

## **6**

### **Análise de Resultados**

Tendo sido apresentado o algoritmo e efetivados os testes para sua validação, este capítulo visa à apresentação e análise dos resultados obtidos. Para tanto, os custos inerentes a cada etapa, até a obtenção do biodiesel pronto para utilização, serão divididos em custos logísticos, custos de produção e custos não operacionais.

#### **6.1.**

##### **Custos Logísticos**

A logística é o fator determinante para conhecimento da viabilidade ou não da produção de biodiesel a partir de óleos residuais de fritura no Rio de Janeiro, visto que os pontos ofertantes são muitos e dispersos, o que exige uma coleta racional. O recolhimento não otimizado onera a cadeia enquanto provoca dispêndios evitáveis com manutenção de veículos, mão-de-obra e combustível. Atualmente, não há nenhum trabalho que tenha estudado o custo logístico em comparação com o preço final do biodiesel. Assim, a formulação do algoritmo de roteamento visou a tal necessidade de um sistema de roteamento que efetivasse um seqüenciamento ótimo.

Os dados de entrada do problema real dizem respeito à capacidade e custo dos veículos, tempos de ciclo, de atendimