotas e logística de distribuição; 5) Entrega ao cliente.

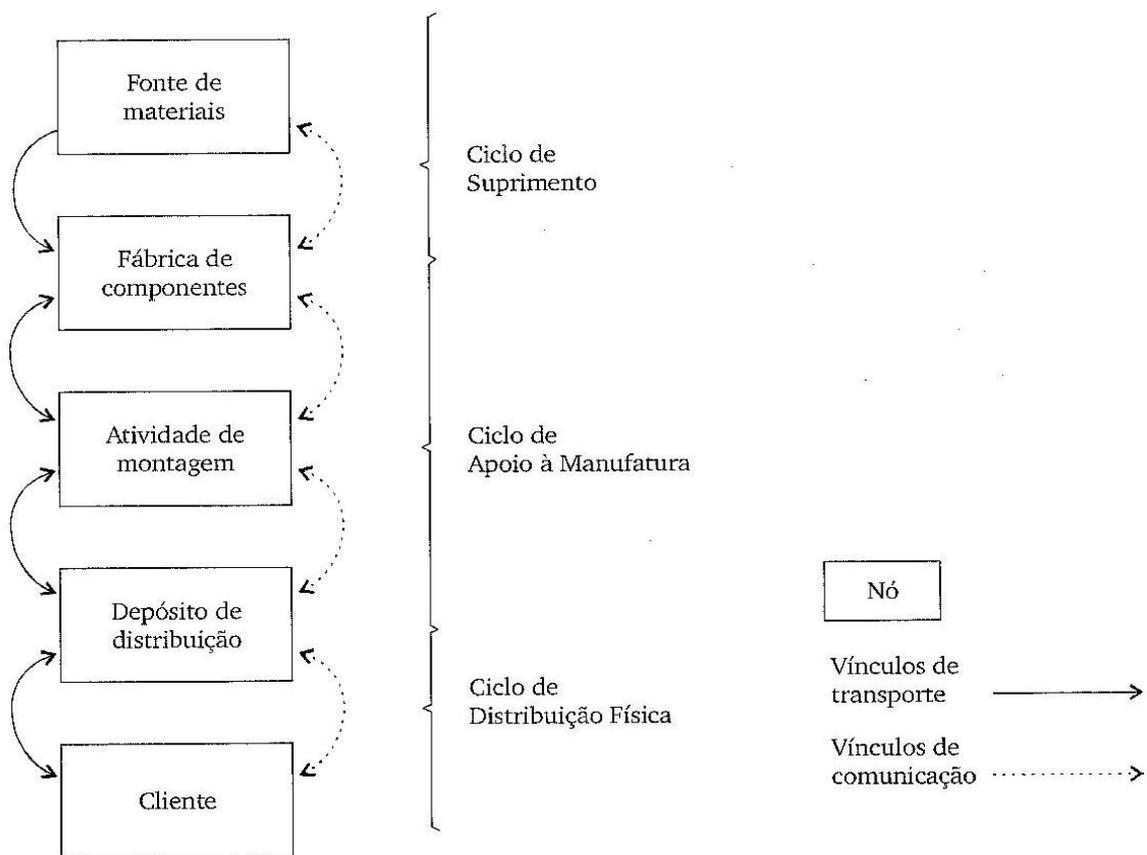


Figura 2.4: Ciclos de atividades logísticas básicas.
Fonte: Bowersox e Closs (2001) p.55.

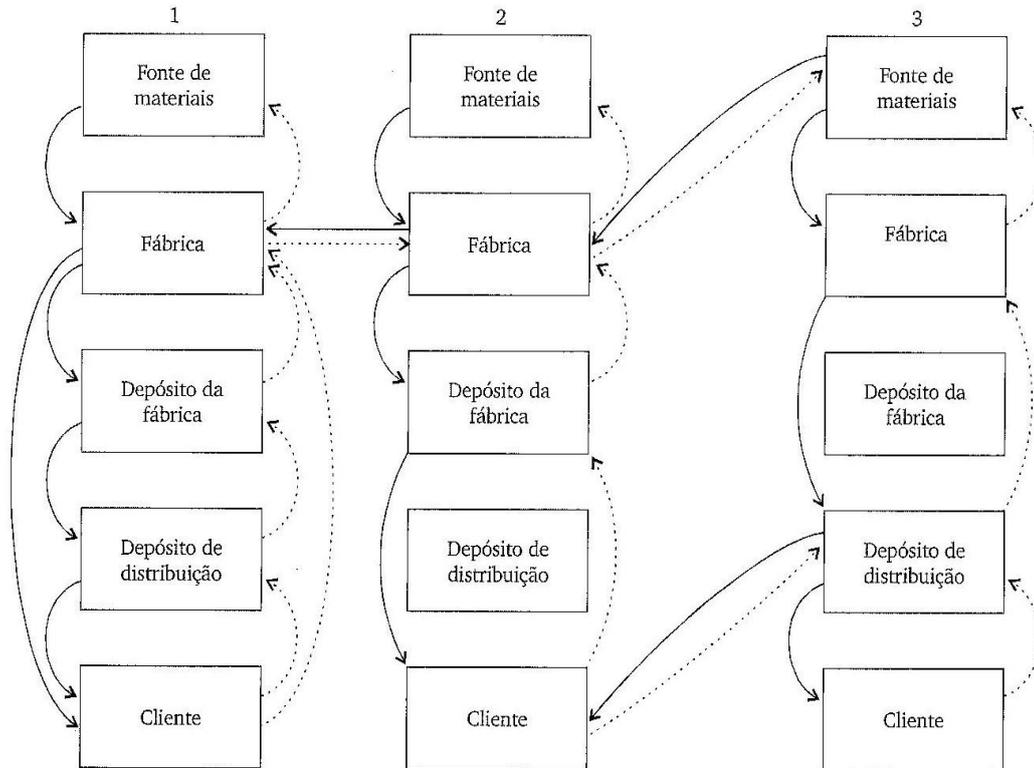


Figura 2.5: Estrutura de uma rede logística flexível multifacetada.
Fonte: Bowersox e Closs (2001) p. 56.

Conforme Bradley (1998), a logística tem o desafio final de entregar os produtos e mercadorias no destino final (consumidor), ao menor custo e no menor tempo possível nos mercados internos e externos. Algumas ações influenciam no desenvolvimento da logística, são eles: consumidores mais exigentes, redução do ciclo de vida dos produtos, utilização mais intensiva do *just in time*, globalização e inserção de novos produtos.

2.3.2. Logística de transporte.

No Brasil, a formação do preço do transporte mudou nas últimas décadas, isso porque até a década de 1980 as taxas eram impostas, reguladas pelo governo para os serviços de transporte de cargas. O papel do profissional de logística de transporte durante esse período poderia ser comparado a um comprador de qualquer tipo de *commodity* (BOWERSOX E CLOSS, 2001).

Nas últimas décadas, tem-se maior flexibilidade na questão de preços de transportes e existem possibilidades de ofertar novos tipos de serviços. Para Ballou (2001) o transporte pode ser considerado um dos elementos mais visíveis do sistema logístico e possui duas funções principais:

- **Movimentação de produtos:** O transporte movimenta os produtos para frente e para trás na cadeia de agregação de valores, como se utiliza recursos temporais, financeiros e ambientais é ideal que o movimento seja feito apenas quando há um aumento do valor agregado aos produtos.
- **Estocagem de produtos:** Os produtos que estão sendo transportados precisam ser estocados para serem movimentados novamente em curto período de tempo. Esta estocagem muitas vezes apresenta um custo alto para empresa, por isso, algumas vezes, é viável utilizar os próprios veículos de transporte para a guarda dos produtos. Outro método para diminuir os custos e acertar rotas ou reformular trajetos é a utilização das novas tecnologias que proporcionam maior agilidade na interação e rapidez da informação entre os agentes da área de transporte, como a comunicação por satélite entre as sedes da empresa e os responsáveis pelo transporte da carga, seja o próprio motorista ou a empresa transportadora.

2.3.3. Princípios de gerenciamento de transporte.

Os dois princípios que fundamentam as operações e o gerenciamento de transporte são: 1) Economia de Escala é obtida com a diminuição do custo de transporte por unidade de peso. A economia de escala de transporte funciona assim: despesas fixas de movimentação de uma carga podem ser diluídas por maior peso ou quantidade de unidades, portanto um menor custo por tonelada ou por unidade transportada. 2) Economia de Distância age de forma a diminuir o custo de transporte por unidade de distância, esse tipo é semelhante ao de escala. Por

exemplo, uma viagem, de 600 quilômetros terá um custo menor que duas viagens com o mesmo peso de 300 quilômetros (CHOPRA E MEINDL, 2003).

2.3.4. Infra-estrutura de Transporte.

A infra-estrutura de transportes, se bem elaborada e administrada, tende a promover o desenvolvimento da região e não favorecer a degradação do meio ambiente como acontecia nos anos de 1980. Foi a partir de 1980 que a infra-estrutura de transporte, que é composta por rodovias, ferrovias, hidrovias e portos teve que se adequar aos novos paradigmas ambientais, de segurança e de qualidade (ZHOURI, 2005).

Os investimentos em infra-estrutura necessitam estar em harmonia com todo o sistema logístico para a redução de seus custos em geral. Para isso precisam-se definir metas, planejar e construir planos de ação eficazes para todo investimento logístico de infra-estrutura, de modo a estar de acordo com a necessidade da comunidade, da região e dos ecossistemas em seu entorno. Para Bowersox e Closs (2001) a economia de transportes pode ser afetada por sete fatores, os quais são:

- **Distância:** afeta diretamente os custos variáveis, como o combustível, manutenção e algumas vezes a mão-de-obra (figura 2.6).

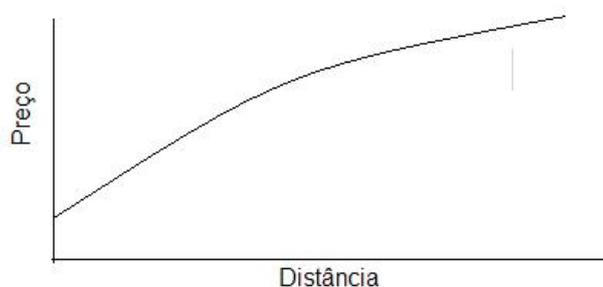


Figura 2.6: Relação usual entre distância e custo de transporte.
Fonte: Bowersox e Closs (2001) p. 304.

Pode-se verificar que o custo não se inicia na origem do eixo, isso porque existem custos relativos à coleta e à entrega da carga, que não depende da distância, portanto a curva de custo aumenta a uma taxa decrescente em relação à distância.

- **Volume:** o volume de carga existe para a maioria das viagens, a figura 2.7 mostra que o custo de transporte por unidade de peso diminui à medida que o volume de carga aumenta. Para se obter uma vantagem na economia de escala, as empresas devem consolidar pequenas cargas em cargas maiores.

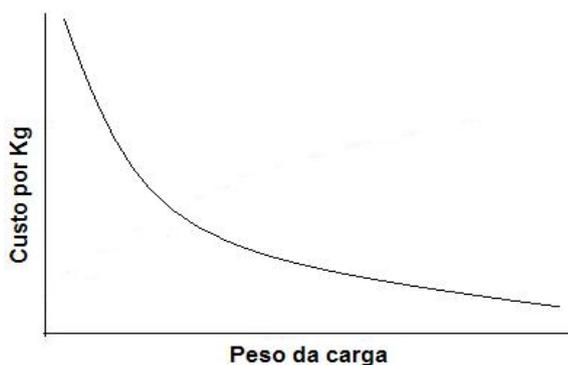


Figura 2.7: Relação entre peso e custo de transporte por quilograma.
Fonte: Bowersox e Closs (2001) p.305.

- **Densidade:** É a relação entre o peso e o volume, geralmente o custo de transporte é cotado por unidade de peso, por tonelada ou por quilograma. Geralmente os responsáveis pela logística tentam aumentar a densidade da carga para que haja uma melhor utilização da capacidade. Os aumentos da densidade da carga geralmente resultam em custos de transportes mais baixos.



Figura 2.8: Relação usual entre densidade e custo de transporte por quilograma.
Fonte: Bowersox e Closs (2001) p.305.

A figura 2.8 mostra o declínio do custo de transporte por unidade de peso, à medida que a densidade da carga aumenta.

- Facilidade de acondicionamento: existem cargas com a mesma densidade, mas que se acomodam de maneira diferente. Um exemplo poderia ser bloco e barras de aço, eles podem ter a mesma densidade, mas as barras são mais difíceis de acomodar pela sua forma e comprimento.
- Responsabilidade: Neste item podem-se citar seis características: danos, danos ocasionados pelo veículo, possibilidade de deterioração, suscetibilidade de roubo, suscetibilidade de combustão espontânea ou de explosão.
- Mercado: alguns fatores de mercado, como intensidade e facilidade de tráfego afetam o custo de transporte. Neste item, o setor responsável pela logística deve se assegurar que o transporte de retorno tenha carga para que o caminhão não volte vazio o que seria um desperdício de mão-de-obra, combustível e manutenção.

Os responsáveis pela logística devem compreender todas as influências que afetam o sistema de transporte. Segundo o Relatório do Banco Mundial (2007)², o país precisaria investir, no mínimo, 3,2% do PIB, em infra-estrutura, contrariando as estimativas do governo federal, de aplicar menos de 0,5% do PIB em 2008. Segundo Bowersox e Closs (2001), a infra-estrutura de transporte consiste em direitos de acesso, veículos e unidades organizacionais de transporte que fornecem serviços para uso próprio ou para terceiros. A infra-estrutura determina as variáveis econômicas e legais para cada sistema modal ou multimodal.

Existem cinco tipos de modais, quais sejam: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. A importância de cada um depende da distância ou do volume de tráfego. Neste estudo serão abordados, de modo mais aprofundado, os modais disponíveis para transporte de cargas e grãos no Estado do Tocantins, são eles: Rodoviário, Ferroviário e Hidroviário. A seguir será apresentado cada um desses e sua importância a nível nacional e estadual.

- **Rodoviário:** A estrada federal BR-153 é uma das principais vias de acesso ao Norte do Brasil (Estados do Tocantins, Maranhão, Pará e Amapá), além de Goiás e do Distrito Federal, com todas as demais regiões do país. Com isso, a BR-153 se torna uma das principais rodovias de ligação entre o Centro-Oeste e o Sudeste e o Norte do país, com isso propiciando o maior movimento por essa rodovia. Para Gannon & Liu (2002), o transporte sendo um serviço intermediário, exerce papel crucial na redução da pobreza absoluta, quer que pela diminuição de custos operacionais, preços de insumos, produtos entre outros fatores que afetam a localidade. Porém, mesmo reconhecendo a importância da diversificação dos meios de transporte e do aproveitamento das potencialidades locais, o modal rodoviário é o mais utilizado e supera, em porcentagem, os outros tipos de modais na maioria das regiões brasileiras. O modal rodoviário tem participado com cerca 60% do total das cargas transportadas. No gráfico 2.13, pode-se observar que o modal rodoviário no Brasil representa 62% em relação com outros países.

² www.worldbank.org/.../Como_Revitalizar_Investimentos_Infra_PORv1.pdf acesso dia 13/07/09

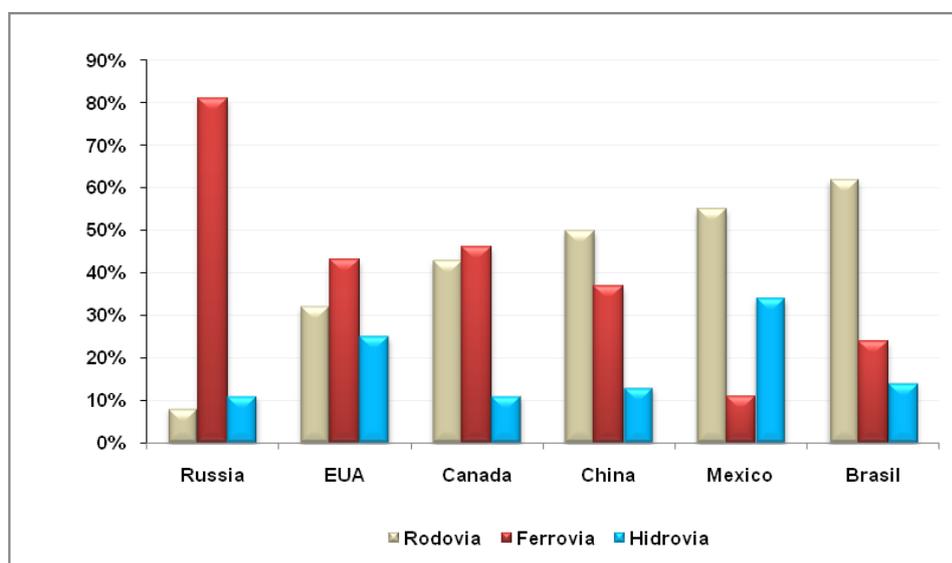


Gráfico 2.13: Matriz do Transporte de Cargas (2006).

Fonte: Ministério de Transportes (2007).

- Ferrovias:** A Ferrovia Norte Sul (FNS) irá trazer para o Estado do Tocantins uma redução na questão de fretes de longa distância; esta afirmação vem do fato que historicamente os custos relacionados a transporte de carga via ferrovia são menores que os realizados via rodovia. Esta ferrovia irá se conectar ao Norte com a Estrada de Ferro Carajás (EFC) e ao Sul com a Ferrovia Centro Atlântico (FCA). A FCA é a maior de todas as concessões ferroviárias brasileiras e será responsável por conectar a FNS aos maiores portos brasileiros como Santos, Vitória e Rio de Janeiro, as regiões industriais de São Paulo e Minas Gerais (ABREU 2010).

A Ferrovia absorverá 30% do volume de carga transportada pelas principais rodovias, sendo a carga transportada composta de: *commodities* minerais e produtos agrícolas partindo do Norte em direção ao Sul e de combustíveis; e carga em geral partindo do Sul em direção ao Norte. Como a ferrovia já está interligada com a Estrada de Ferro Carajás, da Companhia Vale do Rio Doce, que segue para o Porto de Itaqui (MA), será o principal meio de escoamento da região Norte,

reduzindo substancialmente o preço do transporte e conseqüentemente abaixando os custos dos produtos para os consumidores (SCANDIFFIO 2006).

Conforme a ANTT (2009), o modal ferroviário tem grandes vantagens por carregar grandes cargas, com grande eficiência energética, principalmente em casos de médias e grandes distâncias. O modal ferroviário é usado geralmente para o transporte de cargas de baixo valor agregado, para fluxos concentrados (em termos de origens e destinos) e para grandes distâncias.

Segundo Young (2002), no Brasil, este modal de transporte nunca alcançou a representatividade obtida em outros países de grande extensão territorial. A sua participação nos modais de transporte disponíveis no Brasil é de aproximadamente 20% e 23%, entre as décadas de 1980 e 1990, se levar em consideração a medida pela tonelada por quilômetro útil.

Para Mello (1984), cada sistema logístico de transporte tem sua própria qualidade, que o torna mais eficaz, se adaptado a situações do local. O sistema ferroviário proporciona uma economia de escala e escopo na realização de transporte de carga de longa distância. A partir de distâncias superiores de 400 km, este já oferece competitividade maior do que qualquer outro transporte terrestre.

- **Hidroviás:** Idéias e projetos de integração do território brasileiro através das hidroviás têm sido apresentados desde 1799. A primeira idéia de que se tem notícia foi a do cientista alemão Alexander Von Humboldt que, ao visitar a América do Sul, anteviu que o continente poderia ser ligado de Norte a Sul por uma “Grande Hidrovia”, que poderia unir as bacias do Prata, Amazonas e Orinoco, esta última na Venezuela, através do canal do Cassiquiare, um canal natural entre os rios Negro e Orinoco (CGEE, 2007).

A interligação das bacias da Prata e do Amazonas se daria através de um canal de 12 quilômetros na borda do Pantanal, na chamada Serra do Aguapeí - MT, onde nascem os rios Aguapeí e Alegre. Estas duas bacias, de fato, já se conectam

naturalmente nas épocas das cheias da região. Ainda existem muitas questões ligadas ao meio ambiente quando se fala em construção de hidrovias, principalmente a da hidrovia do Tocantins-Araguaia que possui trechos em reservas indígenas. A navegação no Estado do Tocantins já existe bem antes do mesmo ser constituído. A hidrovia se torna importante para o transporte de carga entre as regiões do próprio estado e para recebimento de insumos de outras regiões e escoamento dos produtos tocantinenses por um custo mais acessível e competitivo. Porém, como a determinação dos projetos logísticos dos transportes é realizada levando em consideração os grandes centros consumidores, este tipo de modal é deixado para segundo plano.

A questão é que ele é de suma importância para regiões longe dos grandes centros urbanos e também poderia ser de grande valia para regiões banhadas por grandes rios, capazes de suportar a navegação.

Laksmanan (2001) afirma que um bom investimento na modernização de ferrovias, melhoria das estradas, portos e hidrovias bem como uma administração adequada da intermodalidade, podem baixar a desigualdade da infra-estrutura de transportes entre as regiões. Assim, se o investimento na matriz de transporte brasileiro for aplicado em sua diversificação e na adequação às capacidades e potenciais naturais locais, conseqüentemente haverá uma melhora nos escoamentos da produção do país, tornando o Brasil mais competitivo no mercado exterior e estará diminuindo os custos de transporte para o mercado nacional.

Para Batalha (2008), os custos de transporte incorrem em custos que podem ser divididos em: custos variáveis e custos fixos. Os custos variáveis oscilam de acordo com o tamanho do serviço (em termos de distância, volume e carga) e correspondem aos custos para movimentar a carga, como combustível e mão-de-obra, manutenção de equipamentos, manuseio, coleta e entrega. Os custos fixos não variam com a distância ou quantidade de carga transportada; na tabela 2.5 pode-se observar os custos fixos e variáveis nos modais de transporte.

Tabela 2.5: Modais de transporte e características de custos fixos e variáveis.

Modal de Transporte	Custos Fixos	Custos Variáveis
Ferroviário	Altos custos que incluem: operações nos terminais de carga e descarga, depreciação da ferrovia e instalações do terminal, despesas com administração.	Relativamente baixos custos variáveis (em geral de 35 a 50% dos custos totais) que incluem: salários, combustíveis, energia elétrica e manutenção.
Hidroviário	Altos custos fixos devidos a: investimentos nos equipamentos de transporte (navios), tarifas portuárias e custos de carga e descarga nos terminais.	Baixos custos variáveis devido a operação do equipamento de transporte
Rodoviário	Baixos custos fixos (15 a 25% dos custos totais), pois as rodovias não pertencem aos transportadores, que incluem: investimentos em caminhões (que representa um investimento pequeno se comparados aos outros modais).	Altos custos variáveis que incluem: combustível e outros custos associados a viagem do caminhão, pedágios, taxas do veículo e taxas sobre t-km

Fonte: Batalha, 2008. p.240.

Observa-se na tabela acima que os modais, ferroviário e hidroviário são mais econômicos para transportar grandes cargas, o único problema é que esses tipos de modais têm que ser conjugados com outros tipos de transporte, pois eles não oferecem transporte porta a porta (BATALHA, 2008).

2.3.5. Logística de distribuição

Distribuição de mercadorias pode ser definida, segundo Bowersox e Closs (2001), como sendo a estrutura de unidades organizacionais dentro da empresa, e agentes e firmas comerciais fora dela, atacadistas e varejistas, por meio do qual uma mercadoria, um produto ou um serviço é comercializado.

A figura 2.9 mostra os sistemas de abastecimento básico geral. Para Martins e Alt (2006, p.67,127), os sistemas de abastecimento funcionam como demonstrados no fluxograma da figura 2.9.

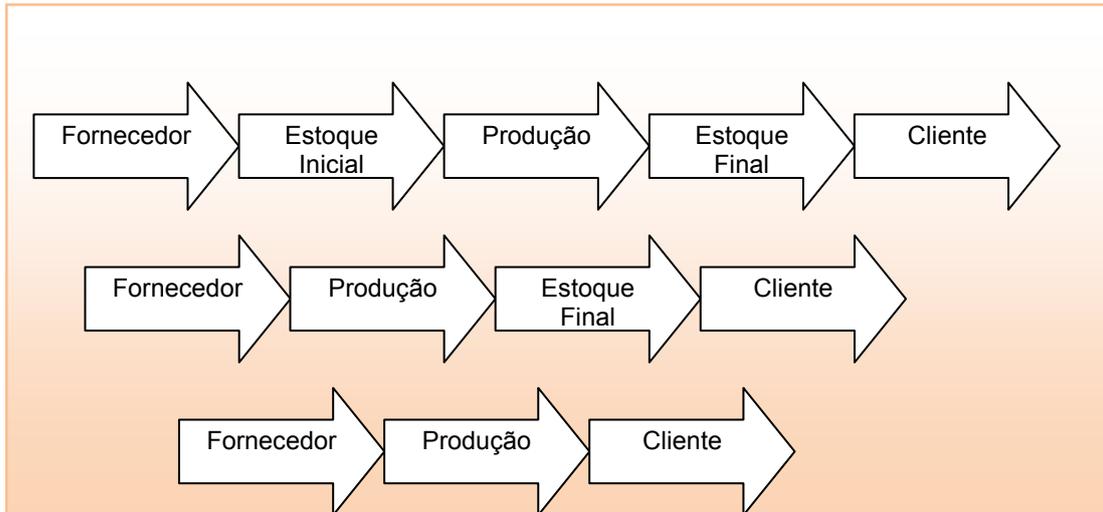


Figura 2.9: Sistemas de Abastecimento.
Fonte: *apud* Martins e Alt (2006).

Ainda segundo o mesmo autor, as empresas tradicionais normalmente tem já implantado todas as etapas do fluxograma da figura 2.9. Porém, nem sempre é viável, assim as etapas podem ser adaptada a necessidade e as características do produto. Para Novaes (2004), o gerenciamento eficaz da logística de distribuição é aquele que atende ao cliente com rapidez, eficiência e qualidade.

Para Ballou (2001), a verdadeira essência do comércio é contribuir para um melhor padrão de vida para todos, por fazer uma ponte entre o local de produção e os mercados separados pelo tempo e pela distância. Essa ligação pode ser feita da seguinte forma:

- 1) Em relação ao produto obtido e o nível máximo de produção, fixada a quantidade de insumos utilizada;
- 2) Comparar o mínimo requerido para produzir determinada quantidade de produto; ou
- 3) Ainda, com a combinação dos dois anteriores.

Em alguns casos, a eficiência técnica é orientada para produto; em outros, para a quantidade de insumos. A eficiência econômica tem duas dimensões:

- 1) A do custo mínimo, quando a produção é fixada e pode variar os insumos;

2) A da renda líquida máxima, quando produtos e insumos são variáveis.

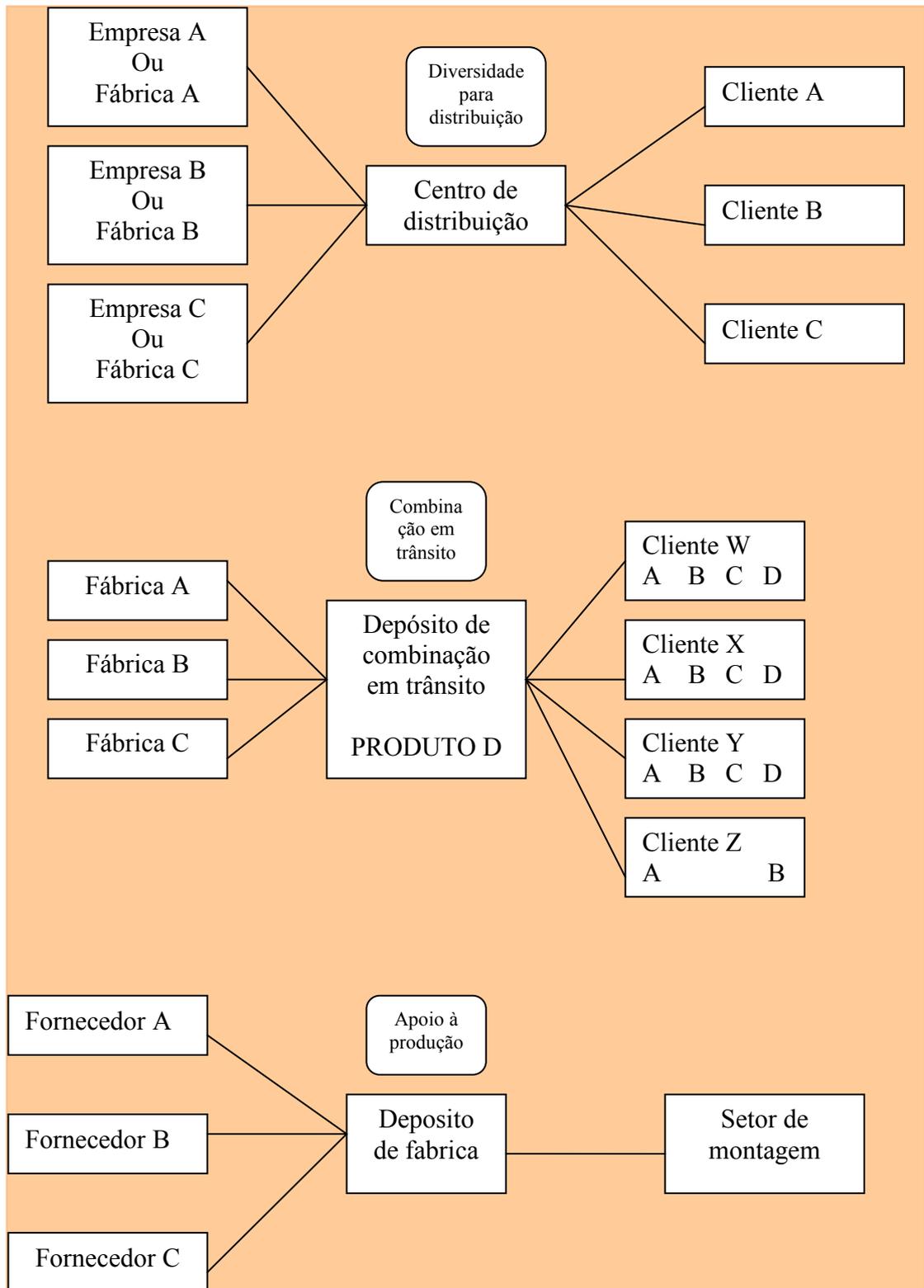


Figura 2.10: Vantagem de terminais de estocagem.

Fonte: Bowersox & Closs, p.327.

A figura 2.10, mostra em detalhes o fluxo da matéria-prima após ser deixada em algum ponto de distribuição. A vantagem fica refletida em fretes menores e na eliminação de congestionamento em áreas de recebimento de mercadorias

O armazém ou o depósito são importantes para determinar a eficiência do movimento de cargas. As vantagens de se usar a combinação do fluxo logístico de várias cargas menores para uma área específica, é a consolidação de um depósito que pode ser usado por uma única empresa, ou por um grupo de empresas que contratam esse serviço.

2.4. Problemas de Localização.

A análise dos problemas de localização é uma área em estudo desde o início do século passado. O primeiro modelo de localização foi proposto por Alfred Weber em 1909, e dominou por muitos anos a literatura. No entanto, a área unificada de estudo chamada "Localização de Instalações" emerge na década de 1960; as pesquisas de Hakimi, publicadas em 1964, estabelecem resultados importantes na teoria da localização e gerou grande interesse entre os pesquisadores (HAKIMI, 1964).

Os problemas de localização, na sua forma mais geral, podem ser descritos como segue. Um conjunto de clientes espacialmente distribuídos em uma área geográfica requer certo produto ou serviço específico. A demanda dos clientes deve ser coberta por uma ou mais instalações. As instalações podem operar dentro de um quadro de cooperação ou de competição, dependendo dos produtos ou serviços requeridos pelos clientes. O processo de decisão estabelece onde devem localizar suas instalações no território desejado, tendo em conta as exigências do cliente e as restrições geográficas. Dentre os problemas de localização podem ser identificados três elementos essenciais. **As instalações**, que denotam um conjunto de objetos a serem localizados para prestar um serviço ou produto. **Os locais**, que se referem a um conjunto de todos os pontos possíveis para colocar instalações. Finalmente, **os**

clientes que são os usuários finais e necessitam determinados serviços ou produtos (OWEN, 1994).

O termo localização é usado para denotar uma variedade de bens e serviços e também pontos de instalação ou localização ótima de edifícios como: armazéns, fábricas, escolas, hospitais, *shoppings*, edifícios públicos, com a finalidade de otimizar sua relação com outros já existentes. As principais propriedades que caracterizam estas instalações são: o **número e tipo**. Em diversos modelos de localização, o número de instalações é fixado *a priori*. No caso em que se determina localizar uma só instalação, em um determinado espaço ou território, é um problema de instalação simples. Porém, no caso geral, o modelo considera, simultaneamente, várias instalações e é chamado de problema de multi-instalação (OWEN, 1994).

Outra propriedade importante para as instalações é dada pelo seu tipo, está específica suas características tais como: a capacidade de serviço e considerações sobre sua estrutura. Nos casos simples, as questões de localização requerem instalações idênticas para prestar o mesmo serviço ou produto. Os modelos de localização, também, podem ser diferenciados de acordo com o serviço simples e multi-serviços, com base na capacidade da instalação para fornecer um ou mais tipos de serviços ou produtos. Alguns problemas de localização admitem instalações onde são considerados que a capacidade é ilimitada, enquanto outros buscam a melhor localização, com uma produção limitada. Portanto, as questões de localização também podem ser classificadas como capacitadas ou não capacitadas (OWEN, 1994).

Ainda segundo o autor o elemento essencial para os modelos de localização é o local físico onde se irá localizar a instalação. O conjunto de pontos ótimos de localização é comumente chamado o espaço de solução e pode-se representar de modo contínuo, discreto ou na forma de rede os quais são:

- **Espaço Discreto:** Quando se pode especificar uma lista de lugares possíveis para localizar instalações. Nesse caso, se oferece flexibilidade,

pois é possível incorporar ao modelo características do tipo geográficas e econômicas.

- **Espaço Contínuo:** São problemas considerados no espaço euclidiano. O caso mais típico, considerado, foi o espaço euclidiano bidimensional.
- **Representação de redes:** Para muitas aplicações, nas quais se consideram serviços públicos e privados, são estudados problemas de localização em que se deve operar com uma infra-estrutura de certa rede (rede rodoviária, rede fluvial, rede ferroviária, rede de aeroportos, oleodutos. etc), geralmente representada por um gráfico. Os problemas de rede podem ser discretos ou contínuos, comumente as estações de serviço podem estar localizadas nas extremidades ou vértices do gráfico que representa a contrapartida da infra-estrutura de rede. Quando um modelo é definido por uma representação de rede, o gráfico pode assumir diferentes formas: (i) Grafo direcionado (ii) Grafo não-direcionado.

Para Rezende (2003), os problemas de localização surgem da necessidade de localizar centros para a satisfação ótima da procura de um conjunto de clientes. A palavra "cliente" é usada para designar objetos que requerem acesso a um serviço ou demanda do produto. Na tentativa de analisar problemas de localização, deve interagir com os clientes, por isso é necessário conhecer a sua **distribuição, aplicação e compartilhamento**.

- Para distribuição deve-se assumir que a carga, por cliente, está uniformemente distribuída ou localizada em um ponto específico ou nos vértices de uma rede.
- No caso da demanda, a cada cliente é atribuído um valor que expressa a quantidade de serviço exigido. A ação pode representar a quantidade de produto ou serviço solicitado por um usuário ou uma área ou região geográfica. Em ambos os casos, não podem ser conhecidos com certeza.
- A última característica do cliente é o seu comportamento. Em alguns casos, o cliente é livre para escolher com qual instalação deseja ser servido, e conduz à pergunta: Será que o cliente sempre vai para a

instalação mais próxima ou utiliza de outros critérios e preferências para escolher a instalação? Além disso, os clientes podem agir individualmente ou em grupos.

Um problema clássico de localização é o problema da p -mediana. Esse problema, na sua forma mais simples é caracterizado pelo tipo de instalações e sua localização com o cliente. As instalações a localização não têm restrições de capacidade. O número de instalações é definido de acordo com um parâmetro p , e oferecem o mesmo tipo de serviço. Os clientes exigem uma quantia fixa de bens ou serviços, conforto e sempre escolhem para ser atendidos, pela instalação mais próxima de sua localização. A relação com os locais é expressa através de uma função distância que representa o caminho mais curto na rede para chegar a sua localização (REZENDE, 2003).

Com alguma frequência, empresários ou grandes investidores se deparam com situações onde existe a necessidade de escolher alternativas. Algumas vezes, estas escolhas podem se restringir ao conhecimento de determinados conceitos de custos. No entanto, existem outras situações onde os empresários ou grandes investidores enfrentam problemas relacionados à limitação dos recursos de produção, de distribuição, das vendas, e de outros fatores (ROSA, 2005).

Nesses casos, os empresários necessitam de ferramentas mais apropriadas, de modo a contornar esses fatores limitativos para tomar decisões, controlar as operações e simular desempenhos. Neste caso, se faz necessário à utilização da Programação Linear como uma técnica matemática, que permitirá o subsídio na escolha da melhor decisão.

Em qualquer ramo do saber, uma teoria é um conjunto de idéias, experiências, propriedades, fenômenos causais, teoremas, etc. de modo que torne o todo coerente. Estas teorias são desenvolvidas com o intuito de explicar um maior número de fatos ou fenômenos mediante leis gerais ou universais. Toda teoria, pela sua natureza, é abrangente e geral.

Partindo da realidade observada, analisada através de uma ótica coerente com uma determinada postura teórica, procura-se identificar os elementos e relações relevantes do sistema. Com esses elementos e relações estruturadas através de linguagens formais matemática, analógica, gráfica etc. Constroem-se uma representação do **sistema** real, que é chamada de **modelo** (ALVARENGA 2001).

Segundo Alvarenga (2001), um modelo apresenta apenas uma visão ou cenário de um fragmento do todo. Normalmente, para estudar um determinado fenômeno complexo, criam-se vários modelos com a intenção de construir um quadro simplificado da realidade. Um modelo matemático é uma representação ou interpretação simplificada da realidade, ou uma interpretação de um fragmento de um sistema, segundo uma estrutura de conceitos mentais ou experimentais. Os modelos matemáticos são utilizados praticamente em todas as áreas científicas, como, por exemplo, na biologia, química, física, economia, engenharia e na própria matemática pura.

Na aplicação de modelos é comum usar de algoritmos e processos heurísticos. Um algoritmo é uma seqüência finita de instruções bem definidas e não-ambíguas; cada uma das quais pode ser executada mecanicamente num período de tempo finito e com uma quantidade de esforço finita. O conceito de algoritmo é freqüentemente ilustrado quando, por exemplo, utilizamos de uma receita de cozinha, embora muitos algoritmos sejam mais complexos. Eles podem repetir passos, fazer interações ou necessitar de decisões (tais como comparações ou lógica) até que a tarefa seja completada (SCHWARTZ, 1999).

Para que um algoritmo seja corretamente desenvolvido e executado tem que estar com suas premissas adequadas ao problema real a ser solucionado. Um algoritmo não representa, necessariamente, um programa de computador, e sim os passos necessários para realizar uma tarefa.

É essencial que estas premissas sejam adequadas ao sistema. Caso contrário, as soluções encontradas poderão ser matematicamente ótimas, porém não representam a realidade das operações (BANDEIRA, 2006).

A Pesquisa Operacional (PO) ou Investigação Operacional (IO) é um ramo interdisciplinar da matemática aplicada que faz uso de modelos matemáticos, estatísticos e de algoritmos na ajuda à tomada de decisões e problemas de logística. É usada, sobretudo, para analisar sistemas complexos do mundo real, tipicamente com o objetivo de melhorar ou aperfeiçoar o desempenho.

Nesta dissertação, optou-se por usar um modelo matemático – PLIM – para se alcançar os objetivos do mesmo. Este será explicado de forma detalhada no próximo capítulo, no qual será descrito o método e a metodologia deste trabalho.

CAPITULO III: Metodologia

Neste capítulo foi descrito o método e a metodologia utilizada para a realização deste trabalho. Construiu-se a função objetivo (PLIM) que mais se adequasse ao problema exposto neste trabalho e com isso demonstraram-se os resultados obtidos na sua aplicação.

3.1. Métodos.

Neste item serão abordados os métodos utilizados para a realização desta pesquisa, os quais foram:

- **Exploratório:** Por ser necessário ter uma visão panorâmica ou mais abrangente do problema sobre o transporte de cargas no Estado do Tocantins, ao mesmo tempo, obter dados técnicos e especificidades sobre as regiões descritas.
- **Descritivo:** Por estabelecer relações entre as diversas variáveis técnicas, econômicas, sociais e ambientais. Este tipo de pesquisa visa identificar estruturas, formas, funções e contextos.
- **Explicativo:** Busca mostrar os fatos contributivos para se apontar o ponto ótimo de implantação de usina, tendo como principal meta minimizar custos de transporte em sua logística de compras de insumos e vendas de seus produtos.
- **Matemáticos:** Este estudo utilizou-se de um modelo matemático Programação Linear Inteira Mista (PLIM), operacionalizada no Excel^R, para determinar os pontos ótimos para implantação da usina de biodiesel. Para determinação dos dados para execução do modelo (PLIM) e realização dos cenários, utilizaram-se como premissas: 1) Municípios com mais de 10.000 mil habitantes ou que possuam classificação de atividade econômica como média ou alta renda, segundo o IBGE (2009); 2) Cada município comporta

somente uma usina; 3) Municípios produtores de oleaginosas e sebo para matéria-prima; 4) Descentralização da produção; 5) Municípios próximos de modais de transporte; 6) Distância máxima de 500 km da usina até a cidade considerada como zona de consumo; 7) Capacidade de produção, da usina, máxima 10.000 mil litros por semana; 8) Todas as usinas com mesmo custo de instalação; 9) Mesma capacidade de produção e estoque para todas as usinas; 10) Quando o fornecedor de matéria prima, a zona de consumo e a usina coincidirem no mesmo ponto (município) considerou-se 1 km para o deslocamento entre elas.

- **Cenários:** Após a aplicação do modelo utilizou-se de técnicas de cenários para mostrar três opções de utilização e co-relação entre os resultados matemáticos e concluir quais seriam as melhores cidades para receber as instalações das novas usinas de biodiesel no Tocantins.

Para dar continuidades a este trabalho, utilizaram-se também os seguintes tipos de pesquisa a) Bibliográfica; b) Documental; c) Estudo de caso; d) Pesquisa de campo. Com base no relato acima, se observa que este trabalho segue uma natureza aplicada, pois propõe um estudo que pretende apontar os municípios tocantinenses que poderiam receber o investimento para implantação de usinas de biodiesel.

Os procedimentos de coleta de dados utilizados, tanto para dados qualitativos, quanto para os quantitativos foram do tipo secundário em sua maioria, mas não se isentando de ter usado alguns do tipo primário.

O estudo de caso é o Estado do Tocantins, e para a obtenção dos dados gerais e específicos de seus municípios foi pesquisado em sites do IBGE, SEPLAN, SEAGRO, IPEA e outros.

3.2. Modelos matemáticos.

Neste item optou-se primeiramente em demonstrar de modo geral o que é a programação linear e sua utilidade na resolução de problemas de localização. Após esta abordagem geral foi apresentado o modelo PLIM utilizado neste trabalho.

Os modelos matemáticos já são utilizados por diversas áreas do conhecimento para resolver questões do cotidiano. Essa análise para tomada de decisões na teoria da localização é importante pelo seu impacto social e econômico, para tanto é necessário um algoritmo de otimização.

3.2.1. Introdução à Programação Linear e sua utilização.

Sabe-se que na matemática, uma variável é uma letra do alfabeto que pode assumir diversos valores, quando estes valores são números inteiros, têm-se uma variável discreta, e quando os valores da variável são números reais têm-se uma variável contínua.

Segundo Meza (1988), os dados utilizados na solução e qualquer problema matemático podem ser dados discretos ou contínuos. Uma expressão algébrica da forma

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + \dots + a_nx_n$$

onde os a_i são constantes e os x_i são variáveis para $i = 1, 2, 3, \dots, n$, é chamada de expressão algébrica linear.

Quando y for uma constante e $n = 2$, sua representação geométrica é uma reta. Quando $n = 3$ sua representação é um plano e quando $n \geq 4$ sua representação é um hiperplano. Um conjunto de expressões algébricas lineares da mesma natureza com um mesmo número de variáveis determina um sistema de equações lineares. Segundo Teofiloff (2005), um problema da álgebra linear é o da inversão

das operações de multiplicação na procura da solução de um sistema de equações lineares.

A Programação Linear (PL) é um ramo da matemática que estuda formas de resolver problemas de otimização cujas condições podem se expressar por inequações lineares, isto é, inequações do primeiro grau. Um problema de Programação Linear que tenha só duas variáveis pode ser resolvido graficamente, representado as soluções de cada uma das inequações, por um semiplano, e procurando o ponto do polígono obtido que mostra a solução ótima. Para resolver problemas de PL se procura a melhor solução (a que dá menor prejuízo, mais lucro, a que é mais eficiente, etc.). Alguns destes problemas resolvem-se procurando máximos ou mínimos de uma função, para resolver seus outros processos.

Segundo Sousa (2005), os principais desenvolvimentos teóricos da programação linear são devidos ao russo L. V. Kantorovich quem deu os primeiros passos na programação linear, em 1939, ao resolver problemas relacionados com a otimização de recursos das organizações. Kantorovich utilizou um algoritmo primitivo de programação linear para aplicação ao planejamento da produção, visava obter maior produção/lucro possível com base na utilização ótima dos recursos disponíveis. No entanto, o trabalho de Kantorovich foi desconhecido durante vinte anos, não tendo tido impacto no desenvolvimento da programação linear após a segunda guerra.

Em 1949, na época áurea, em que se utilizava, a Programação Linear, foi quando George. B. Dantzig inventou e incrementou o Método Simplex, como forma de solucionar problemas de otimização relacionados com questões de logística até de estratégia para o exército americano na segunda guerra mundial. Após a guerra a (PL) foi impulsionada para encontrar formas eficientes de desenvolver esta metodologia. Dantzig foi o primeiro a reconhecer que um programa de planejamento poderia ser expresso por um sistema de inequações lineares assim como foi o primeiro a apresentar, na forma de uma expressão matemática explícita, um critério para seleção do melhor plano ao que hoje chamamos função objetivo.

Segundo Caixeta-Filho (2004) a Programação Linear (PL) é um aprimoramento de uma técnica de resolução do sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa de um dado comportamento que deva ser otimizado. O objetivo geral da Programação Linear é otimizar (maximizar ou minimizar) uma função linear de várias variáveis, chamada de "função objetivo", sujeita a uma série de equações ou inequações lineares, chamadas "restrições".

Um problema de Programação Linear Inteira (PLI) é um problema de Programação Linear (PL) no qual todas ou alguma(s) de suas variáveis são discretas, geralmente estas variáveis são do tipo sim-ou-não, estes problemas são casos particulares de problemas de otimização.

Quando todas as variáveis estão sujeitas à condição de integralidade estamos perante um problema de Programação Linear Inteira Pura (PLIP). Porém, se apenas algumas o estão, trata-se de um problema de Programação Linear Inteira Mista (PLIM). Embora a Programação Inteira (PI) inclua também a Programação Não-Linear Inteira, em praticamente todos os modelos da vida real se preserva a estrutura linear das funções, pelo que quase não existe diferença entre a PI e a PLI (GOLDBARG, 1994).

Os modelos de PLI serão então do tipo dos modelos de PL, sujeitos às restrições adicionais lineares, indicando que algumas ou todas as variáveis são discretas, conforme se pode ver no exemplo seguinte:

$$\begin{array}{l}
 \text{(PI)} \quad \left| \begin{array}{l}
 \max Z = 4x_1 - 1x_2 \\
 \text{sujeito as restrições} \\
 2x_1 + 1x_2 \leq 3 \\
 5x_1 + 1x_2 \leq 1 \\
 x_1, x_2 \geq 0 \text{ e são variáveis discretas}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Aqui, a função objetivo é do tipo $z = f(x_1, x_2) = 4x_1 - ix_2$, que no espaço tridimensional representa uma superfície plana pontilhada, pois as variáveis são somente números inteiros. As restrições $2x_1 + ix_2 \leq 3$, $5x_1 + ix_2 \leq 1$ e $x_1, x_2 \geq 0$ que também são de números inteiros são limitações para analisar o problema somente numa região limitada e poder assim obter o máximo valor desejado.

O correspondente problema de PL (relaxação do PI, dado que se “estende” o domínio das variáveis de decisão de discreta para contínua) é:

$$\begin{array}{l}
 \text{(PL)} \quad \left| \begin{array}{l}
 \max Z = 4x_1 - ix_2 \\
 \text{sujeito as restrições} \\
 2x_1 + ix_2 \leq 3 \\
 5x_1 + ix_2 \leq 1 \\
 x_1, x_2 \geq 0 \text{ são variáveis contínuas.}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Neste caso é o mesmo problema anterior, porém as variáveis são todas em números reais, $z = f(x_1, x_2) = 4x_1 - ix_2$, no espaço tridimensional representa uma superfície plana sólida,

Existe um caso especial de variáveis inteiras: as variáveis binárias que apenas podem tomar os valores 0 (zero) ou 1 (um). Quando todas as variáveis de um modelo são binárias, o modelo diz-se de Programação Inteira Binária. As variáveis binárias são muito úteis para expressarem situações dicotômicas (sim-ou-não, fazer ou não fazer, etc.).

A formulação do problema a ser resolvido por programação linear segue alguns passos básicos.

- O objetivo básico do problema em estudo deve ser bem definido, ou seja, a otimização a ser alcançada. Tal objetivo será representado por uma função objetivo (modelo matemático), a ser maximizada ou minimizada;

- Para que esta função objetivo seja matematicamente especificada, devem ser definidas as variáveis de decisão envolvidas. Normalmente, impõe-se que todas estas variáveis possam assumir somente valores positivos;
- As variáveis normalmente estão sujeitas a uma série de restrições, normalmente representadas por inequações.

3.2.2. Programação Linear Inteira

A programação linear inteira serve para resolver problemas que apresentam número de itens, como pessoas, casas, carros, livros, etc. todas suas variáveis são restritas a números inteiros. Para o problema de localização, pode-se usar o seguinte exemplo: Pretender instalar usinas de fabricação de biodiesel para servir m clientes (municípios), que não podem ser integralmente abastecidos pela mesma usina; dos n locais possíveis para a instalação das mesmas, os quais devem ser escolhidos de forma que o custo total de instalação e de abastecimento seja mínimo.

As variáveis de decisão são as seguintes:

$X_j = 1$, se o local j é escolhido para a instalação de uma usina.

0, se não for escolhido

Y_{ij} = fração da procura do cliente i satisfeita pelo local j (variável real)

$i = 1, 2, 3, \dots, m$, $j = 1, 2, 3, \dots, n$

c_j = custo de instalação de uma usina no local j

h_{ij} = custo de satisfazer a procura total de i a partir de j

e o modelo de PLI que representa o custo total é como se segue:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j X_j + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m h_{ij} Y_{ij}$$

Esta é uma função de várias variáveis.

O problema a resolver, neste exemplo, consiste em minimizar esta função custo Z para a instalação das usinas. Isto é, achar quais das n usinas a serem instaladas ocasionam menores gastos na sua construção. Para a resolução de problemas deste tipo, além da função objetivo Z e das restrições, são acrescentadas condições de integralidade

$$\min Z = \min \left\{ \sum_{j=1}^n X_j + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m Y_{ij} \right\}$$

sujeita as seguintes restrições;

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = 1, \text{ para todo cliente } i = 1, 2, 3, \dots, m$$

a procura do cliente i deve ser satisfeita, onde nossas variáveis representam e satisfazem as condições:

$$Y_{ij} \leq X_j$$

$$X_j \in \{0, 1\}$$

O problema do exemplo precedente é basicamente um problema de Programação Linear Inteira, as variáveis X_j e Y_{ij} representam números inteiros. As letras c_j e h_{ij} não necessariamente devem ser números inteiros (não são as variáveis do problema).

3.2.3. Programação Linear Inteira Mista (PLIM).

A programação Linear Inteira Mista (PLIM) é a metodologia mais comum usada em modelos de localizações comerciais, a grande vantagem da programação inteira é permitir que sejam incluídos na análise os custos fixos, bem como diferentes níveis de custos variáveis para as instalações. A variável continua corresponde às variáveis de processo (temperatura, peso, medida, distância, etc.).

Os modelos baseados na Programação Linear inteira mista têm solução mais complexa em relação àqueles que utilizam a Programação Linear (HAFFNER, 2007).

- Na Programação Linear, existem condições necessárias e suficientes de otimização teoricamente provadas que podem ser utilizadas para testar eficientemente se uma dada solução viável é uma solução ótima ou não. Estas condições têm sido utilizadas para desenvolver métodos algébricos tais como o simplex e outros métodos para resolver problemas da Programação Linear.
- Na PI e a PLIM não existem condições de otimização conhecidas para testar se uma dada solução viável é ótima a não ser através da comparação explícita ou implícita desta solução com cada uma das soluções viáveis do problema. Este é o motivo pelo quais estes são resolvidos por intermédio de métodos de enumeração que buscam solução ótima no conjunto de soluções viáveis.

Assim, utilizando o tema de estudo desta dissertação como exemplo, pode-se supor que existem n pontos elegíveis (n -máximo) para a instalação das usinas e desejamos instalar certa quantidade de usinas (n -mínimo), sabendo que existem m pontos (municípios) que devem ser atendidos pelas usinas. Devido às restrições econômicas, o número de usinas a serem instaladas deve ser superior ao n -mínimo e inferior ao n -máximo. Supondo que cada usina possui uma capacidade máxima de produção e estoque q_j e cada cliente tem uma demanda r_i , que deve ser integralmente atendida, utiliza-se, então, uma variável aleatória (0 ou 1) para representar a decisão de instalar uma usina em cada um dos n pontos possíveis:

$$X_i = \begin{cases} 1, & \text{se o local } j \text{ é escolhido para a instalação de uma usina} \\ 0, & \text{se não} \end{cases}$$

e uma variável contínua Y_{ij} que representa o percentual da demanda do cliente j que foi atendida pela usina i .

$$i = 1, 2, 3, \dots, m, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Associam-se um custo fixo de instalação da usina f_j a cada um dos n pontos, que representa o custo de construção da usina e os custos fixos de operação. O custo de transporte de produtos entre o depósito (da usina) e o cliente, os custos variáveis de operação e suprimentos do depósito (inclusive o custo de transporte de produtos entre os pontos de suprimentos primários e os depósitos) são representados pelo custo variável de suprimentos (h_{ij}). Pode-se, então, formalizar o problema de localização das usinas através da função-objetivo e do conjunto de restrições a seguir:

$$\min Z = \min \left\{ \sum_{j=1}^n X_j + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m h_{ij} Y_{ij} \right\} \quad \text{minimizar o custo total}$$

sujeita às restrições;

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = 1, \quad \forall \text{ cliente } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3.0)$$

$$\sum_{i=1}^m r_j \leq t_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.1)$$

a procura do município i deve ser satisfeita apenas pela usina selecionada

$$Y_{ij} \leq X_j$$

$$n\text{-mínimo} \leq \sum_{i=1}^m X_i \leq n\text{-máximo} \quad (3.2)$$

$$X_i \in \{0, 1\} \text{ onde:}$$

c_j = custo de instalação de uma usina no local j

h_{ij} = custo de satisfazer a procura total de i a partir de j

A igualdade (3.0) garante que todos os clientes (municípios) serão totalmente atendidos. A expressão (3.1) garante que nenhuma usina ultrapassará sua produção máxima. A equação (3.2) determina que o número de usinas esteja limitado ao intervalo (n -mínimo, n -máximo).

3.3. Determinação dos pontos ótimos e análise dos resultados.

O território do Estado do Tocantins está dividido em duas mesorregiões: a mesorregião oriental e a mesorregião ocidental. Para a análise das condições de instalação das usinas no Estado do Tocantins, consideram-se inicialmente três variáveis primárias que são: (i) Municípios produtores da matéria prima (ii) Pontos de localização (iii) Compradores do produto final e atividade econômica do local.

A mesorregião ocidental do Estado está formada pela união de 93 municípios agrupados em cinco microrregiões, que são:

- (M11) Araguaína;
- (M12) Bico do Papagaio;
- (M13) Gurupi;
- (M14) Miracema do Tocantins;
- (M15) Rio Formoso.

A mesorregião oriental do Estado do Tocantins é formada pela união de 46 municípios agrupados em três microrregiões:

- (M21) Dianópolis;
- (M22) Jalapão;
- (M23) Porto Nacional.

Pelos dados do apêndice 3.2, os municípios produtores de matéria-prima a serem considerados são:

- Microrregião (M11): Araguaína, Nova Olinda, Palmeirante.
- Microrregião (M12): Darcinópolis.
- Microrregião (M13): Gurupi, Alvorada; Brejinho de Nazaré, Figueirópolis.
- Microrregião (M14): Guaraí, Presidente Kennedy, Brasilândia do Tocantins, Tupirama, Tupiratins,

- Microrregião (M15): Lagoa da Confusão, Formoso do Araguaia, Araguaçu.
- Microrregião (M21) Dianópolis, Santa Rosa do Tocantins,
- Microrregião (M22) : Campos Lindos, Mateiros.
- Microrregião (M23): Porto Nacional, Monte do Carmo Pedro Afonso, Bom Jesus do Tocantins, Silvanópolis, Santa Maria do Tocantins.

Pelas características geográficas do Estado do Tocantins (veja apêndice 2), os pontos de localização para a análise serão considerado os seguintes municípios:

- Microrregião (M11): Araguaina, Arapoema;
- Microrregião (M12): Tocantinópolis, Araguatins;
- Microrregião (M13): Gurupi, Peixe, Alvorada;
- Microrregião (M14): Guarai, Araguacema, Tupiratins, Palmeirópolis, Caseara;
- Microrregião (M15): Lagoa da confusão, Formoso do Araguaia, Araguaçu,
- Microrregião (M21): Arraias, Dianópolis, Conceição do Tocantins, Paraná, Natividade, Santa Rosa do Tocantins.
- Microrregião (M22): Campos lindos, São Felix do Tocantins,
- Microrregião (M23): Porto Nacional, Santa Maria do Tocantins).

3.3.1. Zona de consumo

A zona de consumo foi escolhida, segundo as premissas que os municípios têm que ter mais de 10.000 habitantes (veja apêndice 3.1) ou pela sua classificação da atividade econômica segundo o IBGE (2009).

A tabela 3.1 mostra os principais municípios, segundo a quantidade de habitantes. A tabela 3.1 mostra os vinte e dois pontos ótimos para a comercialização do biodiesel e a microrregião nas quais estão inseridas. Outro dado importante para

a classificação da zona de consumo é a atividade econômica de cada município, como mostra a tabela 3.2.

Tabela 3.1: Vinte e dois municípios do Estado do Tocantins, classificados na ordem decrescente pelo número de habitantes e microrregião.

	Pontos ótimos para a comercialização	Habitantes	Classificação Microrregião
1.	Palmas	178.386	M23
2.	Araguaína	115.759	M11
3.	Gurupi	71.413	M13
4.	Porto Nacional	45.289	M23
5.	Paraíso do Tocantins	40.290	M15
6.	Colinas do Tocantins	29.298	M11
7.	Araguatins	25.973	M12
8.	Guarai	21.669	M14
9.	Tocantinópolis	21.334	M12
10.	Miracema do Tocantins	19.683	M14
11.	Dianópolis	18.584	M21
12.	Formoso do Araguaia	18.225	M15
13.	Augustinópolis	14.800	M12
14.	Taguatinga	14.110	M21
15.	Miranorte	11.858	M14
16.	Goiatins	11.639	M22
17.	Xambioá	10.856	M11
18.	Arraias	10.626	M21
19.	Nova Olinda	10.518	M11
20.	Paranã	10.491	M21
21.	Pedro Afonso	10.294	M23
22.	São Miguel do Tocantins	10.221	M12

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.html>

Tabela 3.2: Trinta e dois municípios do Estado do Tocantins, classificados pela sua atividade econômica.

UF Município	Classificação Econômica
1. Palmas	Alta Renda
2. Araguaína	Média Renda Superior
3. Gurupi	Alta Renda
4. Porto Nacional	Média Renda Inferior
5. Paraíso do Tocantins	Alta Renda
6. Colinas do Tocantins	Média Renda Superior
7. Araguatins	Média Renda Inferior
8. Guaraí	Média Renda Superior
9. Tocantinópolis	Média Renda Inferior
10. Miracema do Tocantins	Alta Renda
11. Dianópolis	Média Renda Inferior
12. Formoso do Araguaia	Média Renda Superior
13. Augustinópolis	Média Renda Inferior
14. Taguatinga	Média Renda Inferior
15. Miranorte	Média Renda Superior
16. Goiatins	Baixa Renda
17. Xambioá	Média Renda Inferior
18. Arraias	Média Renda Superior
19. Nova Olinda	Média Renda Inferior
20. Paranã	Média Renda Inferior
21. Pedro Afonso	Média Renda Superior
22. São Miguel do Tocantins	Baixa Renda
23. Ananás	Média Renda Inferior
24. Wanderlândia	Média Renda Inferior
25. Sítio Novo do Tocantins	Baixa Renda
26. Natividade	Média Renda Superior
27. Araguaçu	Média Renda Superior
28. Palmeirópolis	Média Renda Superior
29. Alvorada	Média Renda Superior
30. Arapoema	Média Renda Superior
31. Araganã	Média Renda Superior
32. Talismã	Alta Renda

Fonte: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.html>

Se observar o município de Sitio Novo do Tocantins, não se encontra nas tabelas 3.1 e 3.2 o município está como baixa renda, mas é um município que fica localizado ao extremo Norte do Tocantins, vizinha de mais 4 municípios pertencentes ao Tocantins com distância inferior a cada município de 40 quilômetros, e outros 3 municípios no Estado do Maranhão, também com distancia inferior a 50 quilômetros. Este é a única exceção à regra ou as premissas em relação à zona de consumo.

Com os dados de população e classificação econômica destes principais pontos de distribuição obtivemos um grupo de 32 pontos. Para esses pontos de distribuição foi estimado que a quantidade de veículos para consumo de biodiesel seria multiplicada por 0, 125 do número de habitantes. Por exemplo, no município de Araguaína para um total de 115.759 habitantes, teríamos 14.702 veículos que seriam os consumidores do biodiesel. Observando que os veículos considerados são tantos de passeio como de grande porte (tratores, caminhões) e a variável 0, 125 foi considerada igual para todos.

Estes 32 pontos de zona de consumo serão classificados em nossa função objetivo com o indicador $i = 1, 2, 3, \dots, 30, 31, 32$. Assim tem-se que:

Quadro 3.1: Exemplos de classificação de i .

	Araguaina	Nova Olinda	Colinas do Tocantins	Xambioá	São Miguel do Tocantins	.	.	.	.	.	.	.	Ananás	Araguaçu	Sítio Novo do Tocantins
$i =$	1	2	3	4	5	.	.	.	.	.	.	.	30	31	32

3.3.2. Fornecedores da matéria prima

Todos os municípios que foram citados, na tabela 3.3, são capazes de fornecer grãos. Os municípios da tabela 3.4 foram considerados pela sua capacidade de ofertar sebo.

Observa-se que, nas tabelas citadas alguns municípios podem fornecer, tanto oleaginosa quanto sebo para as usinas. Os dados das tabelas 3.3 e 3.4 serão considerados para determinar os pontos da zona de fornecedor da matéria prima para a localização das usinas.

Tabela 3.3: Produção de grãos em toneladas

MUNICÍPIOS	2003/2007 Grãos em Toneladas	MUNICÍPIOS	2003/2007 Grãos em Toneladas
1. Araguaína	1200	14. Formoso do Araguaia	23.460
2. Nova Olinda	15520	15. Araguaçu	6.745
3. Palmeirante	5390	16. Lagoa da Confusão	141.904
4. Darcinópolis	16000	17. Dianópolis	32.125
5. Gurupi	3295	18. Santa Rosa do Tocantins	19.150
6. Brejinho de	11600	19. Mateiros	75.382
7. Figueiropolis	11927	20. Campos Lindos	27.324
8. Alvorada	7490	21. Porto Nacional	134.800
9. Guarai	24250	22. Monte do Carmo	216.824
10. Brasilândia	16780	23. Bom Jesus do Tocantins	15.790
11. Tupirama	18115	24. Pedro Afonso	86.500
12. Tupiratins	8025	25. Silvanópolis	22.600
13. Presidente	15860	26. Santa Maria do Tocantins	12.610

Fonte: IBGE (2009)

A tabela 3.3 demonstra a produção de grãos (toneladas) dos diferentes municípios do Estado do Tocantins.

Todos os municípios expostos nas tabelas 3.3 e 3.4 têm grande potencial para produzir matéria-prima para as usinas de biodiesel. Alguns produzem grãos e outros sebo ou ambos. Ao fazer uma comparação de produção de grãos no Estado do Tocantins, a soja ainda é a que predomina em área plantada e colhida

Tabela 3.4: Produção de cabeça de gado entre 2003 e 2007

MUNICIPIOS	2003/2007	MUNICIPIOS	2003/2007
1. Araguaína	225.000	14. Formoso do Araguaia	202.420
2. Nova Olinda	65.000	15. Araguaçu	284.200
3. Palmeirante	40.200	16. Lagoa da Confusão	109.580
4. Darcinópolis	19.800	17. Dianópolis	32.000
5. Gurupi	93.240	18. Santa Rosa do Tocantins	22.750
6. Brejinho de Nazaré	69.225	19. Mateiros	4.310
7. Figueiropolis	90.650	20. Campos Lindos	19.000
8. Alvorada	82.500	21. Porto Nacional	115.600
9. Guaraí	83.000	22. Monte do Carmo	76.100
10. Brasilândia	30.000	23. Bom Jesus do Tocantins	21.500
11. Tupirama	5.800	24. Pedro Afonso	19.000
12. Tupiratins	11.300	25. Silvanópolis	32.100
13. Presidente Kennedy	36.000	26. Santa Maria do Tocantins	22.500

Fonte: IBGE (2009)

A seguir na tabela 3.5 temos uma relação mostrando os frigoríficos instalados no Tocantins com sua capacidade ao dia de abate.

Tabela 3.5: Capacidade de abate nos frigoríficos dos respectivos municípios.

Frigorífico	Municípios	Capacidade/dia
Assocarne	Araguaína	150
Frigopalmas	Palmas-	150
Ideal	Porto Nacional	100
Paulon & Maia	Gurupi	130
Frigostar	Gurupi	200
Frigorífico Bom Boi Ltda	Paraíso do Tocantins-	240
Frinorte Alimentos Ltda.	Araguaína	661
Frigorífico União Ltda	Colinas do Tocantins	320
Cooperativa Produtos de Carne e Derivados	Gurupí	640
Boiforte Frigoríficos Ltda.	Araguaína	600
Frigorífico Centro Oeste SP Ltda	Paraíso do Tocantins	480
S.B.S. Indústria e Comércio de Derivados de Carne Ltda	Araguaína	640
Indústria e Comércio de Carnes Boi Sul Ltda. – ME	Araguaçu	240

Fonte: Unitins (2009). www.unitins.edu.br

Na tabela 3.5 observa-se que o município de Araguaína tem a maior concentração de frigoríficos.. A seguir na tabela 3.6 será descrito um resumo dos municípios que produzem algum tipo de matéria-prima. Foi considerada área plantada, colhida, produzida entre outros. Os dados completos poderão ser encontrados no apêndice 3.2. Após serem considerados os municípios pela sua capacidade de produção de matéria-prima, os mesmos foram, também, analisados pela sua localização geográfica, considerando o transporte terrestre, fluvial e ferroviário. Assim como os locais próximos à produção de matéria prima, consideramos os 26 pontos ótimos como se mostra na tabela 3.7. Cada fornecedor da matéria prima identifica-se com um código numérico $k = 1, 2, 3, \dots, 23, 24, 25, 26$.

Tabela 3.6: Produção de matéria prima.

Unidades da Federação, Mesorregiões, Microrregiões e os Municípios	Área Plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)	Valor (1000 R\$)
Soja (em grão)					
Tocantins	304 096	304 096	731 672	2 406	322.064
Ocidental do Tocantins	106 156	106 156	260 909	2 457	118.611
Bico do Papagaio	3 800	3 800	9 760	2 568	4.213
Darcinópolis	3 600	3 600	9 360	2 600	4.053
São Bento do Tocantins	200	200	400	2 000	160
Araguaína	10 250	10 250	24 869	2 426	12.355
Arapoema	760	760	1 900	2 500	950
Bandeirantes do Tocantins	280	280	700	2 500	350
Colinas do Tocantins	240	240	600	2 500	300
Nova Olinda	5 700	5 700	13 680	2 400	6.840
Palmeirante	2 850	2 850	7 125	2 500	3.563
Santa Fé do Araguaia	300	300	540	1 800	216

Fonte: IBGE (2009)

Esses municípios, além de terem capacidade de produção de matéria-prima, têm outro diferencial que é a sua localização, que propicia o escoamento do produto final e o recebimento de matéria-prima, utilizando um ou vários tipos de modais disponíveis no Estado do Tocantins. Assim alguns estão próximos da rodovia, outros da hidrovía e assim por diante

Tabela 3.7: Pontos ótimos em condições de fornecer matéria prima para a fabricação o biodiesel.

Indicador k=	Fornecedor de matéria prima	Classificação Microrregião
1	Araguaina	M11
2	Nova Olinda	M11
3	Palmeirante	M11
4	Darcinópolis.	M12
5	Gurupi	M13
6	Brejinho de Nazaré	M13
7	Figueirópolis	M13
8	Alvorada	M13
9	Guarai	M14
10	Brasilândia do Tocantins	M14
11	Tupirama	M14
12	Tupiratins	M14
13	Presidente Kennedy	M14
14	Formoso do Araguaia	M15
15	Araguaçu.	M15
16	Lagoa da confusão	M15
17	Dianópolis	M21
18	Santa Rosa do Tocantins	M21
19	Mateiros	M22
20	Campos lindos	M22
21	Porto Nacional	M23
22	Monte do Carmo	M23
23	Pedro Afonso	M23
24	Bom Jesus do Tocantins	M23
25	Silvanópolis	M23
26	Santa Maria do Tocantins	M23

3.4. Instalação das usinas

O ponto ótimo para instalação de uma usina de biodiesel será aquele que possa cumprir os requisitos de proporcionar o menor custo de instalação, maior facilidade com menor custo de escoamento da produção, assim como o recebimento da matéria-prima e estar perto do centro de consumo e da aquisição de mão-de-obra.

Neste trabalho, pelo tempo disponível para realizá-lo, somente foi considerado a possibilidade de diminuir o custo de transporte tanto para o

recebimento da matéria-prima, quanto para o escoamento da produção final e estar perto do centro de consumo

A tabela 3.8 é parte dos apêndices 4.3 e 4.4 e mostra as distâncias terrestres entre alguns municípios do Estado.

Tabela 3.8: Distância terrestre entre alguns municípios do Estado do Tocantins.

Distância entre municípios (km)											
	Miracema do Tocantins	Formoso do Araguaia	Paraíso do Tocantins	Dianópolis	Arraias	Paraná	Taguatinga	Goiatins.	Porto Nacional	Pedro Afonso	Palmas
Araguaina	284	608	437	761	1024	734	747	232	485	245	376
Arapoema;	268	581	348	698	766	697	736	267	450	233	376
Tocantinópolis	429	753	582	906	1169	879	749	377	630	390	525
Araguatins	537	861	690	1014	1277	987	898	485	738	498	616
Gurupi	271	73	98	226	489	199	342	588	182	326	246
Alvorada	336	107	256	336	413	289	339	678	272	416	336
Peixe	325	146	213	150	363	127	269	634	251	421	319
Guarai	91	392	128	551	574	580	505	226	267	56	176
Araguacema	213	470	304	605	667	560	585	381	357	182	297
Caseara	234	346	186	510	773	481	578	387	265	228	257
Palmeirópolis	468	270	171	242	223	89	261	738	294	500	458
Tupiratins	128	452	168	605	868	519	534	126	294	76	231
Lagoa da confusão	179	603	126	333	596	317	437	472	145	294	109
Formoso do Araguaia	335	0	171	299	562	232	397	571	187	395	318
Araguaçu.	448	141	368	413	364	248	420	786	332	527	433
Dianópolis	526	300	353	1	207	174	104	483	232	376	355
Arraias	760	562	587	213	1	120	96	701	336	508	425
Paraná	470	272	297	217	128	1	175	606	250	448	363
Natividade	414	216	241	112	174	110	175	492	146	350	234
Conceição do Tocantins	486	298	323	112	105	93	106	553	237	412	286

Pela análise da subsecção 3.2.3 o modelo adequado para nosso propósito é dado pela função objetivo

$$Z = \sum_{j=1}^{25} \sum_{k=1}^{26} C_{kj} U_{kj} + \sum_{j=1}^{25} \sum_{i=1}^{32} D_{ij} w_i X_{ji} + \sum_{j=1}^{25} \sum_{r=1}^R F_{rj} Y_{rj}$$

Onde as variáveis e parâmetros utilizados respeitam a seguinte nomenclatura mostrada na tabela 3.9:

Tabela 3.9: Variáveis do Modelo de Otimização.

Variáveis	Definições
i	Índice de zona de consumo, $i = 1, \dots, 32$
j	Índice de usina, $j = 1, \dots, 25$
k	Índice do fornecedor da matéria prima, $k = 1, \dots, 26$
r	Índice do nível de capacidade disponível para as usinas, $r = 1, \dots, R$
Variáveis de Entrada (valores fixados)	
D_{ij}	Custo unitário de transporte da usina <i>j</i> para a zona de consumo <i>i</i> (R\$/unid)
C_{kj}	Custo unitário de transporte do fornecedor <i>k</i> para a usina <i>j</i> (R\$/unid)
F_{rj}	Custo fixo para a instalação da usina <i>j</i> com nível de produção <i>r</i> (R\$/período)
w_i	Demanda média por produto na zona de consumo <i>i</i> (unid/período)
q_{rj}	Capacidade de armazenagem da usina <i>j</i> com nível de capacidade de produção <i>r</i> (litros)
v_k	Capacidade de produção do fornecedor <i>k</i> (unid/período)
Variáveis de Saída (variáveis de decisão)	
U_{kj}	Quantidade de produto transportado do fornecedor <i>k</i> para a usina <i>j</i> (toneladas) suficiente para produzir 10.000 litros de biodiesel
Z	Custo total (R\$/período)
Variável Binária (variáveis de decisão)	
Y_{rj}	1, se a usina <i>j</i> com capacidade <i>r</i> tem biodiesel para pronta entrega; zero, caso contrário
Variável Contínua (variáveis de decisão)	
X_{ji}	Valor entre zero e 1, se a zona de consumo <i>i</i> recebe o produto da usina <i>j</i> (distante entre elas menos de 500km); zero, caso contrário (distância entre elas mais de 501km)

Nosso objetivo é minimizar nossa função objetivo, isto é, estudar o resultado da função:

$$\text{mín. } Z = \sum_{j=1}^{25} \sum_{k=1}^{26} C_{kj} U_{kj} + \sum_{j=1}^{25} \sum_{i=1}^{32} D_{ij} w_i X_{ji} + \sum_{j=1}^{25} \sum_{r=1}^R F_{rj} Y_{rj} \quad (3.1)$$

As restrições para este modelo são:

$$\sum_{j=1}^{25} X_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, 32 \quad (3.2)$$

Esta equação (3.2) restringe o abastecimento da demanda de cada zona de consumo i por algumas usinas j (fornecedores), foi considerada a produção total semanal, representado pela unidade. Observe no apêndice 4.4, o município de Araguaína fica somente com o 80% de sua produção e distribui os outros 20% para o município de Wanderlândia.

Segundo a mesma tabela do apêndice 4.4 tem a previsão da demanda de Palmas seja de 60 mil litros por semana fornecida pelas usinas de: Peixe 8.000 litros, Lagoa da Confusão 10.000 litros; Dianópolis 1.000 litros; Arraias 3.000 litros; Natividade 8.000 litros; Conceição do Tocantins 10.000 litros; Santa Rosa do Tocantins 10.000 litros; São Felix do Tocantins 10.000 litros.

$$\sum_{j=1}^{25} w_i X_{ij} \leq \sum_{r=1}^R r_j Y_{rj} \quad \forall j = 1, 2, 3, \dots, 25 \quad (3.3)$$

A restrição representada pela equação (3.3) garante que a demanda das zonas de consumo seja inferior à capacidade entregue pelos fornecedores j . Estamos trabalhando com uma previsão de entrega diferenciada para cada municípios.

$$\sum_{r=1}^R r_j Y_{rj} \leq 1 \quad \forall j = 1, 2, 3, \dots, 25 \quad (3.4)$$

A equação (3.4) permite que, no máximo 10.000 litros de capacidade semanal sejam atribuídos a cada usina. Em todo este trabalho se considera a capacidade de produção r_j constante para todas as usinas, pois todas têm a mesmas características de produção e têm estoque suficiente para a entrega.

$$\sum_{i=1}^{32} w_i X_{ij} \leq \sum_{k=1}^{26} U_{kj} \quad \forall j = 1, 2, 3, \dots, 25 \quad (3.5)$$

A equação (3.5) assegura que a soma da demanda das zonas de consumo i não ultrapasse a capacidade de produção da usina j com a matéria-prima (sebo,

grãos) recebida de todos os fornecedores k , supor que com cinco toneladas de matéria prima se obtenha 10.000 litros de biodiesel.

$$\sum_{j=1}^{25} U_{kj} \leq v_k \quad \forall k = 1, 2, 3, \dots, 26 \quad (3.6)$$

A equação (3.6) garante que a quantidade do produto distribuída pela usina j seja inferior à capacidade de produção do fornecedor de matéria prima k .

$$Y_{rj} \in \{0, 1\} \quad (3.7)$$

A equação (3.7) é a variável binária inteira positiva, será um, se a usina j com capacidade r tem biodiesel para pronta entrega; zero em caso contrário.

$$U_{ij} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, 22, \quad \forall j = 1, 2, 3, \dots, 25 \quad (3.8)$$

A equação (3.8) indica que a quantidade de produto transportado do fornecedor k para a usina j (toneladas), sempre existirá. Será considerada uma distância mínima de um quilômetro quando o fornecedor k da matéria prima é do mesmo ponto da instalação da usina j . (ver tabela 3.10)

Tabela 3.10: Custo unitário de transporte do fornecedor k para a usina j (R\$0,75/tonelada).

		Fornecedor de matéria prima										
		Araguaina	Nova Olinda	Palmeirante	Darcinópolis.	Gurupi	Brejinho de Nazaré	Figueirópolis	Alvorada	Guarai	Brasilândia do Tocantins	Tupirama
Instalação de usinas	C_{jk}											
	Araguaina	0,75	43,5	72	64,5	401	351	512	468	145	110	169
	Arapoema	110	75	104	145	374	311	412	444	133	84	143
	Tocantinópolis	125	152	146	51	510	443	554	577	254	219	260
	Araguatins	190	233	209	101	591	546	600	667	335	261	314
	Gurupi	401	358	371	527	0,75	79,5	41,3	67,5	257	311	274
	Alvorada	468	425	440	542	67,5	143	35,3	0,75	305	380	333
	Peixe	456	413	388	546	54,8	92,3	63,8	73,5	302	334	290
	Guarai	145	101	102	212	257	205	309	339	0,75	44,3	34,5
	Araguacema	339	296	178	260	250	228	308	340	94,5	104	124
Caseara	395	372	234	310	213	209	280	313	167	163	170	

Sabe-se que a variável C_{kj} representa o custo unitário de transporte por tonelada e quilômetro transportado de matéria prima do fornecedor k para a usina j ,

ao preço de mercado R\$ 0,75 tonelada a cada quilômetro transportado (ver apêndice 4.3). Parte desses resultados mostra-se a seguir na tabela 3.10. Supõe-se que a quantidade transportada de matéria prima U_{kj} seja constante e igual a cinco toneladas diárias (k para a usina j), assim obtêm-se $C_{kj} U_{kj}$ que será a primeira componente de nossa função objetivo (3.1). O custo parcial ocasionado pelo transporte do fornecedor k , até a usina j mostra-se na tabela 3.9.

Sendo a variável $U_{kj} = 5$ toneladas, a quantidade de produto transportado do fornecedor k para a usina j (em toneladas) assim têm-se o custo preliminar $C_{kj} U_{kj}$, (apêndice 4.5). Um resultado parcial mostra-se na tabela 3.11.

Tabela: 3.11: Custo total de transporte da matéria prima do fornecedor k para a usina j (R\$/5000quilos)

		Fornecedor de matéria prima							
$C_{jk}U_{jk}$		Araguaina	Nova Olinda	Palmeirante	Darcinópolis.	Gurupi	Brejinho de Nazaré	Figueirópolis	Alvorada
Instalação de usinas	Araguaina	3,75	2.17,5	360	3.225	2.005	1.755	2.560	2.340
	Arapoema	5.50	375	520	725	1.870	1.555	2.060	2.220
	Tocantinópolis	6.25	760	730	255	2.550	2.215	2.770	2.885
	Araguatins	9.50	1.165	1.045	505	2.955	2.730	3.000	3.335
	Gurupi	2.005	1.790	1.855	2.635	3,75	3.975	2.065	3.375
	Alvorada	2.340	2.125	2.200	2.710	3.375	715	1.765	3,75
	Peixe	2.280	2.065	1.940	2.730	2.74	4.615	319	3.675
	Guarai	725	505	510	1.060	1.285	1.025	1.545	1.695
	Araguacema	1.695	1.480	890	1.300	1.250	1.140	1.540	1.700
	Caseara	1.975	1.860	1.170	1.550	1.065	1.045	1.400	1.565
	Palmeirópolis	2.970	2.755	2.650	2.905	740	970	535	4.125
	Tupiratins	6.15	3.975	2.815	810	1.420	1.250	1.780	1.940
	Lagoa da confusão	2.325	2.110	1.555	2065	765	484	635	835
	Formoso do Araguaia	2.205	1.985	1.960	2.740	229	565	240	394

A tabela 3.11 mostra um primeiro resultado parcial para a equação (3.1), isto representa custo em reais (R\$) do transporte da matéria prima do fornecedor k para

a usina j , todos os fornecedores entregam a mesma quantidade em toneladas a todas as 25 usinas.

$$\sum_{k=1}^{26} C_{kj} U_{kj}$$

Para o caso de um fornecedor k da matéria prima ter que entregar à usina j situada no mesmo local, foi considerado uma distancia fixa de um quilômetro. O custo total dos fornecedores da matéria prima a cada um dos pontos da instalação das usinas mostra-se na tabela 3.12.

Tabela 3.12: Custo total de transporte da matéria prima do fornecedor k para cada ponto da usina j .

$\sum_{k=1}^{26} C_{kj} U_{kj}$	Instalação de usinas	Custo do transporte da matéria prima em R\$
Soma total do custo do transporte do fornecedor k da matéria prima para uma usinas j , cada fornecedor entrega uma mesma quantidade U_{kj} a cada usina	Araguaina	35.993,75
	Arapoema	34.254,00
	Tocantinópolis	48.410,00
	Araguatins	59.175,00
	Gurupi	29.719,25
	Alvorada	35.434,25
	Peixe	31.764,50
	Guarai	23.829,75
	Araguacema	31.655,00
	Caseara	32.950,00
	Palmeirópolis	42.272,50
	Tupiratins	25.285,75
	Lagoa da confusão	31.002,75
	Formoso do Araguaia	32.095,75
	Araguaçu.	43.663,75
	Dianópolis	36.703,75
	Arraias	49.855,00
	Paraná	38.575,00
	Natividade	31.069,50
	Conceição do Tocantins	37.500,00
	Santa Rosa do Tocantins	29.113,25
	São Felix do Tocantins	31.241,50
	Campos lindos	44.823,75
	Porto Nacional	27.850,75
	Santa Maria do Tocantins	28.715,75

A seguinte etapa calcula os custos com transporte do biodiesel para as zonas de consumo.

Considera-se a variável $0 < X_{ij} \leq 1$, se a zona de consumo i recebe o produto da usina j (máxima distância entre elas de 500 km); $X_{ij} = 0$, em caso contrário (mínima distância entre elas 501 km) ou para o caso em que a zona de consumo i não receba produto da usina j . O apêndice 4.4 mostra todos os valores de X_{ij} . Um resumo desse apêndice é mostrado na tabela 3.13.

Tabela 3.13: Zona de consumo.

		Zona de consumo													
		Consideremos $X_{ij} = 1$, se a zona de consumo i recebe o produto da usina j (máxima distância entre elas de 500km); zero, caso contrário													
	X_{ij}	Araguaína	Nova Olinda	Colinas do Tocantins	Xambioá	São Miguel do Tocantins	Augustinópolis	Tocantinópolis	Araguatins	Gurupi	Guarai	Miranorte	Miracema do Tocantins	Formoso do Araguaia	Paraíso do Tocantins
		Instalação de Usinas	Araguaína	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arapoema;	0,0		0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tocantinópolis	0,1		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Araguatins	0,0		0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gurupi	0,1		0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Alvorada	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Peixe	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Guarai	0,0		0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Araguacema	0,8		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Caseara	0,0		0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0
Palmeirópolis	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Tupiratins	0,2		0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Lagoa da confusão	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Por exemplo, para uma usina instalada em Araguaína, do total de sua produção, 80% (8.000 litros) ficam no ponto de consumo de Araguaína, os outros 20% (2.000 litros) são distribuídos para Wanderlândia. Assim, temos $X_{11} = 0,8$ e

$X_{1(25)} = 0,2$, como a usina localizada em Araguaina não distribui para os outros pontos de consumo tem-se que $X_{ij} = 0$. A usina de Tupiratins distribui para Araguaina 20% , logo $X_{(12)1} = 0,2$, para Nova Olinda 10%, logo $X_{(12)2} = 0,1$, para Colinas do Tocantins 20% logo $X_{(12)(11)} = 0,2$, para Miranorte 20% logo $X_{(12)(11)} = 0,2$, também distribui para Araguanã e Wanderlândia.

Os dados da w_j da tabela 3.14 são calculados tendo como referencial a população de cada cidade da tabela 3.1 e apêndice 3.1 mediante o fator de 20% do total da população para as zonas de consumo que representam os principais municípios com um bom desenvolvimento econômico e o fator de 13,33% para as outras zonas de consumo. Este número de veículos se multiplica pela quantidade média de consumo de biodiesel semanal que indica a quantidade de biodiesel necessário para abastecer cada um dos pontos da zona de consumo.

Tabela 3.14: Quantidade w_i de biodiesel em litros semanais necessária para cada zona de consumo.

i	Município/ Zona de consumo	w_i	i	Município/ Zona de consumo	w_i
1	Araguaina	23.152	17	Paraná	2.098
2	Nova Olinda	2.104	18	Taguatinga	2.822
3	Colinas do Tocantins	5.860	19	Goiatins	1.552
4	Xambioá	1.447	20	Porto Nacional	9.058
5	São Miguel do Tocantins	2.044	21	Pedro Afonso	2.059
6	Augustinópolis	1.973	22	Palmas	35.677
7	Tocantinópolis	2.845	23	Talismã	511
8	Araguatins	5.195	24	Alvorada	1.599
9	Gurupi	14.283	25	Wanderlândia	1.863
10	Guarai	4.334	26	Palmeirópolis	1.624
11	Miranorte	2.372	27	Araguanã	1.000
12	Miracema do Tocantins	3.937	28	Arapoema	1.310
13	Formoso do Araguaia	2.430	29	Natividade	1.212
14	Paraíso do Tocantins	8.058	30	Ananás	1.248
15	Dianópolis	2.478	31	Araguaçu	1.199
16	Arraias	1.417	32	Sítio Novo do Tocantins	1.242

No apêndice 4.2, pode-se observar o custo em reais para o transporte de um metro cúbico de biodiesel da usina j para a zona de consumo i . O preço a pagar por litro de combustível transportado é de R\$0,0002, a variável C_{kj} indica estes custos entre os pontos diversos. A tabela 3.15, representa um resumo do apêndice 4.2.

Tabela 3.15: D_{ji} é o custo unitário de transporte por metro cúbico transportado da usina j para a zona de consumo i e o preço do mercado R\$ 0,0002 litro por quilômetro transportado

		Zona de Consumo										
		Araguaina	Nova Olinda	Colinas do Tocantins	Xambioá	São Miguel do Tocantins	Augustinópolis	Tocantinópolis	Araguatins	Gurupi	Guarai	
Instalação de usinas	D_{ji}											
	Araguaina	1,0	11,6	21,2	27,8	48,6	57,6	33,2	53,0	107	38,6	
	Arapoema;	29,2	20	21,8	59	84,4	86,8	58,2	82,2	99,6	35,4	
	Tocantinópolis	33,2	40,6	50,2	35,6	26	26,8	10	31,4	136	57,6	
	Araguatins	530	62,2	71,8	41,8	14,2	4,6	34,8	10	157,6	39,2	
	Gurupi	1070	95,4	85,8	134,8	155,6	164,6	136	1600	1	58,4	
	Alvorada	124,8	113,2	103,6	152,6	173,4	182,4	153,8	177,8	18	31,4	
	Peixe	121,6	1100	100,4	149,4	170,2	179,2	150,6	174,6	14,6	79,2	
	Guarai	38,6	270	17,4	66,4	87,2	96,2	67,6	91,6	67,4	1	
	Araguacema	90,4	78,8	69,2	118,2	139	148	119,4	143,4	66,6	25,2	
	Caseara	105,4	93,8	84,2	77,6	154	163	134,4	158,4	56,8	44,4	
	Palmeirópolis	158,4	146,8	137,2	186,2	207	216	187	211,4	39,4	07,8	
Tupiratins	32,8	21,2	13	60,6	81,4	90,4	61,8	85,8	75,8	8		
Lagoa da confusão	124	112,4	102,8	151,8	172,6	181,6	153	177	40,8	50		

O produto do custo unitário D_{ij} de transporte da usina j para a zona de consumo i (R\$/metro cúbico), pela demanda w_i por produto na zona de consumo i (unid/período) vezes o fator X_{ij} representa o custo total de transporte de cada usina j ao ponto de distribuição i , este produto denotado por

$$D_{ij} w_i X_{ij}$$

indica os custos de distribuição de uma usina a todos os 32 pontos de zona de consumo. A soma de todos estes custos representada por

$$\sum_{i=1}^{32} D_{ij} w_i X_{ji}$$

É o custo total de transporte de cada usina a todas as zonas de consumo, o resultado desta soma pode-se apreciar na tabela 3.16.

Tabela 3.16: Parciais dos custos de transporte do biodiesel das zonas de produção as zonas de consumo.

$\sum_{i=1}^{32} D_{ij} W_i X_{ji}$	Instalação de usinas	Custo do transporte da matéria prima em R\$ reais
Soma dos custos de transporte da cada usina j para cada uma das zonas de consumo i. com demanda média w_i . Foi considerado um fator X_i que depende da quantidade de biodiesel que recebe a zona de consumo i da usina j distantes a menos de 500 km.	Araguaina	22.471,16
	Arapoema;	115.512,92
	Tocantinópolis	143.536,34
	Araguatins	15.130,30
	Gurupi	407.132,60
	Alvorada	180.663,74
	Peixe	186.2660,44
	Guarai	29.636,88
	Araguacema	169.3613,28
	Caseara	161.640,40
	Palmeirópolis	146.452,66
	Tupiratins	201.363,90
	Lagoa da confusão	777.758,60
	Formoso do Araguaia	110.665,44
	Araguaçu.	446.672,00
	Dianópolis	330.242,22
	Arraias	937.138,10
	Paraná	383.000,00
	Natividade	133.598,92
	Conceição do Tocantins	204.072,44
	Santa Rosa do Tocantins	107.744,54
São Felix do Tocantins	152.697,56	
Campos lindos	120.390,40	
Porto Nacional	9.058,00	
Santa Maria do Tocantins	142.616,32	

Com os dados da tabela 3.15 e tabela 3.16 poderá se obter a tabela 3.17 que indica os custos para obter a matéria prima e distribuir o biodiesel pronto para o consumo.

Tabela 3.17: Valores mínimos para a função objetivo.

Instalação de usinas	$\sum_{k=1}^{26} C_{kj} U_{kj}$	$\sum_{i=1}^{32} D_{ij} w_i X_{ji}$	Z
Araguaina	35.993,75	22.471,16	58.464,91
Arapoema	34.254,00	115.512,92	149.766,90
Tocantinópolis	48.410,00	143.536,34	191.946,30
Araguatins	59.175,00	15.130,30	74.305,30
Gurupi	29.719,25	407.132,60	436.851,90
Alvorada	35.434,25	180.663,74	216.098,00
Peixe	31.764,50	1.862.660,44	189.4425,00
Guarai	23.829,75	29.636,88	53.466,63
Araguacema	31.655,00	169.3613,28	1.725.268,00
Caseara	32.950,00	161.640,40	194.590,40
Palmeirópolis	42.272,50	146.452,66	188.725,20
Tupiratins	25.285,75	201.363,90	226.649,70
Lagoa da confusão	31.002,75	777.758,60	808.761,40
Formoso do Araguaia	32.095,75	110.665,44	142.761,20
Araguaçu.	43.663,75	446.672,00	490.335,80
Dianópolis	36.703,75	330.242,22	366.946,00
Arraias	49.855,00	937.138,10	986.993,10
Paraná	38.575,00	38.300,08	421.575,10
Natividade	31.069,50	1.335.989,28	1.367.059,00
Conceição do Tocantins	37.500,00	2.040.724,40	2.078.224,00
Santa Rosa do Tocantins	29.113,25	1.077.445,40	1.106.559,00
São Felix do Tocantins	31.241,50	1.526.975,60	1.558.217,00
Campos lindos	44.823,75	1.203.904,00	1.248.728,00
Porto Nacional	27.850,75	9.058,00	36.908,75
Santa Maria do Tocantins	28.715,75	142.6163,20	1.454.879,00

Esses resultados da tabela acima se obtiveram a partir do primeiro e do segundo resultado parcial. A estes custos parciais devem-se adicionar os custos de instalação e preços da cada uma das usinas a serem instaladas. Considerando que todas as usinas j têm as mesmas características da sua fabricação, implantação e capacidade de produção r , logo todas elas têm um custo fixo de F_{rj} constante. É

imposto pelas premissas para o PLIM que todas as usinas j têm capacidade $r = 10.000$ litros de biodiesel para pronta entrega semanalmente, neste caso a variável binária $Y_{rj} = 1$, logo se têm o terceiro resultado esperado

$$\sum_{r=1}^R F_{rj} Y_{rj}$$

igual a uma constante C para toda usina $j = 1, 2, 3, \dots, 24, 25$. Assim, obtêm-se os valores totais de instalação das novas usinas no Estado do Tocantins que estão na tabela 3.18:

Tabela 3.18: Valor total de instalação de cada usina, obtidos da tabela 3.17.

Instalação de usinas	$Z = \sum_{k=1}^{\infty} U_{kj} + \sum_{i=1}^{\infty} w_i X_{ij} + C$
Araguaina	584.64,91 + C
Arapoema	149.766,90 + C
Tocantinópolis	191.946,30 + C
Araguatins	74.305,30 + C
Gurupi	436.851,90 + C
Alvorada	216.098,00 + C
Peixe	189.4425,00 + C
Guarai	53.466,63 + C
Araguacema	1.725.268,00 + C
Caseara	194.590,40 + C
Palmeirópolis	188.725,20 + C
Tupiratins	226.649,70 + C
Lagoa da confusão	808.761,40 + C
Formoso do Araguaia	142.761,20 + C
Araguaçu.	490.335,80 + C
Dianópolis	366.946,00 + C
Arraias	986.993,10 + C
Paraná	421.575,10 + C
Natividade	1.367.059,00 + C
Conceição do Tocantins	2.078.224,00 + C
Santa Rosa do Tocantins	1.106.559,00 + C
São Felix do Tocantins	1.558.217,00 + C
Campos lindos	1.248.728,00 + C
Porto Nacional	36.908,75 + C
Santa Maria do Tocantins	1.454.879,00 + C

Os valores dos custos de instalação de cada usina mostram-se na tabela 3.18. Os custos das instalações estão determinados pela variável **Z** (custo total de implantação) mais **C**, que representa os custos de instalação fixos (prédio, máquinas, equipamentos e outros) que são necessários para deixar as instalações prontas para começar a ser utilizada de cada uma das usinas.

A tabela 3.19 está indicando os valores de vinte e cinco municípios escolhidos para estudo do modelo e possivelmente implantar as usinas.

Tabela 3.19: Relação de municípios (em ordem crescente de valores) para implantação de usinas no Estado.

Instalação de usinas	min Z
Porto Nacional	36.908,75 + C
Araguaina	58.464,91 + C
Guaraí	53.466,63 + C
Araguatins	74.305,30 + C
Formoso do Araguaia	142.761,20 + C
Arapoema	149.766,90 + C
Palmeirópolis	188.725,20 + C
Tocantinópolis	191.946,30 + C
Caseara	194.590,40 + C
Alvorada	216.098,00 + C
Tupiratins	226.649,70 + C
Dianópolis	366.946,00 + C
Paraná	421.575,10 + C
Gurupi	436.851,90 + C
Araguaçu.	490.335,80 + C
Lagoa da confusão	808.761,40 + C
Arraias	986.993,10 + C
Santa Rosa do Tocantins	1.106.559,00 + C
Campos lindos	1.248.728,00 + C
Natividade	1.367.059,00 + C
Santa Maria do Tocantins	1.454.879,00 + C
São Felix do Tocantins	1.558.217,00 + C
Araguacema	1.725.268,00 + C
Peixe	1.894.425,00 + C
Conceição do Tocantins	2.078.224,00 + C

Desses vinte e cinco municípios após aplicação do modelo foi determinado que apenas os dez primeiros (marcados em negritos) com seus respectivos custos seriam foco de nossa análise por apresentarem um custo inferior que os outros. Para nossa função objetivo, foram considerados apenas pontos com potenciais para a localização e implantação de usinas de biodiesel, e suas premissas citadas. A utilização desse modelo pode-se utilizar para análise diferentes níveis de capacidade. Porém, neste trabalho nos restringimos aos volumes citados, por questão de tempo para efetuar o trabalho.

Os resultados encontrados através da metodologia citada, devem ser analisados, uma vez que os modelos são uma simplificação da realidade e seus resultados nem sempre apresentem a melhor solução para o problema real. No entanto, os benefícios que esse tipo de ferramenta traz para futuros investimentos são incontestáveis. Enfim, o modelo utilizado é uma ferramenta imprescindível para tomada de decisão que, dentro de certa tolerância, tende a indicar a melhor solução a ser utilizada.

3.5. Técnica de construção de cenários

Para Buarque (2003) a técnica de cenários começou a ser conhecida na década de 1960, principalmente nos anos 1970. Inicialmente de forma rudimentar e com processos tradicionais de projeção de tendências e de cálculo de probabilidades, os cenários foram ganhando espaço experimental ao mesmo tempo em que adquiriam novas concepções e recursos técnicos mais amplos e rigorosos.

Ainda segundo o mesmo autor a elaboração de cenários é uma atividade relativamente recente no Brasil. À exceção de algumas referências isoladas e acadêmicas, a técnica de cenários começa a ser efetivamente utilizada no Brasil na segunda metade da década de 1980, pelas empresas estatais que operam em segmentos de longo prazo de maturação, e, portanto, precisam tomar decisões de longo prazo. A Petrobras e a Eletrobrás são duas empresas que lideram as

iniciativas de elaboração de cenários e antecipação de futuro sobre o comportamento de mercado e a demanda de energia e de combustíveis.

Os estudos de cenários têm sido crescentemente utilizados na área de planejamento estratégico, tanto de grandes empresas, quanto de governos, por oferecer um referencial de futuros alternativos em face dos quais decisões serão tomadas. À medida que para a construção de cenários se exige a ponderação de diversos fatores, para imaginar as tendências de evolução de um negócio. Os cenários são utilizados geralmente para elaborar estratégias de atuação de qualquer investimento, que envolve freqüentemente uma análise de pontos fortes, pontos fracos, oportunidades, ameaças. O objetivo é identificar estratégias para criar pontos fortes e reduzir pontos fracos da empresa, para maximizar as oportunidades e minimizar as ameaças ao empreendimento (BUARQUE, 2003).

A construção de cenários normalmente trabalha com sistemas altamente complexos, que são sistemas não-lineares que são totalmente dinâmicos, que convivem com contínuas mudanças estruturais e com elevado grau de incerteza. Os cenários mexem com realidade nas quais os resultados de uma mudança original não são proporcionais às causas, também múltiplas e diversificadas. Os sistemas complexos caracterizam-se por processos de retroalimentação que estabelecem condições de auto-organização e de mudança (CAPRA, 1996) .

Ainda segundo Capra (1996) em qualquer sistema complexo e não-linear existiria dois mecanismos de regulação diferenciados: a retroalimentação positiva, a qual cria uma dinâmica de auto-reforço dos processos de desorganização provocando reação em cadeia; e a retroalimentação negativa, que, por sua vez, se compõem de mecanismos de auto-regulação, os quais se contrapõem ao processo de desorganização e reequilibram o sistema.

Para Buarque (2003) a não-linearidade dos conjuntos de sistemas depende do objeto que se pretende descrever para auxiliar na tomada de decisão futura. Quando se trata de cenários estritamente econômicos de um país ou de uma região, a complexidade limita-se a uma dimensão (a econômica) mais ou menos condicionada por fatores políticos e sociais. No entanto, quando se busca elaborar

cenários regionais abrangentes, os quais tratem de diversas dimensões determinantes do seu desempenho futuro, passa-se a analisar uma realidade com elevado nível de complexidade. O resultado dos cenários construídos costuma ter maior dinamismo, tendência à mudança e elevadas instabilidade e incerteza, o que amplia as dificuldades teóricas e técnicas de análise e de prospecção do futuro.

Os cenários tratam de uma descrição de um futuro, que pode ser: possível, imaginável ou desejável. Na caracterização dos cenários, é possível distinguir dois grandes conjuntos diferenciados segundo sua qualidade, particularmente quanto a isenção ou presença do desejo dos formuladores do futuro: cenários exploratórios e cenário desejado ou normativo (GODET, 1985).

Ainda segundo Godet (1985) os cenários exploratórios têm um conteúdo essencialmente técnico, decorrem de um tratamento racional das probabilidades e procuram intencionalmente excluir as vontades e os desejos dos formuladores no desenho e na descrição dos futuros. Até mesmo quando procura analisar a postura e a estratégia dos atores sociais (com seus desejos), o trabalho tem uma conotação técnica de interpretação do processo político. Trata-se de apreender para onde, provavelmente, estará evoluindo a realidade estudada, para que as decisões possam escolher o que fazer e possam se posicionar positivamente naquela situação.

3.5.1. Método Indutivo e Dedutivo para Elaboração de Cenários

As metodologias de técnicas de cenários sempre seguem uma seqüência lógica semelhante a outros tipos de metodologias. A metodologia de construção de técnica de cenários pode ser diferenciada em dois grandes conjuntos distintos segundo o tratamento analítico: processo indutivo e processo dedutivo.

- Método indutivo: Os cenários são formados a partir da aglomeração e da combinação de hipóteses sobre o comportamento dos principais eventos e constituem um jogo coerente de acontecimentos singulares. Dessa forma, os cenários emergem do particular (partes) para o geral e se estruturam pelo agrupamento das hipóteses, formando blocos consistentes que expressam

determinados futuros diferenciados do objeto; vai, por assim dizer, surgindo por si mesmos (*by itself*) como resultado da organização dos eventos (VAN DER HEIJDEN, 1996).

- Método dedutivo: Ao contrário, consiste em descobrir estruturas de futuro a partir dos dados e das informações apresentados pelos eventos e constitui um marco geral (*framework*) a partir do qual são formulados os cenários. Dessa maneira, tenta-se inferir o quadro de referência do conjunto dos eventos saindo do geral e indo para o particular por meio de uma descrição do estado futuro que traduza a natureza básica da realidade (VAN DER HEIJDEN, 1996).

Na figura 3.1, pode se observar um fluxograma como um das possibilidades de técnicas de cenários que podem ser aplicados. Nesta figura mostra um sistema complexo, um sistema que pode ser município, Estado mediante a definição de alternativas futuras para orientar as políticas e os programas a serem executados. A figura mostra uma estratégia de ações ao longo do tempo, capaz de intervir sobre os cenários prováveis com o propósito de alterar o futuro e construir um determinado futuro desejado.

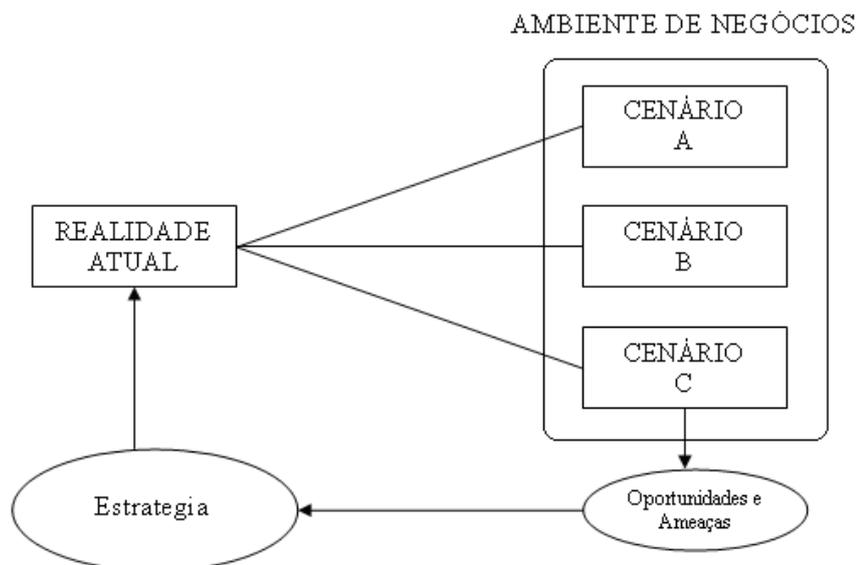


Figura 3.1: Estratégias de construção de cenários.
Fonte: Buarque (2003) pg.39.

Para a formulação de estratégias empresariais, os cenários construídos têm um papel diferente na medida em que as empresas não têm propósito de mudar o futuro da realidade.

3.5.2 Conceitos e determinação das premissas para os cenários de localização ótima das usinas.

Algumas premissas foram levantadas para a realização dos cenários, as três principais são:

Premissa 1 - Zona de Consumo: Foram considerados dentre os municípios tocantinenses (resultantes da aplicação do PLIM) com potencial de consumo igual ou acima de 5 mil litros semanais e com o diferencial de distância entre o mesmo e a usina de até 500 km.

Segundo os dados do levantamento populacional feito pelo IBGE em 2007 (apêndice 3.1), no Estado do Tocantins, dos 137 municípios inseridos, 23 deles têm acima de 10.000 habitantes. Estes municípios são: Palmas, Araguaína, Gurupi, Porto Nacional, Paraíso do Tocantins, Colinas do Tocantins, Araguatins, Guarai, Tocantinópolis, Miracema do Tocantins, Dianópolis, Formoso do Araguaia, Augustinópolis, Taguatinga, Miranorte, Goiatins, Xambioá, Arraias, Nova Olinda, Paranã, Babaçulândia, Pedro Afonso e São Miguel do Tocantins.

Segundo os dados do IBGE (2007), pela sua atividade econômica (tabela 3.2) os municípios considerados, além dos já citados com população acima de 10.000 habitantes, foram: Ananás; Wanderlândia; Sítio Novo do Tocantins; Natividade; Araguaçu; Palmeirópolis; Alvorada; Arapoema; Araguanã; Talismã.

Premissa 2 - Produtor de matéria-prima: - Foram considerados os 25 municípios (resultados do modelo PLIM) como fornecedores da matéria prima: oleaginosas, sebos bovinos ou ambos.

Estes municípios são: Araguaina; Nova Olinda; Palmeirante; Darcinópolis; Gurupi; Brejinho de Nazaré; Figueirópolis; Alvorada; Guarai; Brasilândia do

Tocantins; Tupirama; Tupiratins; Presidente Kennedy; Formoso do Araguaia; Araguaçu; Lagoa da confusão; Dianópolis; Santa Rosa do Tocantins; Mateiros; Campos lindos; Porto Nacional; Monte do Carmo; Pedro Afonso; Bom Jesus do Tocantins; Silvanópolis; Santa Maria do Tocantins.

Premissa 3 – Pontos ótimos de implantação das Usinas. Dos 25 pontos ótimos (municípios) apresentados pelo modelo PLIM, somente os onze primeiros foram considerados para concorrer à implantação da Usina. Tal determinação levou em consideração que estes propiciam um custo menor de funcionamento da usina. Estes municípios são: Porto Nacional, Araguaína, Guaraí, Araguatins, Formoso do Araguaia, Arapoema, Palmeirópolis, Tocantinópolis, Caseara, Alvorada, Tupiratins.

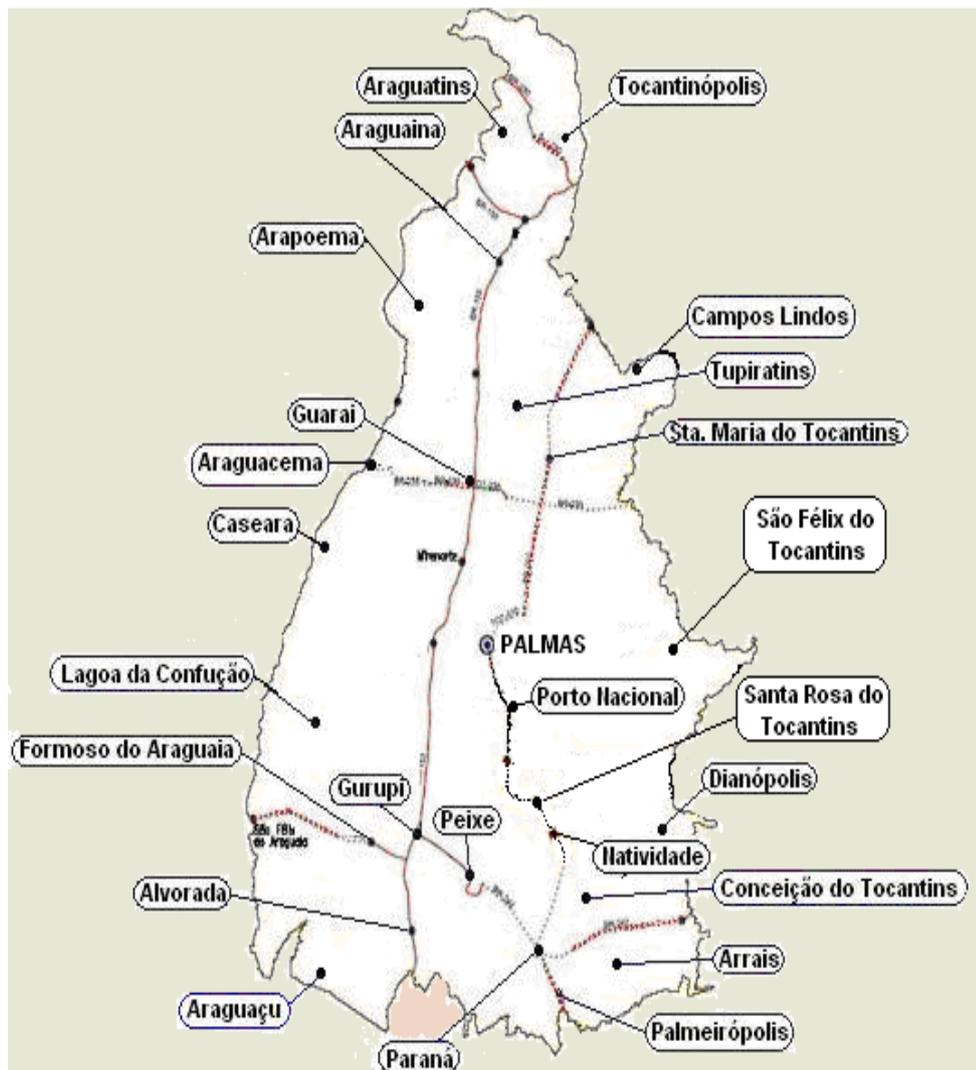
Sendo que o município de Porto Nacional foi retirado deste rol de municípios por não estar de acordo com as premissas estipuladas por este estudo: o município escolhido para receber as novas usinas não pode já ter sido contemplado com empreendimentos deste tipo anteriormente. Portanto, foram considerados 10 municípios. Paraíso não foi considerado em nossa análise pelo motivo que o município foi escolhido para ser zona de consumo. Paraíso do Tocantins mesmo não sendo foco de nossa análise para ser um município de instalação de uma usina, ela representa um potencial considerado para implantação. O município que foi considerado para substituir Paraíso do Tocantins foi Caseara por possuir matéria-prima disponível e estar próximo a Paraíso, sendo que Paraíso do Tocantins já tem uma usina em construção. Palmas - TO, não foi considerado pelo motivo de um dos objetivos a serem atendidos seria a descentralização do produto. Como a quantidade proposta para fabricação semanal é de 10.000 mil litros, Palmas necessitariam seis usinas para que pudesse ser abastecida. Assim, Palmas foi considerada como um município com grande potencial de zona de consumo.

No próximo capítulo será utilizada a técnica de cenários respeitando as premissas acima.

CAPITULO IV: Elaboração dos cenários a partir dos resultados obtidos.

Como resultado da aplicação do Modelo PLIM obteve-se 25 pontos ótimos para instalação das novas usinas. O mapa 4.1 mostra todos estes municípios inseridos no mapa do Estado do Tocantins para se ter noção de espaço e localização de cada um deles.

Mapa 4.1: Pontos escolhidos para aplicação do modelo.

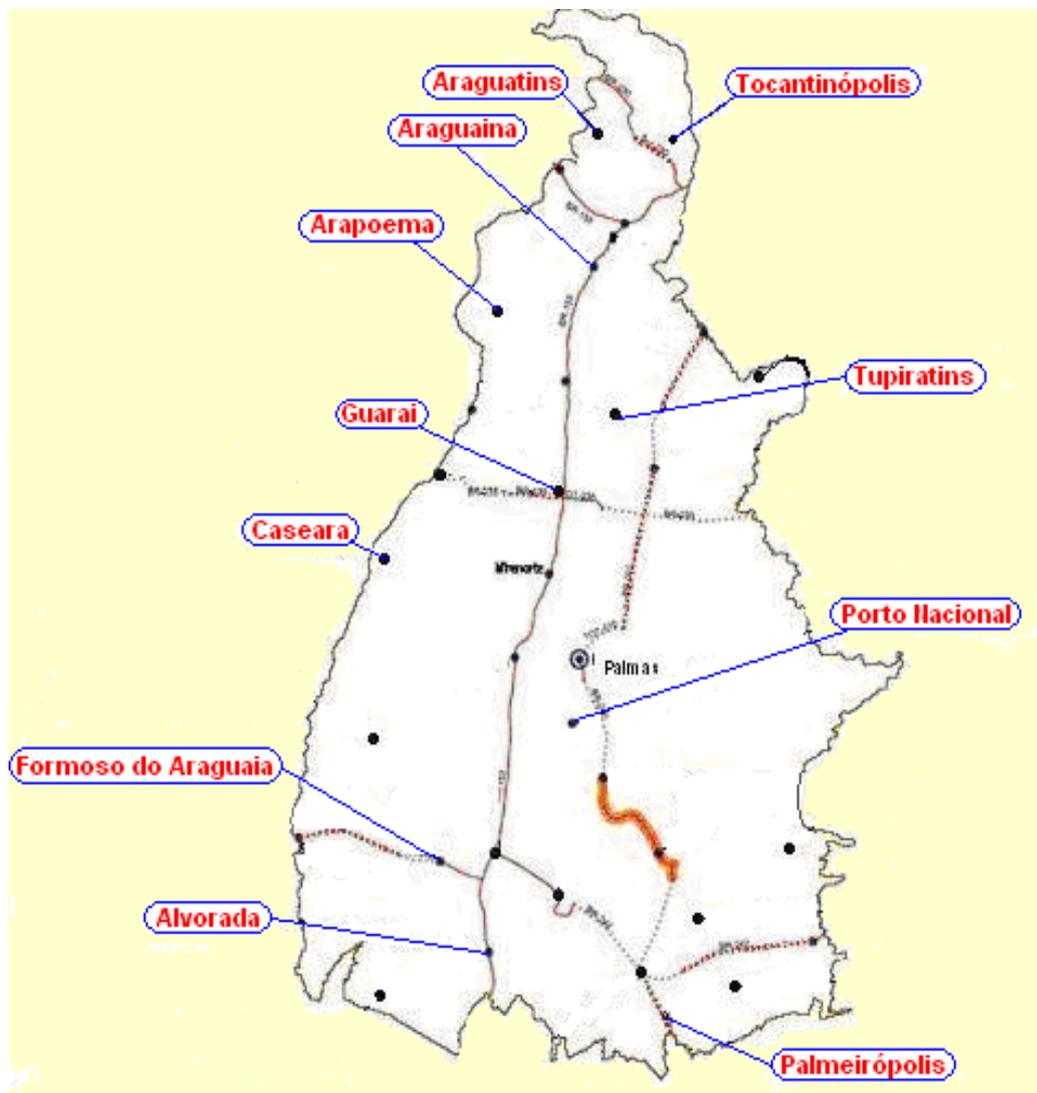


Fonte: Ministério dos transportes *apud* Siebert Pinedo.

4.1. Principais pontos para instalação de usinas

Dos 25 pontos ótimos (municípios) apresentados pelo modelo matemático, somente os onze primeiros foram considerados como pontos ótimos para a implantação das usinas neste cenário. Tal determinação levou em consideração que estes propiciam um custo menor de instalação. No mapa 4.2, pode-se observar a localização dos que foram considerados, para este cenário.

Mapa 4.2: Pontos ótimos para instalação de usinas de biodiesel.



Fonte: Ministério dos transportes *apud* Siebert Pinedo.

4.2. Análise da distribuição da produção de biodiesel (Zona de Consumo)

A seguir, na tabela 4.1, pode-se observar os dez pontos ótimos (municípios) que têm potencial para o recebimento das novas usinas.

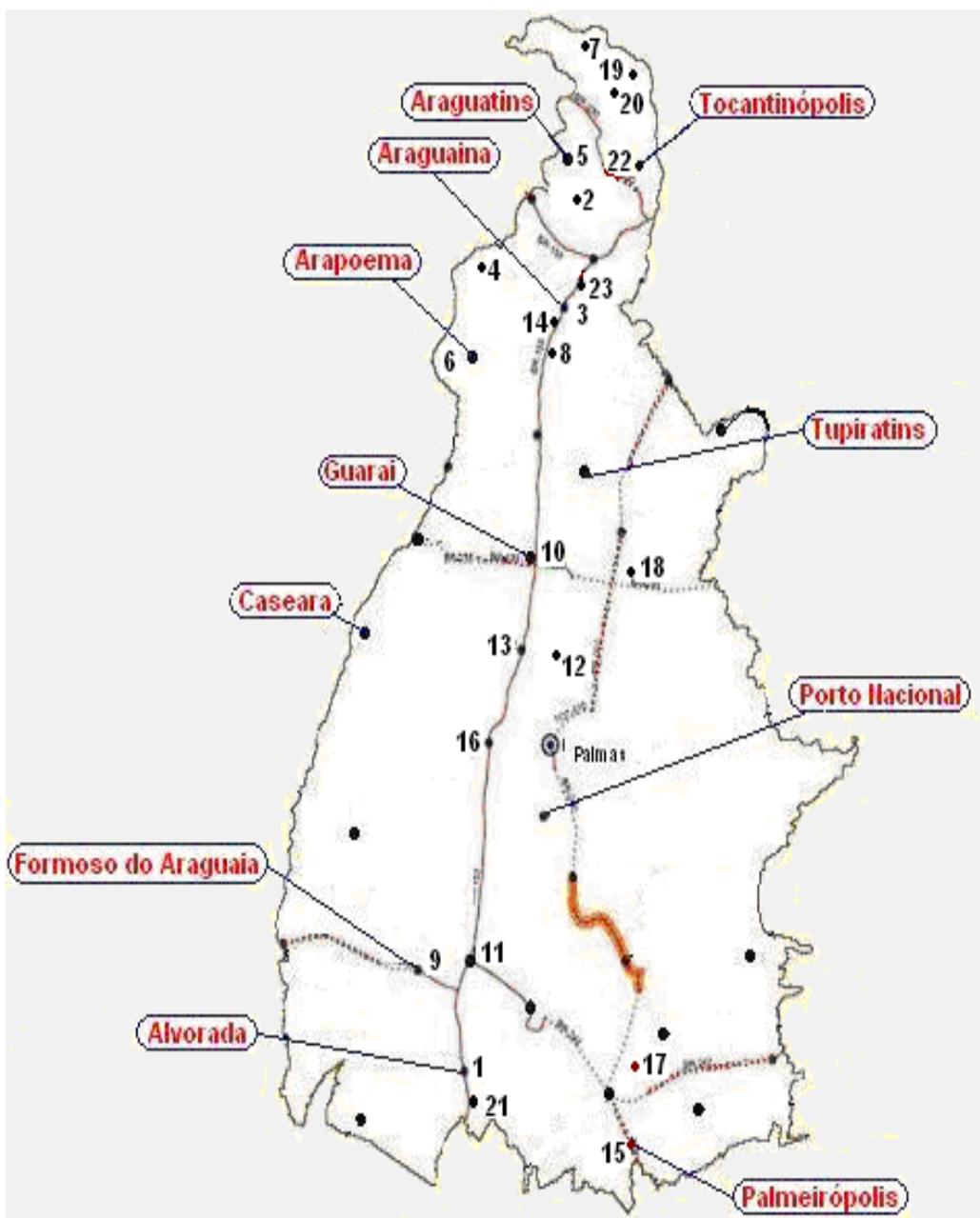
Tabela 4.1 Consumo de biodiesel semanal na zona de consumo relacionados com os pontos da Implantação das Usinas.

	USINAS										Consumo semanal (Milhares de litros)
	Araguaína	Araguatins	Arapoema	Alvorada	Caseara	Formoso do Araguaia	Guarai	Palmeirópolis	Tocantinópolis	Tupiratins	
Zona de consumo	Alvorada:			2				1			3
	Ananás						2				2
	Araguaína	8							1	2	11
	Araguanã									2	2
	Araguatins:		5						4		9
	Arapoema:			2							2
	Augustinópolis			3							3
	Colinas do Tocantins			5						2	7
	Formoso do Araguaia					4					4
	Guarai:					1	6				7
	Gurupi				7	6					13
	Miracema					6					6
	Miranorte									2	2
	Nova Olinda						2			1	3
	Palmeirópolis:							3			3
	Paraíso do Tocantins							5			5
	Paraná							1			1
	Pedro Alfonso					1					1
	São Miguel do Tocantins		3								3
	Sítio novo do Tocantins		2								2
	Talismã				1						1
	Tocantinópolis								5		5
	Wanderlândia	2								1	3
Xambioá					2					2	

Outra observação é que cada usina estará pronta para produzir 10.000 mil litros por semana de biodiesel e vai abastecer a sua própria necessidade de consumo do produto (município onde a usina foi implantada) e de outras ao seu redor até completar a venda do total do produto ofertado.

A localização dos dez municípios (retirando Porto Nacional) que podem receber as novas usinas no Estado do Tocantins pode ser visto no mapa 4.3.

Mapa 4.3: Usinas e seus possíveis pontos de distribuição do biodiesel.



Fonte: Ministério dos transportes *apud* Siebert Pinedo.

4.3. Construção de Cenários

Foram construídos três cenários possíveis, utilizando os dados obtidos depois da execução da função objetivo. 1) Em relação aos principais modais de transporte disponíveis no Estado do Tocantins; 2) Em relação às zonas de consumo; e por último o 3) Os cenários gerais e finais utilizando os resultados do primeiro e do segundo cenários e os primeiros pontos ótimos para instalação das usinas. Para a construção dos cenários foram relacionados como informação geral os traçados dos principais modais de transporte dentro do mapa do Estado do Tocantins e com os onze pontos ótimos inseridos no mesmo. Assim a figura, por si só, mostrou os municípios que estão mais perto dos principais modais.

4.3.1. Primeiro cenário: Em relação aos principais modais de transporte disponíveis no Estado do Tocantins

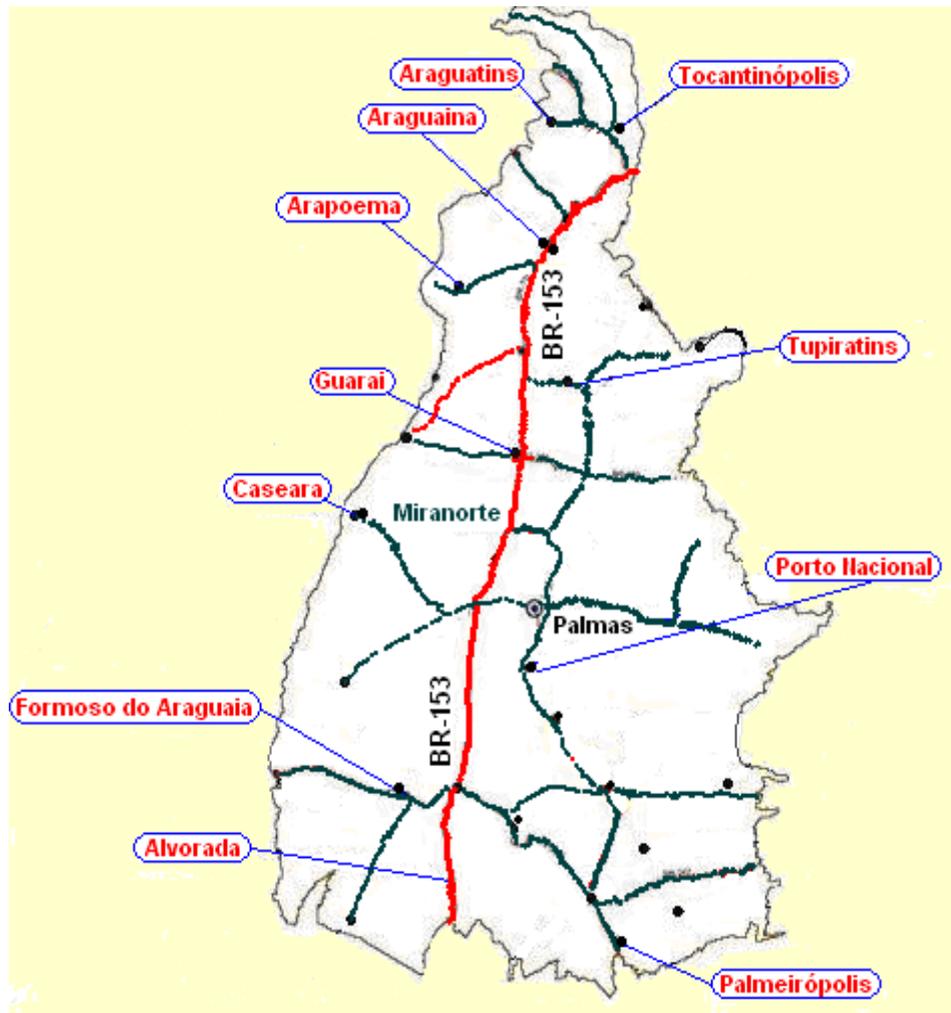
O primeiro será o do transporte rodoviário mostrando o traçado da Rodovia Transbrasiliana (BR-153), o segundo mostra o traçado da Hidrovia Tocantins-Araguaia e o terceiro apresenta o traçado da Ferrovia Norte-Sul.

a) Traçado Rodoviário BR-153

A rodovia federal BR-153 é um das principais vias de acesso ao Norte do Brasil (Estados do Tocantins, Maranhão, Pará e Amapá), além de Goiás e do Distrito Federal, com todas as demais regiões do país. Com isso, a BR-153 se torna uma das principais rodovias de ligação entre o Centro-Oeste e o Sudeste e o Norte do país com isso propiciando o maior movimento por essas rodovias.

No mapa 4.4 pode-se observar que alguns municípios como Gurupi, Guaraí, Araguaína estão situadas na margem de rodovias, e outros são interligadas a BR-153 através das rodovias estaduais, as quais são a TO-050, TO-070, TO-255, TO-080, TO-010, TO-445, além da TO-342, que são as rodovias que ligam Palmas e Porto Nacional à BR-153 e aos demais municípios do interior do estado.

Mapa 4.4: Mapa rodoviário e os 11 pontos ótimos (escolhidos) para instalação das usinas.



Fonte: Ministério dos transportes *apud* Siebert Pinedo.

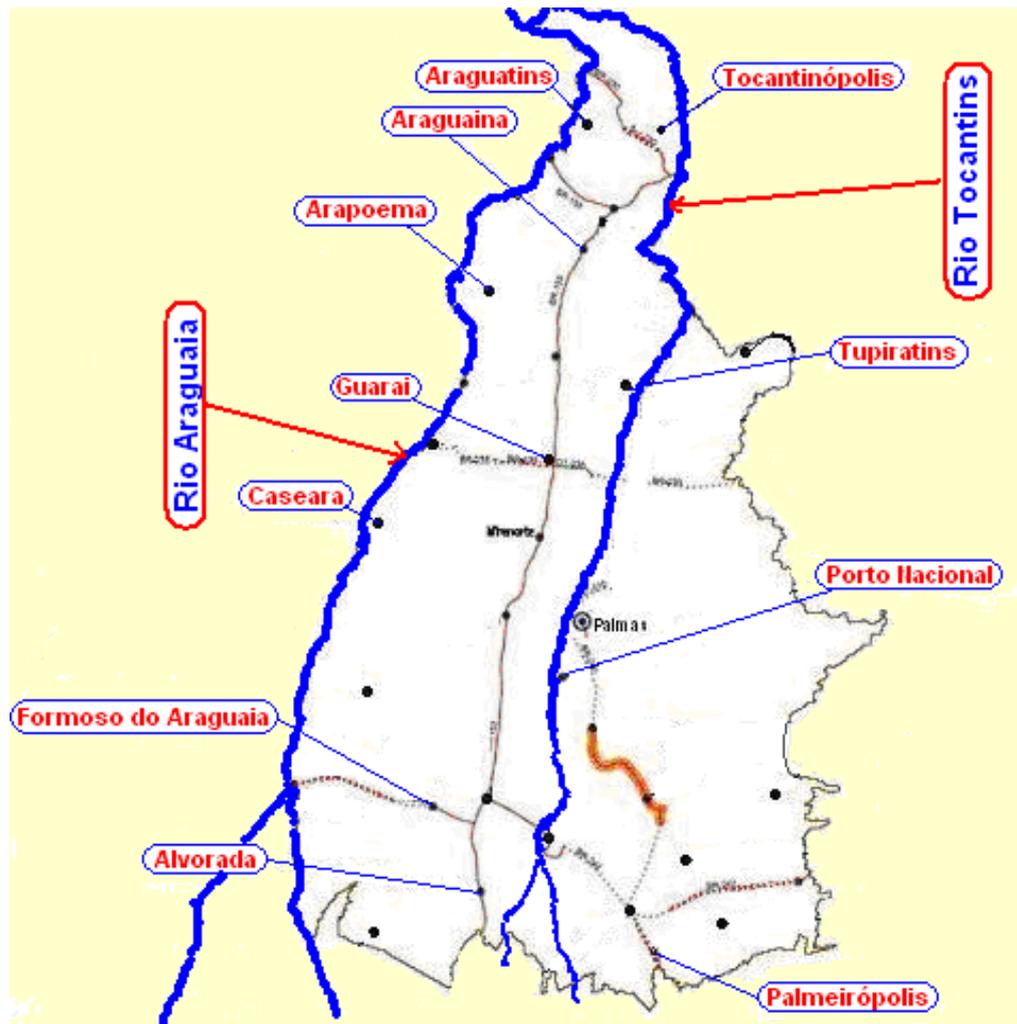
O mapa 4.4 mostra a localização dos onze pontos ótimos para a instalação das usinas, em relação às estradas no Estado do Tocantins.

b) Traçado da Hidrovia Tocantins-Araguaia

Os principais rios que atravessam ou cortam o Estado do Tocantins são: o rio Tocantins na parte oriental do Estado, e o rio Araguaia na parte ocidental do Estado. Outros rios navegáveis como os rios Sono, Palma e Melo Alves está situado na margem direita do rio Araguaia.

No mapa 4.5, pode-se observar que alguns municípios como Tupiratins e Porto Nacional ficam a margem do Rio Tocantins e a cidade de Caseara fica perto do Rio Araguaia.

Mapa 4.5: Mapa hidroviário e os onze pontos ótimos (escolhidos) para instalação das usinas.

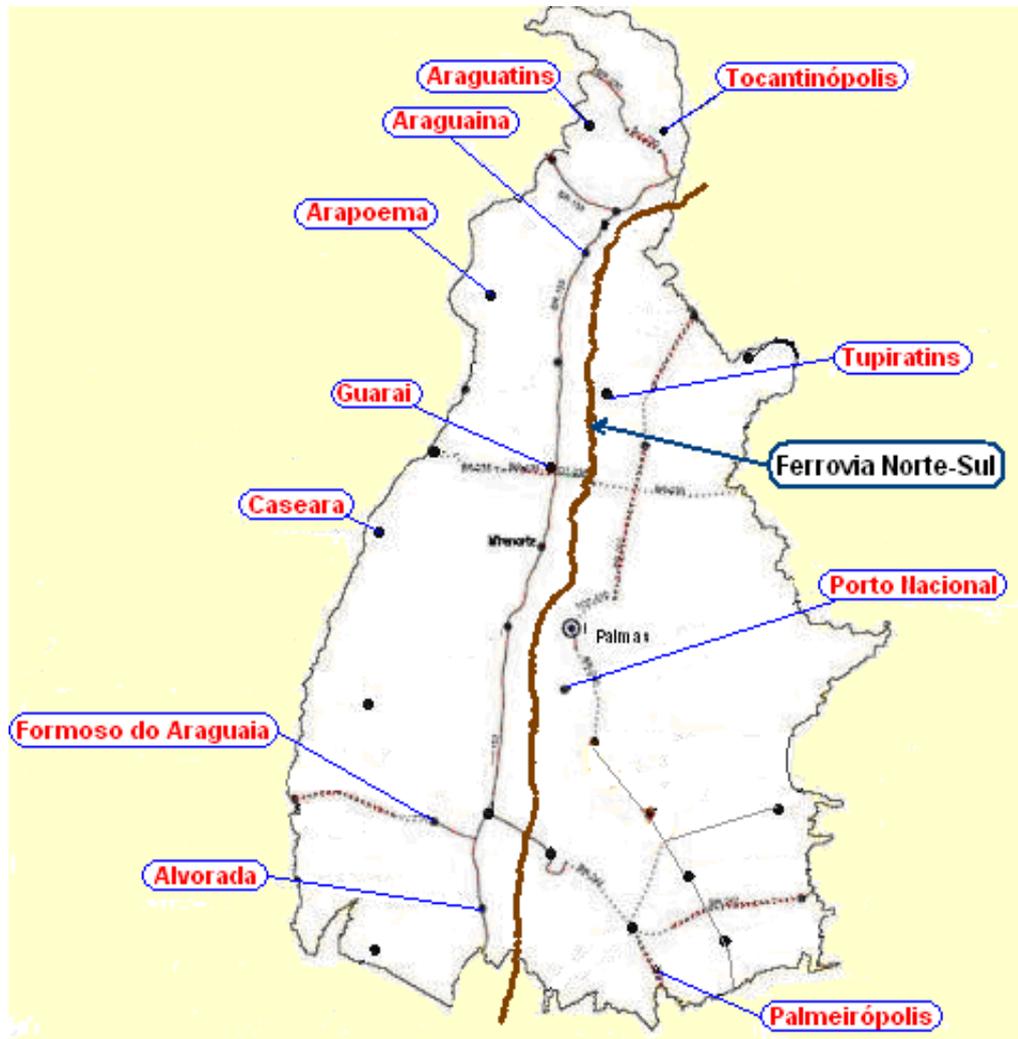


Fonte: Ministério dos transportes *apud* Siebert Pinedo.

c) Traçado da Ferrovia Norte-Sul

No mapa 4.6 pode-se observar que os municípios como Araguaína, Guarai, Tupiratins e Porto Nacional estão em pontos estratégicos, encontram-se localizadas perto da rodovia e ferrovia. Esses municípios terão terminal de cargas o que auxilia no transporte de cargas.

Mapa 4.6: Mapa ferroviário e os 11 pontos ótimos (escolhidos) para instalação das usinas.



Fonte: Ministério dos transportes *apud* Siebert Pinedo.

A Ferrovia Norte-Sul – FNS é um projeto que contempla a construção de aproximadamente 2.100 km atravessando as regiões Centro-Oeste e Norte do País, conectando-se ao Norte com a Estrada de Ferro Carajás e ao Sul com a Ferrovia Centro Atlântico. Como a ferrovia está em construção, neste trabalho foi considerada como se ela estivesse pronta para uso. Pois o objetivo desta pesquisa é que não seja implantado as usinas de imediato, mas em um período de tempo, onde a ferrovia também estaria avançando em sua construção.

4.3.1.1. Composição dos cenários de transporte

Os mapas 4.4; 4.5; 4.6, mostram os onze municípios (pontos ótimos) para instalação de usinas dentro do Estado do Tocantins.

Dentre os principais pontos de instalação, distribuição e recepção da matéria-prima, os municípios mostrados no quadro 4.1 demonstram que alguns poderão utilizar mais de um modal de transporte.

Quadro 4.1: Meios de transporte para a comercialização do biodiesel.

Rodovia	Hidrovia	Ferrovia
Araguaína	Tupiratins	Araguaína
Guarai	Porto Nacional	Guarai
Tupiratins	Caseara	Tupiratins
Alvorada	Tocantinópolis	Porto Nacional

No quadro 4.1, pode-se conhecer os principais municípios, privilegiados, por estarem mais perto da infra-estrutura e dos modais de transporte. A cidade de Tupiratins conseguiria utilizar os três tipos de modais, portanto, teria flexibilidade na escolha dos modais de transporte e poderia minimizar seus custos tanto no recebimento de matéria-prima e insumos, quanto para escoamento do produto final.

O resultado da análise da função objetivo concluiu que Porto Nacional é um ponto ótimo, e destacou como primeira opção de instalação pelo seu baixo custo de implantação, no segundo lugar despontou Araguaína, no terceiro Guarai, no oitavo lugar Tocantinópolis, em nono Caseara, no décimo Alvorada e no décimo primeiro Tupiratins. Os valores de instalação se encontram no final do capítulo precedente.

Lembrando que o modelo utilizado é baseado em uma abordagem de natureza dinâmica, por causa dos dados do IBGE, com isso as variáveis utilizadas para esse estudo, pode não ser a mesma daqui a alguns anos.

4.3.2. Composição do segundo cenário: Zonas de Consumo

Após executado o modelo PLIM, foram apresentados municípios com maior potencial de consumo (ver tabela 4.1). Destas foram escolhidas os municípios que apresentaram potencial de consumo igual ou acima de 5 mil litros/por semana ou mais para a realização deste cenário de Zonas de Consumo.

No quadro 4.2 pode-se verificar a listagem dos municípios escolhidos para realização do cenário.

Quadro 4.2: Municípios tocantinenses com potencial de consumo igual ou acima de 5 mil litros semanais com o diferencial de distância entre a mesma e a usina de até 500 km.

	Municípios Tocantinenses	5 mil/litros/semana
A	Gurupi	13
B	Araguaina	11
C	Araguatins:	9
D	Colinas do Tocantins	7
E	Guarai	7
F	Miracema	6
G	Paraíso do Tocantins	5
H	Tocantinópolis	5

Fonte: Elaboração própria a partir da Tabela 4.16.

Os municípios (pontos ótimos) listados no quadro 4.2, têm como características comuns produzirem algum tipo de matéria-prima para a usina, ser uma zona de consumo e estarem distantes da mesma até no máximo 500 km.

A) Características de Gurupi

A cidade faz divisa com os rios Araguaia e Tocantins, e está à margem da BR-153. A cidade apresenta como principal fonte de renda a pecuária e a agricultura. Além disso, a cidade conta com diversas universidades, como um campus da Universidade Federal do Tocantins, outro da Escola Técnica Federal, a

UNIRG e outras, favorecendo um fluxo constante de pessoas na cidade. Tem uma localização privilegiada porque fica no entroncamento com as rodovias BR-153 que liga o Sul ao Norte do país e a BR-242, que é uma rodovia transversal.

A cidade de Gurupi saiu em décimo quarto na implantação da usina, com esse resultado observou-se que Formoso do Araguaia saiu em quinto, com isso para a análise de cenários Gurupi foi considerada como zona de consumo e não como um município de implantação. Formoso do Araguaia saiu em quinto na implantação de usinas no Estado do Tocantins, com um custo de 142.761,20.

B) Características de Araguaína

A cidade de Araguaína tem a capacidade de manter uma usina de biodiesel, seria uma das maiores zonas consumidoras do produto final, porque possui considerável concentração de comércio e serviços e ainda conta com um Distrito Agro-Industrial. A cidade é uma região referência no setor agrícola e pecuário do Estado do Tocantins. Possui condições de oferecer mão-de-obra especializada em diversos setores, porque tem campus da Universidade Federal do Tocantins, Escola Técnica Federal e outras universidades particulares (IBGE, 2008).

Quadro 4.3: Estrutura Empresarial em Araguaína

Tipo de Empresa	Unidade	Pessoas Ocupado
Agricultura e outras	27	188
Alojamento. e Alimentação.	97	328
Construção	89	504
Eletr., Água e Gás	9	106
Imobiliárias. e outros	225	884
Ind. Extrativa	6	12
Ind. Transformação	314	2.087
Inter. Finan.	33	254
Pesca	2	nd
Reparação Veículos, Objetos Pessoais e Domésticos.	2.032	6.433
Transporte, Armazéns e outros	96	731

Fonte: IBGE, 2009

Araguaína como se observa no quadro 4.3 possui empresas de diversos tipos, tendo um PIB a preços correntes em 2003 (R\$ 1.000,00) chegando a R\$ 544.114,00. Araguaína por ter todo esse potencial, além de produzir biodiesel, ela consumiria de seu produto 8.000 mil litros semanais e poderia ofertar 2.000 para a cidade de Wanderlândia.

C) Características de Araguatins

A cidade de Araguatins está localizada no Norte do Estado, ficando a margem do Rio Araguaia. O acesso pode ser feito pela BR-153 até Darcinópolis, em seguida pela TO-134 até a BR-230 (Transamazônica), e daí até a cidade. Em sua extensão, ao longo do município, estão distribuídas 24 praias e um número incontável de pequenas ilhas. Tal contexto propicia o turismo como principal atividade econômica nos meses de julho até setembro. Depois dos meses onde o turismo se eleva, a renda da cidade basicamente é das seguintes empresas.

Quadro 4.4: Estrutura Empresarial em Araguatins.

Tipo de Empresa	Unidade
Fabricação de pães, bolos e equivalentes industrializados	4
Beneficiamento de arroz	2
Confecção, sob medida, de roupas íntimas, blusas, camisas e semelhantes	2
Fabricação de esquadrias de metal	2
Outros	5

Fonte: SEBRAE- (2010)

Em 2005 a cidade já possuía duas empresas de grande porte e 314 microempresas e 11 pequenas empresas. Sendo assim os municípios em crescimento e, por ter um fluxo grande de pessoas e movimentação econômica em época de praia recebendo, pessoas do Maranhão, Pará entre outros Estados.

D) Características de Colinas do Tocantins

Segundo o IBGE (2008) a população estimada está em 29.298 habitantes. A cidade está localizada à margem da BR-153 e próxima a Ferrovia Norte-Sul (FNS), o principal pátio multimodal da Ferrovia para transporte de grãos ficará nesta cidade.

Quadro 4.5: Atividade Econômica de Colinas do Tocantins

Atividade Econômica	2005 / R\$
Agricultura	8.732,48
Pecuária	342.734,20
Indústria	2.385.707,39
Comercio	3.397.154,54
Transportes	37.195,85
<i>Subtotal</i>	6.172.524,46

Fonte: SEBRAE-02-2010

Colinas do Tocantins foi escolhida como zona de consumo por sua economia e população estar em crescimento. No quadro 4.5, pode se observar detalhes sobre a economia do município, que deve crescer substancialmente quando o terminal de carga da FNS começar a funcionar.

E) Características de Guaraí

A população de Guaraí está estimada em aproximadamente 22.175 habitantes, possui características similares a Colinas do Tocantins. Receberá em seu município um terminal de carga da FNS e receberá a produção de grãos de municípios como Pedro Afonso e outros. O quadro a seguir mostra a atividade econômica de Guaraí.

Quadro 4.6: Atividade Econômica de Guaraí

Atividade Econômica	2008 / R\$
Agricultura	5.057.723,59
Comercio	45.839.611,68
Indústria	3.071.069,99
Combustível	4.262.695,40

Fonte: SEBRAE (2010)

F) Características de Miracema

Miracema tem aproximadamente 22.729 habitantes (SEBRAE, 2008), a economia baseia-se principalmente na agropecuária e na indústria de cerâmica. Este município tem um campus da Universidade Federal do Tocantins e fica muito perto da capital do Estado. A atividade econômica de Miracema se mostra no quadro a seguir.

Quadro 4.7: Atividade Econômica de Miracema

Atividade Econômica	2008 / R\$
Agricultura	80.335,80
Pecuária	190.986,07
Comercio	896.724,56
Indústria	261.931,99
Transporte	60.551,61

Fonte: SEBRAE-01- (2010)

G) Características Paraíso Tocantins

Sua população é de 42.015 habitantes, fica próxima à capital do Estado. Sua economia é baseada na agropecuária e agricultura. Paraíso é a passagem para pontos turísticos como Ilha do Bananal e a Região dos Lagos. A cidade possui uma localização estratégica, pois a BR-153 atravessa a cidade com grande fluxo veículos, cargas e pessoas. O quadro a seguir mostra as principais atividades da cidade.

Quadro 4.8: Unidades de Comercio e Indústria em Paraíso do Tocantins

Atividade Econômica	2005 / R\$
Comércio	494.551,67
Indústria	153.444,54

Fonte: SEBRAE (2010)

A principal atividade como se percebe é a de comércio, por ser passagem de veículos e pessoas de diversos municípios tocantinenses e de outros Estados e rota de turismo. A cidade de Paraíso já tem em construção uma planta de biodiesel, que será abastecida por sebo bovino e algumas oleaginosas, e futuramente a intenção dos empresários é de utilizar 100% pinhão manso como matéria-prima.

H) Características de Tocantinópolis

Tocantinópolis fica à esquerda do Rio Tocantins com uma população aproximada de 21.826 habitantes. A região se dedica à lavoura e ao turismo, pois o local possui muitos mananciais de água, terra fértil, muita madeira para construção e grandes plantações de babaçu.

Quadro 4.9: Atividade Econômica de Tocantinópolis (2005)

Atividade Econômica	R\$
Agricultura	8.669,36
Pecuária	536.489,97
Comercio	1.214.191,74
Indústria	261.521,52
Transporte	22.899,84

Fonte: SEBRAE (2010)

Em relação ao quadro 4.9, pode se observar que a principal atividade é o setor comercial, as atividades agropecuárias são desenvolvidas de forma rudimentar e de caráter estritamente de subsistência. Na área de extrativismo se destaca o babaçu como produto de maior criação de renda e ocupação. Na pecuária pode destacar a predominância de criação de bovinos e suínos, para produção de leite e carne, apenas para o consumo da população local. A agricultura é voltada para a produção de arroz, milho, feijão e mandioca (IBGE, 2005).

4.3.4. Composição do terceiro cenário: Cenário Geral

O cenário geral partirá da lista de municípios com potencial de recebimento de implantação de usina, mais as que se destacaram por estarem perto dos modais de transporte e as que foram listadas para zona de consumo.

Os municípios que aparecem mais perto dos modais de transporte e com flexibilidade maior de uso de um ou mais destes foram: Araguaína, Guaraí, Tupiratins, Porto Nacional. Os que se destacaram na zona de consumo e também nos cenários dos modais de transporte são: Araguaína e Guaraí. Pelos resultados do capítulo anterior, os municípios em destaque para receber a implantação de usina, resultado da execução do modelo são: Porto Nacional, Araguaína, Guaraí, Araguatins, Formoso do Araguaia.

O quadro 4.10 apresenta os municípios que foram incluídos na construção do cenário geral.

Quadro 4.10: Localização ótima para implantação de usinas de biodiesel.

Municípios	Destaque
Porto Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Primeiro lugar na lista de implantação • Zona de consumo (especial – 100 % para ele próprio)
Araguaína	<ul style="list-style-type: none"> • Segundo lugar na lista de implantação • Modais • Zona de consumo
Guaraí	<ul style="list-style-type: none"> • Terceiro lugar na lista de implantação • Modais • Zona de consumo
Araguatins	<ul style="list-style-type: none"> • Quarto lugar na lista de implantação • Zona de consumo
Formoso do Araguaia	<ul style="list-style-type: none"> • Quinto lugar na lista de implantação

Fonte: Elaboração própria

A cidade de Porto Nacional já possui uma usina que pode abastecer todo o consumo de biodiesel da cidade e de outras maiores por ser uma usina de grande porte. Por isso, mesmo tendo despontado no modelo matemático como a primeira cidade na lista para implantação de uma usina, não foi considerada nas outras análises e, neste cenário geral, será também descartada.

Araguaína, segunda maior cidade do Estado do Tocantins, ocupa o segundo lugar na lista de municípios com potencial para receber a usina de biodiesel (segundo modelo matemático utilizado), segunda cidade em relação à zona de consumo e sua localização possibilita a utilização de 2 modais (rodoviário e ferroviário).

Guaraí é uma cidade situada entre Araguaína e Palmas, ocupa o terceiro lugar na implantação de usinas (segundo modelo matemático utilizado). Pode se utilizar de dois modais de transporte (rodoviário- ferroviário) e apresenta-se no quinto lugar na zona de consumo.

Araguatins ocupa o quarto lugar na relação de implantação de usinas de biodiesel (segundo modelo matemático utilizado) e o terceiro em zona de consumo.

Formoso do Araguaia ocupa o quinto lugar para implantação de usinas de biodiesel. Sua principal vantagem é possuir matéria-prima e zona de consumo na cidade e nas que estão próximas como: Lagoa da Confusão, Gurupi e Alvorada.

Segundo a descrição dos municípios listados, para esse cenário geral e pela análise realizada dos pontos que têm maior potencial para receber as primeiras usinas de biodiesel, são elas: Araguaína, Guaraí, Formoso do Araguaia, Araguatins.

A preferência por Formoso do Araguaia em detrimento a Araguatins vem do fato da primeira estar estrategicamente localizada em relação à zona de consumo e a de produção de matéria-prima. O fato dessa cidade não constar como preferencial em relação à utilização dos modais, não a prejudica totalmente, porque está perto da BR 153 e possui produção de matéria-prima nos municípios ao seu redor, evitando custo de transporte e necessidade de uso de vários modais para o recebimento da mesma. Levou-se em consideração que a implantação de uma usina, nesta cidade, poderá propiciar melhor qualidade de vida à população local e dos agricultores familiares tocaninenses e pela proximidade com a cidade de Gurupi, terá fácil acesso fácil a mão-de-obra especializada.

Araguatins mesmo sendo preterida nos resultados obtidos no modelo matemático para implantação da usina terá que importar matéria-prima do Sul Maranhão e de outras regiões.

4.4. Observação Geral sobre os cenários descritos.

Os cenários acima descritos podem ser utilizados separadamente ou em conjunto segundo o interesse do investidor. Se decidir privilegiar o item modal de transporte, os investidores, poderão optar pelo primeiro cenário, se decidir dar mais atenção a zona de consumo e a atividade econômica do local deve optar pelo segundo cenário, porém se decidir considerar todas estas variáveis deve-se valorar mais o cenário geral, no qual todas as variáveis anteriores foram incluídas.

Faz-se necessário acrescentar que alguns municípios com potencial para receber a implantação da usina não foram destaques no resultado do modelo. Como exemplo, pode-se citar a cidade de Pedro Afonso que, mesmo não estando perto dos modais de transporte, é grande produtora de matéria-prima para produção de biodiesel. Esse potencial inclui oleaginosas, sebos e etanol, o que isenta a utilização de transporte de longa distância para recebimento da matéria-prima. Apresenta-se, também, como zona de consumo em destaque, uma vez que em seu território existe produção em larga escala de produtos agrícolas e que necessitam de combustível para seus tratores, máquinas equipamentos e outros.

No modelo matemático, a cidade de Pedro Afonso não se destacou como zona de consumo porque foram computados os dados demográficos e não industriais. Para implantação de usinas foi computada a distância da cidade em relação aos modais quando dois pontos ótimos com potenciais de produção de oleaginosas, sebos e outras matérias estão muito próximas. Este é o caso de Pedro Afonso que, mesmo tendo a matéria-prima, ficava distante dos modais e com dificuldade de distribuição.

Outra cidade a ser justificada por não ter sido escolhida é Gurupi, uma vez que está perto da rodovia e tem grande potencial para ser zona de consumo. No

modelo optou-se por escolher a cidade de Formoso do Araguaia, por esta ter acesso à matéria-prima em abundância e ainda estar muito perto de Gurupi, podendo assim usufruir tanto do acesso à matéria-prima quanto ao acesso à zona de consumo.

Paraíso não foi considerado em nossa análise pelo motivo que o município foi escolhido para ser zona de consumo. Paraíso do Tocantins mesmo não sendo foco de nossa análise para ser um município de instalação de uma usina, ela representa um potencial considerado para implantação. O município que foi considerado para substituir Paraíso do Tocantins foi Caseara por possuir matéria-prima disponível e estar próximo a Paraíso.

Palmas, não foi considerado pelo motivo de um dos objetivos a serem atendidos seria a descentralização do produto. Como a quantidade proposta para fabricação semanal é de 10.000 mil litros, Palmas necessitariam seis usinas para que pudesse ser abastecida. Assim, Palmas foram consideradas como um município com grande potencial de zona de consumo.

5. CONCLUSÃO

A infra-estrutura de transporte existente no Estado do Tocantins depende em quase sua totalidade o modal rodoviário utilizando, principalmente a BR153. Em um futuro muito próximo poderão se utilizar Ferrovia Norte Sul (FNS) e a Hidrovia Araguaia-Tocantins. Este trabalho já considerou os três modais prontos e funcionando para realizar a análise de possíveis logísticas disponíveis no Estado do Tocantins.

Este estudo utilizou-se de um modelo matemático Programação Linear Inteira Mista, operacionalizada no Excel para determinar os pontos ótimos para implantação da usina de biodiesel. Para determinação e execução do modelo utilizaram-se como premissas para implantação da usina de biodiesel: 1) os municípios (pontos ótimos) com acima de 10.000 mil habitantes; 2) foram eliminados os municípios que ficaram com demografia muito acima ou abaixo da média e também os que já possuíam usinas não poderiam ser considerados para implantação das novas usinas; 3) municípios produtoras de matéria-prima para produção de biodiesel; 4) descentralização da produção de biodiesel; 5) municípios pertos de modais de transporte; 6) foi considerada a entrega de 5 toneladas de matéria prima semanal pelo fornecedor de matéria prima; 7) até a distancia de 500 km da usina ate a cidade considerada como zona de consumo; 8) a usina implantada produz ate 10.000 mil litros por semana de biodiesel, 9) Um mesmo preço de custo de construção da usina em relação a prédios e outros itens para cada usina, 11) a mesma capacidade de produção e estoque para cada usina, 12) Quando o fornecedor da matéria prima, a zona de consumo e a usina no mesmo ponto foi considerada 1km para o deslocamento entre elas..

Este estudo baseou-se no referencial teórico sobre logística e teoria da localização para justificá-lo. Após a execução do modelo matemático desenvolveu-se três cenários para a apresentação dos municípios tocantinenses com maior potencial logístico para o recebimento das novas usinas.

Os municípios tocaninenses escolhidos para a execução do modelo matemático foram inicialmente 33, o modelo matemático depois de aplicado utilizando os dados pré-estabelecidos pela pesquisadora e por sua orientadora, apresentou os 25 municípios com maior potencial para o recebimento das novas usinas de biodiesel. Esses municípios foram: , Porto Nacional, (2) Araguaína, (3) Guarai, (4) Araguatins, (5) Formoso do Araguaia, (6) Arapoema, (7) Palmeirópolis, (8) Tocantinópolis, (9) Caseara, (10) Alvorada, (11) Tupiratins, (12) Dianópolis, (13) Paraná, (14) Conceição do Tocantins, (15) Gurupi, (16) Araguaçu., (17) Lagoa da Confusão, (18) Arraias, (19) Santa Rosa do Tocantins, (20) Campos Lindos, (21) Natividade, (22) Santa Maria do Tocantins, (23) São Félix do Tocantins , (24) Araguacema,, (25) Peixe,

Para a realização dos três cenários utilizaram-se as seguintes premissas: 1) Zona de Consumo: Foram considerados dentre os municípios tocaninenses (resultantes da aplicação do PLIM) com potencial de consumo igual ou acima de 5 mil litros semanais e com o diferencial de distância entre o mesmo e a usina de até 500 km. 2) Produtor de matéria-prima: Foram considerados os 25 municípios (resultados do modelo PLIM) como fornecedores da matéria prima: oleaginosas, sebos bovinos ou ambos. 3) Pontos ótimos de implantação das Usinas: Dos 25 pontos ótimos (municípios) apresentados pelo modelo PLIM, somente os onze primeiros foram considerados para concorrer a implantação da Usina. Tal determinação levou em consideração que estes propiciam um custo menor de instalação.

Os cenários elaborados por este estudo foram três: 1) cenário de transporte; 2) cenário sobre a zona de consumo; 3) cenários gerais. No primeiro os municípios que se destacaram foram Araguaína, Guarai, Tupiratins, Porto Nacional, Alvorada, Caseara e Tocantinópolis. No segundo os que se destacaram como zona de consumo do produto final foram: Gurupi, Araguaína, Araguatins, Colinas do Tocantins, Guarai, Miracema, Paraíso do Tocantins. O terceiro cenário foi realizado utilizando cruzamento de dados do primeiro e do segundo cenários e os cinco primeiros municípios com maior potencial de recebimentos das novas usinas apresentadas pelo PLIM.

Como resultado final dos cenários apresentados concluiu-se que prioritariamente os municípios que deveriam receber as novas usinas, respectivamente, são: Araguaína, Guaraí, Formoso do Araguaia e Araguatins. A cidade de Porto Nacional estaria entre as classificadas do resultado final, porém foi eliminada por já possuir uma usina de grande porte que tem capacidade de suprir sua demanda e dos municípios ao redor.

Outros estudos relacionados à logística, modelo PLIM e estudo de localização de usinas de biodiesel poderão ser elaborados no futuro. O presente estudo delimitou-se a considerar somente a matéria-prima oleaginosa e sebo, porque o tempo de um ano para escrever a dissertação não permitiu que se estendesse e incluísse o etanol e outros que pertencem a cadeia de produção do biodiesel. Porém, os resultados obtidos foram satisfatórios e corresponderam as expectativas dos pesquisadores envolvidos.

Para futuros trabalhos pode-se sugerir que as variáveis utilizadas sejam diferentes de uma instalação para outra, assim trazendo um estudo mais avançado de logística.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Y, VIEIRA. Olhares no Estado do Tocantins: Economia, Estado e meio ambiente. Disponível em <http://www.eumed.net/libros/2010a/667/index.htm>.

AGENCIA NACIONAL DE PETROLEO E GAS NATURAL E BIOCOMBUSTIVEIS - ANP. Disponível em <http://www.anp.gov.br/>. Acesso dia 16/05/2010

AGENCIA NACIONAL DE TRANSPORTES - ANT. Disponível em <http://www.antt.gov.br/>. Acesso dia 20/05/2010.

ALLEONI, L.R.F.; BEAUCLAIR, E.G.F. Cana de açúcar cultivada após milho e amendoim. Sci. Agrícola, 53, 409 415, 1995.

ALVARENGA, A.C. Logística aplicada, suprimento e distribuição física. São Paulo: Pioneira, 2001.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

BATALHA, 2008,p 241BATALHA, Mário Otávio. Gestão Agroindustrial. São Paulo: Atlas, 2008.

BANDEIRA Renata A. de M. Proposta de um sistema de Análise para Localização de Depósitos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção. 2006. 150pg.

BIODIESEL 2006 . <http://www.biodieselbr.com/noticias/energia/subproduto-arroz-virar-oleo-combustivel-13-06-06.htm>. Acesso dia 16/05/2010

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

BUARQUE, S. C. Elaboração de cenários do Brasil e da Amazônia brasileira – análise de experiências recentes de cenários elaborados por empresas e instituições nacionais e regionais no Brasil. Recife: Ipea, março de 1998, mimeo.

BRADLEY, Peter. Facing the millennium. Logística empresarial, o processo de Integração da Cadeia de Suprimentos. São Paulo: Atlas 1998.

CALLIOLLI et al. Álgebra linear e aplicações. 6 ed. São Paulo: Atual, 1990.

CAIXETA-FILHO José V. Pesquisa Operacional: Técnicas aplicadas a sistema agroindustriais. 2da. Edição São Paulo Editora Atlas 2004 pg 170.

CAPRA, F. A teia da vida (The web of life) – uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix/Amana-key, 1996.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo – Fase 2, Capítulo 2. Março, 2007.

CHIAVENATO, Idalberto. Administração de Materiais. São Paulo. Editora Campus 2009.

CHRISTOPHER, Martin. Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços. São Paulo: Pioneira, 1997.

COPPEAD-UFRJ. Indicadores de Transporte - Brasil. Centro de Estudos em Logística. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Gerenciamento da cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operações. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

DANTAS, M. B.; Obtenção, Caracterização e Estudo Termoanalítico de Biodiesel de Milho. 2006. 205 f. Dissertação (Mestrado em Química), Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2006.

FEOFILOFF Paulo. Algoritmos de Programação Linear Departamento de Ciência da Computação do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo, PP 206, ano 2005

FURTADO, A. T.; SCANDIFFIO, M. I. G. A Promessa do Etanol no Brasil. Scientific American, Edição Especial Brasil; Ano 5; No. 53; Outubro; 2006

GANNON, C. and LIU, Z. 1997. "Poverty and Transport." TWU Discussion Paper 30. World Bank, Washington DC.

GOLDBARG, M.C.; LUNA, H.P.L. Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

HAKIMI, S. L. Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. Operations Research, v.12, p.450-459, 1964. (HAKIMI 1964).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=to>. Acesso dia 20/11/2009.

JORDÃO FILHO, W. Implementação de negócios de biodiesel no Brasil: Estudo de viabilidade técnica e financeira preliminar, 2004.

LAKSMANAN, T. and WILLIAN, A. 2001. "Transport and Trade in the North American Free Trade Agreement." In World Bank Transport and Trade in the North American Free Trade Agreement.2001.

MACHADO, V. A. P. – Movimentação e armazenagem: Logística de uma rede de hipermercados, 2006 Disponível em <http://hipermercado.blogspot.com/2006/04/viii-movimentao-e-armazenagem.html>, acesso dia 10/02/2009

MACHADO, V.A.P, CABRITA, M.- Técnicas de Previsão. Monte de Caparica: FCT-UNL, 2009.

MARTINS, P G. ALT, Paulo Renato Campos. Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais. Editora Saraiva, 2006. P. 67 – 127.

MEZA Máximo M. Tópicos de Estadística Descriptiva y Probabilidad Talleres gráficos de La Editorial San Marcos. Lima – Perú 1988, pp530.

MELLO, Jose Carlos. Transporte e desenvolvimento econômico. Brasília:EBTU, 1994. 259p.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES e repassados através do Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT. Acesso através do site <http://transportes.gov.br>. 2007.

NOVAES, Antônio, G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

NOVAES Antônio Galvão. *Teoria, sistemas e Modelos*.Rio de Janeiro: Campus 2004

NOVAES, A. G.; ALVARENGA, A. C. Logística Aplicada – suprimento e distribuição física. São Paulo: Pioneira. 1994

NUCLEO DE ESTUDO E PESQUISAS AMBIENTAIS – NEPAM. Introdução ao estudo de planejamento de sistemas energéticos. Campinas: UNICAMP/NEPAM, 1994.

OWEN, Mal. SPC and Continuous Improvement. 1 ed. USA: IFS Publications, 1994.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003.

PLANO DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO – PAC 2007-2010 – CASA CIVIL, Presidência da República. Brasília; Janeiro; 2007. Acesso através do site: [www.brasil.gov.br / pac](http://www.brasil.gov.br/pac); 2008.

RAZZOLINI, E.F. Logística - Evolução na Administração - Desempenho e Flexibilidade,Ed. Juruá,2006.

RESENDE, E. Situação atual dos transportes no Brasil. Revista Transportes Agora 2003. Disponível em http://www.transportes.gov.br/ascom/transporte_Agora/, acesso dia 05/06/2009.

ROSA, Denise P., 2005. O Planejamento de Centros Logísticos com Base na Agregação de Valor por Serviços Logísticos em Terminais de Transportes. (Tese de Doutorado)

SCANDIFFIO, M.I.G. Análise Prospectiva do Álcool Combustível no Brasil – Cenários 2004- 2024. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas; Fevereiro; 2005.

FURTADO, André Tosi; SCANDIFFIO, Mirna Ivonne Gaya. A Promessa do Etanol no Brasil. Scientific American, Edição Especial Brasil. Ano 5, No. 53, Outubro, 2006.

SIMCHI-LEVI, D. Coordinating Production. Distribution and transportation Decisions in the Supply Chain: In 1998. Workshop On Supply Chain Management. In Electronic Commerce, 1998, Gainesville. Disponível em <http://www.ise.ufl.edu/Supplychain/done/Day3/Levi/>, Acesso dia 15/01/2010.

SCHWARTZ, J. Air pollution and daily mortality in Birmingham, Alabama, American Journal of Epidemiology, Baltimore, v. 137, n.10, p.1136-1147, 1999.

SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W. Particulate air pollution and daily mortality in Steubenville, Ohio. American Journal of Epidemiology, Baltimore, v. 135, n.1, p.12-19, 1992.

SCANDIFFIO, Mirna Ivonne Gaya. Análise Prospectiva do Álcool Combustível no Brasil – Cenários 2004-2024. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Fevereiro, 2005.

SEBRAE (2010) [http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/4EFA4E648D683F8F83257331006C749C/\\$File/NT00035F32.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/4EFA4E648D683F8F83257331006C749C/$File/NT00035F32.pdf). Acesso 22 de 02 de 2010

SEBRAE -01- (2010) [http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/73D011B3A3C56D8D8325730E00700DF1/\\$File/NT00035D02.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/73D011B3A3C56D8D8325730E00700DF1/$File/NT00035D02.pdf) Acesso 22 de 02 de 2010

SEBRAE-02-(2010) [http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/56067E2131E54D2C8325730E006B8A66/\\$File/NT00035C6A.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/56067E2131E54D2C8325730E006B8A66/$File/NT00035C6A.pdf). Acesso 22 de 02 de 2010

SEBRAE-03-2010 [http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/d086c43daf01071b03256ebe004897a0/971054c726538ee88325730d006f996b/\\$FILE/NT00035BF6.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/d086c43daf01071b03256ebe004897a0/971054c726538ee88325730d006f996b/$FILE/NT00035BF6.pdf).. Acesso dia 22/07/10

SEFAZ (2010) <http://www.sefaz.to.gov.br/IPM/desempenhoValorAdicionado/GUARA12005A2008.pdf>

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO – SEAGRO. Disponível em <http://www.seagro.to.gov.br/conteudo.php?id=20>, acesso dia 10/05/2010

SECRETARIA DA COMUNICAÇÃO – SECOM. Disponível em <http://secom.to.gov.br/noticia/projetos-de-usinas-sao-apresentados-a-sesau/12299>, acesso dia 12/12/2009

SOUZA, R., MAURINA, M. & COSTA, B. J. (2006), Programa Paranaense de Bioenergia. Disponível em: <http://www.iapar.br>, acesso em: 20/11/2009.

VAN DER HEIJDEN, K. Scenarios – the art of strategic conversation. Chichester, Nova York, Brisbane, Toronto, Singapura: John Wiley & Sons, 1996.

VENTURINI FILHO, W. G.; MENDES, B. P. Fermentação alcoólica de raízes tropicais. p. 530-575. In: Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas, Fundação Cargill, v. 3; 2003.

ZHOURI, A. (Org.); Pereira, D. B. (Org.); LASCHEFSKI, K. (Org.). A Insustentável Leveza da Política Ambiental. Desenvolvimento e conflitos socioambientais. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2005. 287 p.

APÊNDICE

Apêndice 1.1

Ferrovia Norte-Sul



Apêndice 3.1

Populações Residentes, em 1º de abril de 2007, segundo os municípios				
SIGLA U.F.	COD U.F.	COD/MUNIC	MUNICÍPIOS	POPULAÇÕES
TO	17	00251	Abreulândia	2.245
TO	17	00301	Aguiarnópolis	3.995
TO	17	00350	Aliança do Tocantins	5.701
TO	17	00400	Almas	7.488
TO	17	00707	Alvorada	7.976
TO	17	01002	Ananás	9.358
TO	17	01051	Angico	3.169
TO	17	01101	Aparecida do Rio Negro	4.018
TO	17	01309	Aragominas	5.469
TO	17	01903	Araguacema	5.423
TO	17	02000	Araguaçu	8.989
TO	17	02109	Araguaina	115.759
TO	17	02158	Araguanã	5.000
TO	17	02208	Araguatins	25.973
TO	17	02307	Arapoema	6.839
TO	17	02406	Arraias	10.626
TO	17	02554	Augustinópolis	14.800
TO	17	02703	Aurora do Tocantins	3.385
TO	17	02901	Axixá do Tocantins	8.917
TO	17	03008	Babaçulândia	10.372
TO	17	03057	Bandeirantes do Tocantins	2.711
TO	17	03073	Barra do Ouro	3.581
TO	17	03107	Barrolândia	5.155
TO	17	03206	Bernardo Sayão	4.518
TO	17	03305	Bom Jesus do Tocantins	2.710
TO	17	03602	Brasilândia do Tocantins	2.119
TO	17	03701	Brejinho de Nazaré	5.295
TO	17	03800	Buriti do Tocantins	8.164
TO	17	03826	Cachoeirinha	2.171
TO	17	03842	Campos Lindos	7.615
TO	17	03867	Cariri do Tocantins	3.562
TO	17	03883	Carmolândia	2.313
TO	17	03891	Carrasco Bonito	3.314
TO	17	03909	Caseara	4.667
TO	17	04105	Centenário	2.386
TO	17	05102	Chapada da Natividade	3.680
TO	17	04600	Chapada de Areia	1.239
TO	17	21000	Palmas	178.386
TO	17	05508	Colinas do Tocantins	29.298
TO	17	16703	Colméia	8.759
TO	17	05557	Combinado	4.878
TO	17	05607	Conceição do Tocantins	4.402
TO	17	06001	Couto de Magalhães	4.887
TO	17	06100	Cristalândia	6.520
TO	17	06258	Crixás do Tocantins	1.264
TO	17	06506	Darcinópolis	5.130

Continuação: Populações Residentes , em 1º de abril de 2007, segundo os municípios				
SIGLA U.F	COD U.F.	COD MUNIC	MUNICÍPIOS	POPULAÇÕES (continuação)
TO	17	07009	Dianópolis	18.584
TO	17	07108	Divinópolis do Tocantins	6.359
TO	17	07207	Dois Irmãos do Tocantins	7.060
TO	17	07306	Dueré	4.489
TO	17	07405	Esperantina	8.134
TO	17	07553	Fátima	3.984
TO	17	07652	Figueirópolis	4.820
TO	17	07702	Filadélfia	7.787
TO	17	08205	Formoso do Araguaia	18.225
TO	17	08254	Fortaleza do Tabocão	2.101
TO	17	08304	Goianorte	5.221
TO	17	09005	Goiatins	11.639
TO	17	09302	Guarai	21.669
TO	17	09500	Gurupi	71.413
TO	17	09807	Ipueiras	1.698
TO	17	10508	Itacajá	6.386
TO	17	10706	Itaguatins	6.074
TO	17	10904	Itapiratins	3.421
TO	17	11100	Itaporã do Tocantins	2.989
TO	17	11506	Jaú do Tocantins	3.789
TO	17	11803	Juarina	2.141
TO	17	11902	Lagoa da Confusão	8.220
TO	17	11951	Lagoa do Tocantins	3.179
TO	17	12009	Lajeado	2.159
TO	17	12157	Lavandeira	1.590
TO	17	12405	Lizarda	3.634
TO	17	12454	Luzinópolis	2.784
TO	17	12504	Marianópolis do Tocantins	4.473
TO	17	12702	Mateiros	1.737
TO	17	12801	Maurilândia do Tocantins	3.185
TO	17	13205	Miracema do Tocantins	19.683
TO	17	13304	Miranorte	11.858
TO	17	13601	Monte do Carmo	6.387
TO	17	13700	Monte Santo do Tocantins	1.858
TO	17	13957	Muricilândia	2.850
TO	17	14203	Natividade	9.090
TO	17	14302	Nazaré	4.528
TO	17	14880	Nova Olinda	10.518
TO	17	15002	Nova Rosalândia	3.772
TO	17	15101	Novo Acordo	3.754
TO	17	15150	Novo Alegre	1.801
TO	17	15259	Novo Jardim	2.419
TO	17	15507	Oliveira de Fátima	1.081
TO	17	21000	Palmas	178.386
TO	17	15705	Palmeirante	4.689
TO	17	13809	Palmeiras do Tocantins	4.542
TO	17	15754	Palmeirópolis	8.120
TO	17	16109	Paraíso do Tocantins	40.290

Continuação: Populações Residentes , em 1º de abril de 2007, segundo os municípios				
SIGLA U.F	COD U.F.	COD MUNIC	MUNICÍPIOS	POPULAÇÕES (continuação)
TO	17	16208	Paraná	10.491
TO	17	16307	Pau D'Arco	4.767
TO	17	16505	Pedro Afonso	10.294
TO	17	16604	Peixe	8.750
TO	17	16653	Pequizeiro	4.799
TO	17	17008	Pindorama do Tocantins	4.397
TO	17	17206	Piraquê	3.014
TO	17	17503	Pium	6.403
TO	17	17800	Ponte Alta do Bom Jesus	4.529
TO	17	17909	Ponte Alta do Tocantins	6.569
TO	17	18006	Porto Alegre do Tocantins	2.830
TO	17	18204	Porto Nacional	45.289
TO	17	18303	Praia Norte	7.060
TO	17	18402	Presidente Kennedy	3.680
TO	17	18451	Pugmil	2.165
TO	17	18501	Recursolândia	3.665
TO	17	18550	Riachinho	3.691
TO	17	18659	Rio da Conceição	1.454
TO	17	18709	Rio dos Bois	2.092
TO	17	18758	Rio Sono	6.167
TO	17	18808	Sampaio	3.672
TO	17	18840	Sandolândia	3.443
TO	17	18865	Santa Fé do Araguaia	5.610
TO	17	18881	Santa Maria do Tocantins	2.673
TO	17	18899	Santa Rita do Tocantins	2.260
TO	17	18907	Santa Rosa do Tocantins	4.417
TO	17	19004	Santa Tereza do Tocantins	2.297
TO	17	20002	Santa Terezinha do Tocantins	2.291
TO	17	20101	São Bento do Tocantins	4.447
TO	17	20150	São Félix do Tocantins	1.409
TO	17	20200	São Miguel do Tocantins	10.221
TO	17	20259	São Salvador do Tocantins	3.012
TO	17	20309	São Sebastião do Tocantins	4.244
TO	17	20499	São Valério da Natividade	4.885
TO	17	20655	Silvanópolis	5.098
TO	17	20804	Sítio Novo do Tocantins	9.302
TO	17	20853	Sucupira	1.667
TO	17	21000	Palmas	178.386
TO	17	20903	Taguatinga	14.110
TO	17	20937	Taipas do Tocantins	1.916
TO	17	20978	Talismã	2.555
TO	17	21109	Tocantínia	6.663
TO	17	21208	Tocantinópolis	21.334
TO	17	21257	Tupirama	1.405
TO	17	21307	Tupiratins	2.007
TO	17	22081	Wanderlândia	9.317
TO	17	22107	Xambioá	10.856

Fonte: Tabela 3.4 *apud* IBGE (2009)

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>

Apêndice 3.2

Área plantada (soja), área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas, segundo as Mesorregiões, Microrregiões e os Municípios produtores - 2007 Tocantins					
Unidades da Federação, Mesorregiões, Microrregiões e os Municípios	Área Plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)	Valor (1000 R\$)
Soja (em grão)					
Tocantins	304 096	304 096	731 672	2 406	322 064
Ocidental do Tocantins	106 156	106 156	260 909	2 457	118 611
Bico do Papagaio	3 800	3 800	9 760	2 568	4 213
Darcinópolis	3 600	3 600	9 360	2 600	4 053
São Bento do Tocantins	200	200	400	2 000	160
Araguaína	10 250	10 250	24 869	2 426	12 355
Arapoema	760	760	1 900	2 500	950
Bandeirantes do Tocantins	280	280	700	2 500	350
Colinas do Tocantins	240	240	600	2 500	300
Nova Olinda	5 700	5 700	13 680	2 400	6 840
Palmeirante	2 850	2 850	7 125	2 500	3 563
Santa Fé do Araguaia	300	300	540	1 800	216
Wanderlândia	120	120	324	2 700	136
Miracema do Tocantins	41 640	41 640	97 062	2 330	45 199
Barrolândia	800	800	1 872	2 340	779
Brasilândia do Tocantins	5 700	5 700	13 680	2 400	6 840
Couto de Magalhães	670	670	1 675	2 500	838
Fortaleza do Tabocão	3 000	3 000	6 480	2 160	2 696
Guaraí	9 000	9 000	22 500	2 500	11 250
Miracema do Tocantins	1 500	1 500	3 150	2 100	1 310
Miranorte	900	900	2 160	2 400	899
Pequizeiro	570	570	1 425	2 500	713
Presidente Kennedy	6 200	6 200	14 880	2 400	7 440
Rio dos Bois	2 500	2 500	6 000	2 400	2 496
Tupirama	8 000	8 000	16 800	2 100	6 720
Tupiratins	2 800	2 800	6 440	2 300	3 220
Rio Formoso	28 846	28 846	75 030	2 601	33 208
Araguaçu	1 600	1 600	3 600	2 250	1 559
Dueré	1 700	1 700	4 420	2 600	1 914
Formoso do Araguaia	8 400	8 400	22 260	2 650	9 639
Lagoa da Confusão	12 000	12 000	32 400	2 700	14 904
Paraíso do Tocantins	1 300	1 300	3 120	2 400	1 298
Pium	3 846	3 846	9 230	2 399	3 895
Gurupi	21 620	21 620	54 188	2 506	23 636
Alvorada	2 350	2 350	6 110	2 600	2 646
Brejinho de Nazaré	2 500	2 500	6 000	2 400	2 760
Cariri do Tocantins	1 000	1 000	2 100	2 100	909
Crixás do Tocantins	2 300	2 300	5 635	2 450	2 440
Figueirópolis	3 400	3 400	9 350	2 750	4 049

Continuação do apêndice 3.2

Continuação: Área plantada (soja), área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas, segundo as Mesorregiões, Microrregiões e os Municípios produtores - 2007					
Tocantins (continuação)					
Unidades da Federação, Mesorregiões, Microrregiões e os Municípios	Área Plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)	Valor (1000 R\$)
Jaú do Tocantins	170	170	323	1 900	140
Peixe	2 800	2 800	6 440	2 300	2 789
Santa Rita do Tocantins	1 500	1 500	3 600	2 400	1 570
Sucupira	3 500	3 500	9 275	2 650	4 016
Talismã	2 100	2 100	5 355	2 550	2 319
Oriental do Tocantins	197 940	197 940	470 763	2 378	203 453
Porto Nacional	73 825	73 825	165 230	2 238	69 740
Aparecida do Rio Negro	2 800	2 800	6 720	2 400	2 930
Bom Jesus do Tocantins	5 500	5 500	11 550	2 100	4 620
Monte do Carmo	5 525	5 525	13 260	2 400	5 781
Palmas	2 000	2 000	5 000	2 500	2 250
Pedro Afonso	35 000	35 000	73 500	2 100	29 400
Porto Nacional	11 000	11 000	26 400	2 400	11 510
Santa Maria do Tocantins	4 500	4 500	10 800	2 400	5 400
Silvanópolis	7 500	7 500	18 000	2 400	7 848
Jalapão	92 815	92 815	232 418	2 504	102 140
Barra do Ouro	2 000	2 000	4 800	2 400	2 064
Campos Lindos	49 000	49 000	127 400	2 600	55 164
Centenário	2 300	2 300	5 750	2 500	2 875
Goiatins	4 500	4 500	10 350	2 300	4 482
Itacajá	2 800	2 800	6 720	2 400	3 360
Itapiratins	3 000	3 000	7 350	2 450	3 675
Mateiros	26 835	26 835	64 404	2 400	28 080
Ponte Alta do Tocantins	1 300	1 300	3 120	2 400	1 360
Recursolândia	280	280	700	2 500	350
Rio Sono	800	800	1 824	2 280	730
Dianópolis	31 300	31 300	73 115	2 335	31 573
Almas	500	500	1 150	2 300	495
Chapada da Natividade	4 500	4 500	10 350	2 300	4 461
Dianópolis	12 500	12 500	30 000	2 400	12 900
Natividade	700	700	1 680	2 400	731
Novo Jardim	800	800	1 920	2 400	826
Ponte Alta do Bom Jesus	200	200	480	2 400	202
Rio da Conceição	1 300	1 300	3 120	2 400	1 342
Santa Rosa do Tocantins	6 500	6 500	15 600	2 400	6 802
São Valério da Natividade	4 300	4 300	8 815	2 050	3 817

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2007.

Nota: Dados sujeitos a revisão.

Apêndice 3.3

Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção de cereais, leguminosas Municípios Tocantins - 2006					
Municípios e Principais produtos	Área plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)	
Pedro Afonso	52 880	52 880	..	..	35 889
Soja (em grão)	43 380	43 000	87 720	2 040	30 702
Sorgo granífero (em grão)	9 500	9 500	13 300	1 400	5 187
Campos Lindos	48 200	42 200			36 468
Soja (em grão)	48 000	42 000	90 720	2 160	36 288
Sorgo granífero (em grão)	200	200	300	1 500	180
Mateiros	27 105	27 105	..	..	23 711
Soja (em grão)	26 835	26 835	64 404	2 400	23 507
Sorgo granífero (em grão)	270	270	567	2 100	204
Porto Nacional	21 680	21 680	..	..	14 947
Soja (em grão)	13 000	13 000	29 640	2 280	10 448
Sorgo granífero (em grão)	8 000	8 000	16 800	2 100	4 200
Mamona (baga)	680	680	544	800	299
Lagoa da Confusão	14 000	14 000			13 356
Soja (em grão)	14 000	14 000	37 800	2 700	13 356
Dianópolis	13 300	13 300	..	..	12 354
Soja (em grão)	13 000	13 000	31 200	2 400	11 544
Algodão herbáceo (em caroço)	300	300	900	3 000	810
Tupirama	13 000	13 000	..	..	8 878
Soja (em grão)	10 000	10 000	20 400	2 040	7 140
Sorgo granífero (em grão)	3 000	3 000	4 200	1 400	1 638
Guaraí	9 500	9 500			8 645
Soja (em grão)	9 500	9 500	24 700	2 600	8 645
Formoso do Araguaia	8 350	8 350			8 360
Soja (em grão)	8 350	8 350	22 000	2 634	8 360
Santa Rosa do TO	7 400	7 400	..	..	5 807
Soja (em grão)	7 000	7 000	15 960	2 280	5 626
Sorgo granífero (em grão)	400	400	800	2 000	181
Monte do Carmo	6 500	6 500			5 335
Soja (em grão)	6 500	6 500	14 820	2 280	5 335
Presidente Kennedy	6 500	6 500			5 324
Soja (em grão)	6 500	6 500	15 210	2 340	5 324
Nova Olinda	6 000	6 000			5 355
Soja (em grão)	6 000	6 000	15 300	2 550	5 355
Bom Jesus do Tocantins	6 000	6 000			4 284
Soja (em grão)	6 000	6 000	12 240	2 040	4 284
Palmas	2 500	2 500			2 565

Continuação: Municípios e Principais produtos	Área plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)	Valor (1 000 R\$)
Brasilândia do Tocantins	6 000	6 000			4 900
Soja (em grão)	6 000	6 000	14 000	2 333	4 900
Brejinho de Nazaré	5 000	5 000			4 290
Soja (em grão)	5 000	5 000	12 000	2 400	4 290
Silvanópolis	4 500	4 500			3 617
Soja (em grão)	4 500	4 500	10 260	2 280	3 617
Itapiratins	4 500	4 500			4 016
Soja (em grão)	4 500	4 500	11 475	2 550	4 016
São Valério da Natividade	4 370	4 370			3 395
Soja (em grão)	4 370	4 370	9 177	2 100	3 395
Darcinópolis	4 300	3 670	..	..	2 946
Soja (em grão)	4 200	3 570	8 925	2 500	2 856
Sorgo granífero (em grão)	100	100	150	1 500	90
Goiatins	4 200	3 520			3 098
Soja (em grão)	4 200	3 520	7 744	2 200	3 098
Alvorada	4 000	4 000	..	..	3 446
Soja (em grão)	4 000	4 000	9 600	2 400	3 446
Chapada da Natividade	4 000	4 000	..	..	3 360
Soja (em grão)	4 000	4 000	9 600	2 400	3 360
Fortaleza do Tabocão	4 000	4 000	..	..	2 800
Soja (em grão)	3 000	3 000	6 480	2 160	2 268
Sorgo granífero (em grão)	1 000	1 000	1 400	1 400	532
Santa Maria do Tocantins	4 000	4 000			3 640
Soja (em grão)	4 000	4 000	10 400	2 600	3 640
Gurupi	3 800	3 800			3 383
Soja (em grão)	3 800	3 800	9 424	2 480	3 383
Aparecida do Rio Negro	3 500	3 500			2 961
Soja (em grão)	3 500	3 500	8 400	2 400	2 961
Figueirópolis	3 500	3 500			3 330
Soja (em grão)	3 500	3 500	9 275	2 650	3 330
Itacajá	3 000	3 000			2 625
Soja (em grão)	3 000	3 000	7 500	2 500	2 625
Palmeirante	3 000	3 000			2 625
Soja (em grão)	3 000	3 000	7 500	2 500	2 625
Tupiratins	3 000	3 000			2 468
Soja (em grão)	3 000	3 000	7 050	2 350	2 468
Rio dos Bois	3 000	3 000			2 520
Soja (em grão)	3 000	3 000	7 200	2 400	2 520
Centenário	2 500	2 500			2 125
Soja (em grão)	2 500	2 500	6 250	2 500	2 125

Continuação: Municípios e Principais produtos	Área plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)	Valor (1 000 R\$)
Soja (em grão)	2 500	2 500	5 700	2 280	2 565
Sucupira	2 500	2 500			2 289
Soja (em grão)	2 500	2 500	6 375	2 550	2 289
Crixás do Tocantins	2 400	2 400			2 068
Soja (em grão)	2 400	2 400	5 760	2 400	2 068
Barra do Ouro	2 200	1 760			1 619
Soja (em grão)	2 200	1 760	4 048	2 300	1 619
Peixe	2 100	2 100			1 719
Soja (em grão)	2 100	2 100	4 788	2 280	1 719
Talismã	2 000	2 000			1 795
Soja (em grão)	2 000	2 000	5 000	2 500	1 795
Miracema do Tocantins	1 940	1 940	..	..	1 350
Soja (em grão)	1 540	1 540	3 234	2 100	1 132
Sorgo granífero (em grão)	400	400	560	1 400	218
Ipueiras	1 700	1 700			1 366
Soja (em grão)	1 700	1 700	3 876	2 280	1 366
Araguaçu	1 700	1 700			1 373
Soja (em grão)	1 700	1 700	3 740	2 200	1 373
Dueré	1 650	1 650			1 744
Soja (em grão)	1 660	1 660	4 482	2 700	1 703
Mamona (baga)	50	50	75	1 500	41
Rio da Conceição	1 500	1 500			1 260
Soja (em grão)	1 500	1 500	3 600	2 400	1 260
Santa Rita do Tocantins	1 500	1 500			1 269
Soja (em grão)	1 500	1 500	3 600	2 400	1 269
Ponte Alta do Tocantins	1 415	1 415	..	..	1 133
Soja (em grão)	1 300	1 300	2 964	2 280	1 045
Mamona (baga)	115	115	115	1 000	98
Paraíso do Tocantins	1 300	1 300			1 092
Soja (em grão)	1 300	1 300	3 120	2 400	1 092
Cariri do Tocantins	1 100	1 100			790
Soja (em grão)	1 100	1 100	2 200	2 000	790
Novo Jardim	1 000	1 000	2 400	2 400	840
Soja (em grão)	1 000	1 000	2 400	2 400	840
Pium	1 000	1 000			852
Soja (em grão)	1 000	1 000	2 400	2 400	852
Miranorte	900	900			756
Soja (em grão)	900	900	2 160	2 400	756
Rio Sono	875	875			735
Soja (em grão)	875	875	2 100	2 400	735
Almas	800	800			616
Soja (em grão)	800	800	1 760	2 200	616

Continuação: Municípios e Principais produtos	Área plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)	Valor (1 000 R\$)
Arapoema	800	800			680
Soja (em grão)	800	800	2 000	2 500	680
Barrolândia	800	800			655
Soja (em grão)	800	800	1 872	2 340	655
Couto de Magalhães	700	700			613
Soja (em grão)	700	700	1 750	2 500	613
Pequizeiro	600	600			536
Soja (em grão)	600	600	1 530	2 550	536
Marianópolis do Tocantins	500	500			399
Soja (em grão)	500	500	1 140	2 280	399
Araguacema	400	400			319
Soja (em grão)	400	400	912	2 280	319
São Bento do Tocantins	400	400			251
Soja (em grão)	400	400	800	2 000	251
Bandeirantes do Tocantins	300	300			255
Soja (em grão)	300	300	750	2 500	255
Recursolândia	300	300			268
Soja (em grão)	300	300	765	2 550	268
Pau D'Arco	300	300			263
Soja (em grão)	300	300	750	2 500	263
Colinas do Tocantins	250	250			234
Soja (em grão)	250	250	650	2 600	234
Lizarda	200	200			126
Soja (em grão)	200	200	360	1 800	126
Santa Fé do Araguaia	200	200	330	1 650	132
Soja (em grão)	200	200	330	1 650	132
Ponte Alta do Bom Jesus	200	200			168
Soja (em grão)	200	200	480	2 400	168
São Sebastião do Tocantins	180	180			114
Soja (em grão)	180	180	252	1 400	114
Jaú do Tocantins	150	150			100
Soja (em grão)	150	150	278	1 853	100
Wanderlândia	130	130			112
Soja (em grão)	130	130	351	2 700	112
Porto Alegre do Tocantins	110	110	..	..	107
Soja (em grão)	100	100	240	2 400	84
Mamona (baga)	10	10	25	2 500	23

Anexo 3.3 (continuação)

Municípios e Principais produtos	Área plantada (ha)	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)	Valor (1 000 R\$)
Araguaína	10	10			3
Algodão herbáceo (caroço)	10	10	20	2 000	3

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal

Apêndice 3.4

		Distância entre cidades (km)										
		Zona de Consumo										
		Araguaina	Nova Olinda	Colinas do Tocantins	Xambioá	São Miguel do Tocantins	Augustinópolis	Tocantinópolis	Araguatins	Gurupi	Guarai	Miranorte
Instalação de usinas	Araguaina	1	58	106	139	243	288	166	265	535	193	274
	Arapoema;	146	100	109	295	422	434	291	411	498	177	258
	Tocantinópolis	166	203	251	178	130	134	0	157	680	338	419
	Araguatins	265	311	359	209	71	23	174	0	788	446	527
	Gurupi	535	477	429	674	778	823	680	800	0	342	261
	Alvorada	624	566	518	763	867	912	769	889	90	407	326
	Peixe	608	550	502	747	851	896	753	873	73	396	315
	Guarai	193	135	87	332	436	481	338	458	337	1	81
	Araguacema	452	394	346	591	695	740	597	717	333	126	203
	Caseara	527	469	421	388	770	815	672	792	284	222	224
	Palmeirópolis	792	734	686	931	1035	1080	935	1057	197	539	458
	Tupiratins	164	106	65	303	407	452	309	429	379	40	118
	Lagoa da confusão	620	562	514	759	863	908	765	885	204	250	169
	Formoso do Araguaia	608	550	502	747	851	896	753	873	64	406	325
	Araguaçu.	726	743	686	809	962	962	907	964	170	528	443
	Dianópolis	761	703	655	900	1004	1049	906	1026	255	597	516
	Arraias	1024	966	918	1163	1267	1312	1169	1289	489	831	750
	Paraná	734	676	628	873	977	1022	879	999	199	541	460
	Natividade	651	593	545	790	894	939	796	916	143	485	404
	Conceição do Tocantins	700	642	594	839	943	988	845	965	225	567	486
Santa Rosa do Tocantins	557	499	451	696	800	845	702	822	204	546	465	
São Felix do Tocantins	411	389	351	516	577	597	479	583	362	287	256	
Campos lindos	260	215	154	399	503	548	405	525	564	222	303	
Porto Nacional	485	427	379	624	728	773	630	750	180	237	156	
Santa Maria do Tocantins	308	250	202	447	551	596	453	573	429	115	34	

Apêndice 3.4 (continuação)

		Distância entre cidades (km)										
		Zona de Consumo										
		Miracema do Tocantins	Formoso do Araguaia	Paraíso do Tocantins	Dianópolis	Arraias	Paraná	Taguatinga	Goiatins.	Porto Nacional	Pedro Afonso	Palmas
Instalação de usinas	Araguaina	284	608	437	761	1024	734	747	232	485	245	376
	Arapoema;	268	581	348	698	766	697	736	267	450	233	376
	Tocantinópolis	429	753	582	906	1169	879	749	377	630	390	525
	Araguatins	537	861	690	1014	1277	987	898	485	738	498	616
	Gurupi	271	73	98	226	489	199	342	588	182	326	246
	Alvorada	336	107	256	336	413	289	339	678	272	416	336
	Peixe	325	146	213	150	363	127	269	634	251	421	319
	Guarai	91	392	128	551	574	580	505	226	267	56	176
	Araguacema	213	470	304	605	667	560	585	381	357	182	297
	Caseara	234	346	186	510	773	481	578	387	265	228	257
	Palmeirópolis	468	270	171	242	223	89	261	738	294	500	458
	Tupiratins	128	452	168	605	868	519	534	126	294	76	231
	Lagoa da confusão	179	603	126	333	596	317	437	472	145	294	109
	Formoso do Araguaia	335	0	171	299	562	232	397	571	187	395	318
	Araguaçu.	448	141	368	413	364	248	420	786	332	527	433
	Dianópolis	526	300	353	1	207	174	104	483	232	376	355
	Arraias	760	562	587	213	1	120	96	701	336	508	425
	Paraná	470	272	297	217	128	1	175	606	250	448	363
	Natividade	414	216	241	112	174	110	175	492	146	350	234
	Conceição do Tocantins	486	298	323	112	105	93	106	553	237	412	286
	Santa Rosa do Tocantins	475	174	177	157	239	143	244	468	105	313	151
São Felix do Tocantins	231	416	278	176	350	345	283	321	232	244	214	
Campos lindos	313	570	373	445	606	581	544	70	394	196	546	
Porto Nacional	166	187	92	232	336	250	329	403	0	221	69	
Santa Maria do Tocantins	44	424	220	377	518	467	472	143	253	55	183	

Apêndice 3.4 (continuação)

		Distância entre cidades (km)									
		Zona de Consumo									
		Talisma	Alvorada	Wanderlândia	Palmeirópolis	Araguanã	Arapoema	Natividade	Ananás	Araguaçu	Sítio Novo do Tocantins
Instalação de usinas	Araguaina	674	637	53	749	95	157	656	117	731	267
	Arapoema;	671	634	207	746	245	0	653	271	728	421
	Tocantinópolis	814	777	90	889	202	297	796	126	871	182
	Araguatins	924	887	200	999	218	407	906	114	981	77
	Gurupi	128	91	596	203	634	543	204	660	185	810
	Alvorada	37	1	687	151	725	634	200	751	94	901
	Peixe	137	100	670	129	708	617	130	734	194	884
	Guarai	476	439	250	551	288	197	458	314	533	464
	Araguacema	535	498	501	610	539	448	517	565	592	715
	Caseara	508	471	612	583	650	559	490	676	656	826
	Palmeirópolis	187	151	799	1	837	746	199	863	245	1013
	Tupiratins	562	525	221	637	259	168	544	285	619	435
	Lagoa da confusão	265	228	545	340	583	492	331	609	322	759
	Formoso do Araguaia	144	107	670	258	708	617	276	734	151	884
	Araguaçu.	131	94	781	245	819	728	294	845	1	995
	Dianópolis	360	323	825	322	863	722	123	889	417	1039
	Arraias	432	395	903	326	941	850	197	967	489	1117
	Paraná	283	246	810	95	848	757	104	874	340	1024
	Natividade	237	200	706	199	744	653	1	770	294	920
	Conceição do Tocantins	324	287	795	218	833	742	89	859	381	1009
	Santa Rosa do Tocantins	302	265	641	264	679	588	65	705	359	855
	São Felix do Tocantins	438	414	436	412	502	425	236	497	516	574
Campos lindos	918	881	299	993	341	401	900	363	975	513	
Porto Nacional	310	273	542	363	580	489	164	606	367	756	
Santa Maria do Tocantins	565	528	367	640	405	314	547	431	622	581	

Apêndice 3.5

		Distância entre cidades (km)												
		Fornecedor de matéria prima												
		Araguaina	Nova Olinda	Palmeirante	Darcinópolis.	Gurupi	Brejinho de Nazaré	Figueirópolis	Alvorada	Guarai	Brasilândia do Tocantins	Tupirama	Tupiratins	Presidente Kennedy
Instalação de usinas	Araguaina	1	58	96	86	535	468	683	624	193	147	225	164	166
	Arapoema	146	100	139	193	498	414	549	592	177	112	190	144	125
	Tocantinópolis	166	203	194	68	680	590	738	769	338	292	347	309	310
	Araguatins	253	311	279	135	788	728	800	889	446	348	419	429	367
	Gurupi	535	477	494	703	1	106	55	90	342	415	365	379	408
	Alvorada	624	566	586	722	90	190	47	1	407	507	444	517	488
	Peixe	608	550	517	728	73	123	85	98	402	445	387	447	427
	Guarai	193	135	136	283	342	273	412	452	1	59	46	40	39
	Araguacema	452	394	237	347	333	304	410	453	126	138	165	180	130
	Caseara	527	496	312	413	284	279	373	417	222	217	226	257	195
	Palmeirópolis	792	734	706	775	197	258	143	110	539	572	499	572	553
	Tupiratins	164	106	75	216	379	333	475	517	78	48	77	0	55
	Lagoa da confusão	620	562	415	551	204	129	169	222	284	336	292	357	317
	Formoso do Araguaia	588	529	522	730	61	150	64	105	392	437	394	452	418
	Araguaçu.	726	743	734	798	170	291	124	100	528	582	526	595	563
	Dianópolis	761	703	481	678	255	234	303	310	551	446	376	426	431
	Arraias	1024	966	701	764	489	318	299	281	831	589	508	575	572
	Paraná	734	676	584	719	199	221	165	150	541	524	447	519	505
	Natividade	651	593	472	613	143	132	181	192	485	417	350	409	411
	Conceição do Tocantins	700	642	541	749	225	222	237	232	567	491	412	479	474
	Santa Rosa do Tocantins	557	499	440	583	204	83	151	173	546	388	312	385	370
	São Felix do Tocantins	411	389	332	444	362	262	402	414	287	321	244	289	310
	Campos lindos	260	215	128	187	564	423	581	681	222	199	496	239	218
	Porto Nacional	485	427	364	496	182	43	193	240	267	293	318	380	273
	Santa Maria do Tocantins	308	250	114	263	429	294	442	479	115	106	65	205	100

Apêndice 3.5 (continuação)

		Distância entre cidades (km)												
		Fornecedor de matéria prima												
		Formoso do Araguaia	Araguaçu.	Lagoa da confusão	Dianópolis	Santa Rosa do Tocantins	Mateiros	Campos lindos	Porto Nacional	Monte do Carmo	Pedro Afonso	Bom Jesus do Tocantins	Silvanópolis	Santa Maria do Tocantins
Instalação de usinas	Araguaina	608	726	761	523	523	465	260	485	437	245	260	549	308
	Arapoema	581	722	401	698	478	479	280	450	409	233	256	546	215
	Tocantinópolis	753	907	765	723	702	532	405	630	551	390	399	689	453
	Araguatins	861	964	885	1014	822	703	525	738	693	498	509	799	573
	Gurupi	73	170	204	255	204	365	564	182	163	326	379	239	429
	Alvorada	107	100	222	336	173	419	681	272	251	416	470	330	479
	Peixe	146	189	197	150	94	325	536	251	160	421	453	237	417
	Guarai	406	528	250	551	546	340	222	267	248	56	61	351	115
	Araguacema	470	506	251	605	379	439	354	357	307	182	284	410	222
	Caseara	346	447	186	510	358	460	409	265	299	228	395	383	279
	Palmeirópolis	270	171	323	242	194	402	716	294	290	500	582	306	527
	Tupiratins	452	595	357	605	385	345	157	294	299	76	147	437	68
	Lagoa da confusão	603	270	1	333	197	405	481	145	182	294	328	224	341
	Formoso do Araguaia	1	141	121	300	174	410	570	187	221	395	453	313	424
	Araguaçu.	141	1	270	413	285	509	780	332	348	527	564	424	565
	Dianópolis	300	413	368	1	157	138	445	232	186	376	608	226	377
	Arraias	562	364	420	213	239	307	606	336	310	508	686	304	518
	Paraná	272	248	317	217	143	319	581	250	235	448	593	211	467
	Natividade	216	306	266	112	63	220	467	146	123	350	489	107	367
	Conceição do Tocantins	298	331	344	112	135	238	521	237	200	412	578	196	423
	Santa Rosa do Tocantins	424	285	197	157	1	242	450	105	91	313	424	42	337
	São Felix do Tocantins	416	516	382	176	245	59	275	232	188	244	525	377	224
	Campos lindos	570	975	739	445	835	1028	1	394	499	196	503	793	561
	Porto Nacional	256	367	167	232	99	298	736	1	321	221	325	57	383
Santa Maria do Tocantins	511	622	386	377	482	675	561	253	62	55	58	440	1	

Apêndice 4.2

D_{ji} é o custo unitário de transporte por m³ transportado da usina j para a zona de consumo i o preço do mercado R\$ 0,0002 litro por quilômetro transportado

		Zona de Consumo										
D _{ji}		Araguaina	Nova Olinda	Colinas do Tocantins	Xambioá	São Miguel do Tocantins	Augustinópolis	Tocantinópolis	Araguatins	Gurupi	Guarai	Miranorte
Instalação de usinas	Araguaina	1	11,6	21,2	27,8	48,6	57,6	33,2	53	107	38,6	54,8
	Arapoema;	29,2	20	21,8	59	84,4	86,8	58,2	82,2	99,6	35,4	51,6
	Tocantinópolis	33,2	40,6	50,2	35,6	26	26,8	1	31,4	136	67,6	83,8
	Araguatins	53	62,2	71,8	41,8	14,2	4,6	34,8	1	157,6	89,2	105,4
	Gurupi	107	95,4	85,8	134,8	155,6	164,6	136	160	1	68,4	52,2
	Alvorada	124,8	113,2	103,6	152,6	173,4	182,4	153,8	177,8	18	81,4	65,2
	Peixe	121,6	110	100,4	149,4	170,2	179,2	150,6	174,6	14,6	79,2	63
	Guarai	38,6	27	17,4	66,4	87,2	96,2	67,6	91,6	67,4	1	16,2
	Araguacema	90,4	78,8	69,2	118,2	139	148	119,4	143,4	66,6	25,2	40,6
	Caseara	105,4	93,8	84,2	77,6	154	163	134,4	158,4	56,8	44,4	44,8
	Palmeirópolis	158,4	146,8	137,2	186,2	207	216	187	211,4	39,4	107,8	91,6
	Tupiratins	32,8	21,2	13	60,6	81,4	90,4	61,8	85,8	75,8	8	23,6
	Lagoa da confusão	124	112,4	102,8	151,8	172,6	181,6	153	177	40,8	50	33,8
	Formoso do Araguaia	121,6	110	100,4	149,4	170,2	179,2	150,6	174,6	12,8	81,2	65
	Araguaçu.	145,2	148,6	137,2	161,8	192,4	192,4	181,4	192,8	34	105,6	88,6
	Dianópolis	152,2	140,6	131	180	200,8	209,8	181,2	205,2	51	119,4	103,2
	Arraias	204,8	193,2	183,6	232,6	253,4	262,4	233,8	257,8	97,8	166,2	150
	Paraná	146,8	135,2	125,6	174,6	195,4	204,4	175,8	199,8	39,8	108,2	92
	Natividade	130,2	118,6	109	158	178,8	187,8	159,2	183,2	28,6	97	80,8
	Conceição do Tocantins	140	128,4	118,8	167,8	188,6	197,6	169	193	45	113,4	97,2
	Santa Rosa do Tocantins	111,4	99,8	90,2	139,2	160	169	140,4	164,4	40,8	109,2	93
	São Felix do Tocantins	82,2	77,8	70,2	103,2	115,4	119,4	95,8	116,6	72,4	57,4	51,2
	Campos lindos	52	43	30,8	79,8	100,6	109,6	81	105	112,8	44,4	60,6
Porto Nacional	97	85,4	75,8	124,8	145,6	154,6	126	150	36	47,4	31,2	
Santa Maria do Tocantins	61,6	50	40,4	89,4	110,2	119,2	90,6	114,6	85,8	23	6,8	

Apêndice 4.2 (continuação)

D_{ji} é o custo unitário de transporte por m³ transportado da usina j para a zona de consumo i o preço do mercado R\$ 0,0002 litro por quilômetro transportado

D _{ji}	Zona de Consumo										
	Miracema do Tocantins	Formoso do Araguaia	Paraíso do Tocantins	Dianópolis	Arraias	Paraná	Taguatinga	Goiatins.	Porto Nacional	Pedro Afonso	Palmas
Araguaina	56,8	121,6	87,4	152,2	204,8	146,8	149,4	46,4	97	49	75,2
Arapoema;	53,6	116,2	69,6	139,6	153,2	139,4	147,2	53,4	90	46,6	75,2
Tocantinópolis	85,8	150,6	116,4	181,2	233,8	175,8	149,8	75,4	126	78	105
Araguatins	107,4	172,2	138	202,8	255,4	197,4	179,6	97	147,6	99,6	123,2
Gurupi	54,2	14,6	19,6	45,2	97,8	39,8	68,4	117,6	36,4	65,2	49,2
Alvorada	67,2	21,4	51,2	67,2	82,6	57,8	67,8	135,6	54,4	83,2	67,2
Peixe	65	29,2	42,6	30	72,6	25,4	53,8	126,8	50,2	84,2	63,8
Guarai	18,2	78,4	25,6	110,2	114,8	116	101	45,2	53,4	11,2	35,2
Araguacema	42,6	94	60,8	121	133,4	112	117	76,2	71,4	36,4	59,4
Caseara	46,8	69,2	37,2	102	154,6	96,2	115,6	77,4	53	45,6	51,4
Palmeirópolis	93,6	54	34,2	48,4	44,6	17,8	52,2	147,6	58,8	100	91,6
Tupiratins	25,6	90,4	33,6	121	173,6	103,8	106,8	25,2	58,8	15,2	46,2
Lagoa da confusão	35,8	120,6	25,2	66,6	119,2	63,4	87,4	94,4	29	58,8	21,8
Formoso do Araguaia	67	1	34,2	59,8	112,4	46,4	79,4	114,2	37,4	79	63,6
Araguaçu.	89,6	28,2	73,6	82,6	72,8	49,6	84	157,2	66,4	105,4	86,6
Dianópolis	105,2	60	70,6	1	41,4	34,8	20,8	96,6	46,4	75,2	71
Arraias	152	112,4	117,4	42,6	1	24	19,2	140,2	67,2	101,6	85
Paraná	94	54,4	59,4	43,4	25,6	0,2	35	121,2	50	89,6	72,6
Natividade	82,8	43,2	48,2	22,4	34,8	22	35	98,4	29,2	70	46,8
Conceição do Tocantins	97,2	59,6	64,6	22,4	21	18,6	21,2	110,6	47,4	82,4	57,2
Santa Rosa do Tocantins	95	34,8	35,4	31,4	47,8	28,6	48,8	93,6	21	62,6	30,2
São Felix do Tocantins	46,2	83,2	55,6	35,2	70	69	56,6	64,2	46,4	48,8	42,8
Campos lindos	62,6	114	74,6	89	121,2	116,2	108,8	14	78,8	39,2	109,2
Porto Nacional	33,2	37,4	18,4	46,4	67,2	50	65,8	80,6	1	44,2	13,8
Santa Maria do Tocantins	8,8	84,8	44	75,4	103,6	93,4	94,4	28,6	50,6	11	36,6

Apêndice 4.2 (continuação)

D_{ji} é o custo unitário de transporte por m³ transportado da usina j para a zona de consumo i o preço do mercado R\$ 0,0002 litro por quilômetro transportado

	Zona de Consumo										
	Talisma	Alvorada	Wanderlândia	Palmeirópolis	Araguanã	Arapoema	Natividade	Ananás	Araguaçu	Sítio Novo do Tocantins	
Instalação de usinas	Araguaina	134,8	127,4	10,6	149,8	19	31,4	131,2	23,4	146,2	53,4
	Arapoema;	134,2	126,8	41,4	149,2	49	1	130,6	54,2	145,6	84,2
	Tocantinópolis	162,8	155,4	18	177,8	40,4	59,4	159,2	25,2	174,2	36,4
	Araguatins	184,8	177,4	40	199,8	43,6	81,4	181,2	22,8	196,2	15,4
	Gurupi	25,6	18,2	119,2	40,6	126,8	108,6	40,8	132	37	162
	Alvorada	7,4	1	137,4	30,2	145	126,8	40	150,2	18,8	180,2
	Peixe	27,4	20	134	25,8	141,6	123,4	26	146,8	38,8	176,8
	Guarai	95,2	87,8	50	110,2	57,6	39,4	91,6	62,8	106,6	92,8
	Araguacema	107	99,6	100,2	122	107,8	89,6	103,4	113	118,4	143
	Caseara	101,6	94,2	122,4	116,6	130	111,8	98	135,2	131,2	165,2
	Palmeirópolis	37,4	30,2	159,8	0,2	167,4	149,2	39,8	172,6	49	202,6
	Tupiratins	112,4	105	44,2	127,4	51,8	33,6	108,8	57	123,8	87
	Lagoa da confusão	53	45,6	109	68	116,6	98,4	66,2	121,8	64,4	151,8
	Formoso do Araguaia	28,8	21,4	134	51,6	141,6	123,4	55,2	146,8	30,2	176,8
	Araguaçu.	26,2	18,8	156,2	49	163,8	145,6	58,8	169	1	199
	Dianópolis	72	64,6	165	64,4	172,6	144,4	24,6	177,8	83,4	207,8
	Arraias	86,4	79	180,6	65,2	188,2	170	39,4	193,4	97,8	223,4
	Paraná	56,6	49,2	162	19	169,6	151,4	20,8	174,8	68	204,8
	Natividade	47,4	40	141,2	39,8	148,8	130,6	1	154	58,8	184
	Conceição do Tocantins	64,8	57,4	159	43,6	166,6	148,4	17,8	171,8	76,2	201,8
	Santa Rosa do Tocantins	60,4	53	128,2	52,8	135,8	117,6	13	141	71,8	171
	São Felix do Tocantins	87,6	82,8	87,2	82,4	100,4	85	47,2	99,4	103,2	114,8
	Campos lindos	183,6	176,2	59,8	198,6	68,2	80,2	180	72,6	195	102,6
	Porto Nacional	62	54,6	108,4	72,6	116	97,8	32,8	121,2	73,4	151,2
Santa Maria do Tocantins	113	105,6	73,4	128	81	62,8	109,4	86,2	124,4	116,2	

Apêndice 4.3

Custo unitário de transporte do fornecedor k para a usina j (R\$0,002/quilo)													
Fornecedor de matéria prima													
C_{jk}	Araguaina	Nova Olinda	Palmeirante	Darcinópolis.	Gurupi	Brejinho de Nazaré	Figueirópolis	Alvorada	Guarai	Brasilândia do Tocantins	Tupirama	Tupiratins	Presidente Kennedy
Araguaina	0,75	43,5	72	64,5	401	351	512	468	145	110	169	123	125
Arapoema	110	75	104	145	374	311	412	444	133	84	143	108	93,8
Tocantinópolis	125	152	146	51	510	443	554	577	254	219	260	232	233
Araguatins	190	233	209	101	591	546	600	667	335	261	314	322	275
Gurupi	401	358	371	527	0,75	79,5	41,3	67,5	257	311	274	284	306
Alvorada	468	425	440	542	67,5	143	35,3	0,75	305	380	333	388	366
Peixe	456	413	388	546	54,8	92,3	63,8	73,5	302	334	290	335	320
Guarai	145	101	102	212	257	205	309	339	0,75	44,3	34,5	30	29,3
Araguacema	339	296	178	260	250	228	308	340	94,5	104	124	135	97,5
Caseara	395	372	234	310	213	209	280	313	167	163	170	193	146
Palmeirópolis	594	551	530	581	148	194	107	82,5	404	429	374	429	415
Tupiratins	123	79,5	56,3	162	284	250	356	388	58,5	36	57,8	0,75	41,3
Lagoa da confusão	465	422	311	413	153	96,8	127	167	213	252	219	268	238
Formoso do Araguaia	441	397	392	548	45,8	113	48	78,8	294	328	296	339	314
Araguaçu.	545	557	551	599	128	218	93	75	396	437	395	446	422
Dianópolis	571	527	361	509	191	176	227	233	413	335	282	320	323
Arraias	768	725	526	573	367	239	224	211	623	442	381	431	429
Paraná	551	507	438	539	149	166	124	113	406	393	335	389	379
Natividade	488	445	354	460	107	99	136	144	364	313	263	307	308
Conceição do Tocantins	525	482	406	562	169	167	178	174	425	368	309	359	356
Santa Rosa do Tocantins	418	374	330	437	153	62,3	113	130	410	291	234	289	278
São Felix do Tocantins	308	292	249	333	272	197	302	311	215	241	183	217	233
Campos lindos	195	161	96	140	423	317	436	511	167	149	372	179	164
Porto Nacional	364	320	273	372	137	32,3	145	180	200	220	239	285	205
Santa Maria do Tocantins	231	188	85,5	197	322	221	332	359	86,3	79,5	48,8	154	75

Apêndice 4.3 (continuação)

		Custo unitário de transporte do fornecedor k para a usina j (R\$0,002/quilo)												
		Fornecedor de matéria prima												
C _{jk}		Formoso do Araguaia	Araguaçu.	Lagoa da confusão	Dianópolis	Santa Rosa do Tocantins	Mateiros	Campos lindos	Porto Nacional	Monte do Carmo	Pedro Afonso	Bom Jesus do Tocantins	Silvanópolis	Santa Maria do Tocantins
		Instalação de usinas	Araguaina	456	545	571	392	392	349	195	364	328	184	195	412	231
Arapoema	436		542	301	524	359	359	210	338	307	175	192	410	161
Tocantinópolis	565		680	574	542	527	399	304	473	413	293	299	517	340
Araguatins	646		723	664	761	617	527	394	554	520	374	382	599	430
Gurupi	54,8		128	153	191	153	274	423	137	122	245	284	179	322
Alvorada	80,3		75	167	252	130	314	511	204	188	312	353	248	359
Peixe	110		142	148	113	70,5	244	402	188	120	316	340	178	313
Guarai	305		396	188	413	410	255	167	200	186	42	45,8	263	86,3
Araguacema	353		380	188	454	284	329	266	268	230	137	213	308	167
Caseara	260		335	140	383	269	345	307	199	224	171	296	287	209
Palmeirópolis	203		128	242	182	146	302	537	221	218	375	437	230	395
Tupiratins	339		446	268	454	289	259	118	221	224	57	110	328	51
Lagoa da confusão	452		203	0,75	250	148	304	361	109	137	221	246	168	256
Formoso do Araguaia	0,75		106	90,8	225	131	308	428	140	166	296	340	235	318
Araguaçu.	106		0,75	203	310	214	382	585	249	261	395	423	318	424
Dianópolis	225		310	276	0,75	118	104	334	174	140	282	456	170	283
Arraias	422		273	315	160	179	230	455	252	233	381	515	228	389
Paraná	204		186	238	163	107	239	436	188	176	336	445	158	350
Natividade	162		230	200	84	47,3	165	350	110	92,3	263	367	80,3	275
Conceição do Tocantins	224		248	258	84	101	179	391	178	150	309	434	147	317
Santa Rosa do Tocantins	318		214	148	118	0,75	182	338	78,8	68,3	235	318	31,5	253
São Felix do Tocantins	312		387	287	132	184	44,3	206	174	141	183	394	283	168
Campos lindos	428		731	554	334	626	771	0,75	296	374	147	377	595	421
Porto Nacional	192	275	125	174	74,3	224	552	0,75	241	166	244	42,8	287	
Santa Maria do Tocantins	383	467	290	283	362	506	421	190	46,5	41,3	43,5	330	0,75	

Apêndice 4.5

Custo total de transporte da matéria prima do fornecedor k para a usina j (R\$/5000quilos)									
$C_{jk}U_{jk}$		Fornecedor de matéria prima							
		Araguaina	Nova Olinda	Palmeirante	Darcinópolis.	Gurupi	Brejinho de Nazaré	Figueirópolis	Alvorada
Instalação de usinas	Araguaina	3,75	217,5	360	322,5	2005	1755	2560	2340
	Arapoema	550	375	520	725	1870	1555	2060	2220
	Tocantinópolis	625	760	730	255	2550	2215	2770	2885
	Araguatins	950	1165	1045	505	2955	2730	3000	3335
	Gurupi	2005	1790	1855	2635	3,75	397,5	206,5	337,5
	Alvorada	2340	2125	2200	2710	337,5	715	176,5	3,75
	Peixe	2280	2065	1940	2730	274	461,5	319	367,5
	Guarai	725	505	510	1060	1285	1025	1545	1695
	Araguacema	1695	1480	890	1300	1250	1140	1540	1700
	Caseara	1975	1860	1170	1550	1065	1045	1400	1565
	Palmeirópolis	2970	2755	2650	2905	740	970	535	412,5
	Tupiratins	615	397,5	281,5	810	1420	1250	1780	1940
	Lagoa da confusão	2325	2110	1555	2065	765	484	635	835
	Formoso do Araguaia	2205	1985	1960	2740	229	565	240	394
	Araguaçu.	2725	2785	2755	2995	640	1090	465	375
	Dianópolis	2855	2635	1805	2545	955	880	1135	1165
	Arraias	3840	3625	2630	2865	1835	1195	1120	1055
	Paraná	2755	2535	2190	2695	745	830	620	565
	Natividade	2440	2225	1770	2300	535	495	680	720
	Conceição do Tocantins	2625	2410	2030	2810	845	835	890	870
	Santa Rosa do Tocantins	2090	1870	1650	2185	765	311,5	565	650
	São Felix do Tocantins	1540	1460	1245	1665	1360	985	1510	1555
	Campos lindos	975	805	480	700	2115	1585	2180	2555
	Porto Nacional	1820	1600	1365	1860	685	161,5	725	900
Santa Maria do Tocantins	1155	940	427,5	985	1610	1105	1660	1795	

Apêndice 4.5 (continuação)

Custo total de transporte da matéria prima do fornecedor k para a usina j (R\$/5000quilos)									
$C_{jk}U_{jk}$		Fornecedor de matéria prima							
		Guarai	Brasília do Tocantins	Tupirama	Tupiratins	Presidente Kennedy	Formoso do Araguaia	Araguaçu.	Lagoa da confusão
Instalação de usinas	Araguaina	725	550	845	615	625	2280	2725	2855
	Arapoema	665	420	715	540	469	2180	2710	1505
	Tocantinópolis	1270	1095	1300	1160	1165	2825	3400	2870
	Araguatins	1675	1305	1570	1610	1375	3230	3615	3320
	Gurupi	1285	1555	1370	1420	1530	274	640	765
	Alvorada	1525	1900	1665	1940	1830	401,5	375	835
	Peixe	1510	1670	1450	1675	1600	550	710	740
	Guarai	3,75	221,5	172,5	150	146,5	1525	1980	940
	Araguacema	472,5	520	620	675	487,5	1765	1900	940
	Caseara	835	815	850	965	730	1300	1675	700
	Palmeirópolis	2020	2145	1870	2145	2075	1015	640	1210
	Tupiratins	292,5	180	289	3,75	206,5	1695	2230	1340
	Lagoa da confusão	1065	1260	1095	1340	1190	2260	1015	3,75
	Formoso do Araguaia	1470	1640	1480	1695	1570	3,75	530	454
	Araguaçu.	1980	2185	1975	2230	2110	530	3,75	1015
	Dianópolis	2065	1675	1410	1600	1615	1125	1550	1380
	Arraias	3115	2210	1905	2155	2145	2110	1365	1575
	Paraná	2030	1965	1675	1945	1895	1020	930	1190
	Natividade	1820	1565	1315	1535	1540	810	1150	1000
	Conceição do Tocantins	2125	1840	1545	1795	1780	1120	1240	1290
	Santa Rosa do Tocantins	2050	1455	1170	1445	1390	1590	1070	740
	São Felix do Tocantins	1075	1205	915	1085	1165	1560	1935	1435
	Campos lindos	835	745	1860	895	820	2140	3655	2770
	Porto Nacional	1000	1100	1195	1425	1025	960	1375	625
Santa Maria do Tocantins	431,5	397,5	244	770	375	1915	2335	1450	

Apêndice 4.5 (continuação)

Custo total de transporte da matéria prima do fornecedor k para a usina j (R\$/5000quilos)										
Fornecedor de matéria prima										
C_{jk}U_{jk}	Dianópolis	Santa Rosa do Tocantins	Mateiros	Campos lindos	Porto Nacional	Monte do Carmo	Pedro Afonso	Bom Jesus do Tocantins	Silvanópolis	Santa Maria do Tocantins
Araguaina	1960	1960	1745	975	1820	1640	920	975	2060	1155
Arapoema	2620	1795	1795	1050	1690	1535	875	960	2050	805
Tocantinópolis	2710	2635	1995	1520	2365	2065	1465	1495	2585	1700
Araguatins	3805	3085	2635	1970	2770	2600	1870	1910	2995	2150
Gurupi	955	765	1370	2115	685	610	1225	1420	895	1610
Alvorada	1260	650	1570	2555	1020	940	1560	1765	1240	1795
Peixe	565	352,5	1220	2010	940	600	1580	1700	890	1565
Guarai	2065	2050	1275	835	1000	930	210	229	1315	431,5
Araguacema	2270	1420	1645	1330	1340	1150	685	1065	1540	835
Caseara	1915	1345	1725	1535	995	1120	855	1480	1435	1045
Palmeirópolis	910	730	1510	2685	1105	1090	1875	2185	1150	1975
Tupiratins	2270	1445	1295	590	1105	1120	285	550	1640	255
Lagoa da confusão	1250	740	1520	1805	545	685	1105	1230	840	1280
Formoso do Araguaia	1125	655	1540	2140	700	830	1480	1700	1175	1590
Araguaçu.	1550	1070	1910	2925	1245	1305	1975	2115	1590	2120
Dianópolis	3,75	590	520	1670	870	700	1410	2280	850	1415
Arraias	800	895	1150	2275	1260	1165	1905	2575	1140	1945
Paraná	815	535	1195	2180	940	880	1680	2225	790	1750
Natividade	420	236,5	825	1750	550	461,5	1315	1835	401,5	1375
Conceição do Tocantins	420	505	895	1955	890	750	1545	2170	735	1585
Santa Rosa do Tocantins	590	3,75	910	1690	394	341,5	1175	1590	157,5	1265
São Felix do Tocantins	660	920	221,5	1030	870	705	915	1970	1415	840
Campos lindos	1670	3130	3855	3,75	1480	1870	735	1885	2975	2105
Porto Nacional	870	371,5	1120	2760	3,75	1205	830	1220	214	1435
Santa Maria do Tocantins	1415	1810	2530	2105	950	232,5	206,5	217,5	1650	3,75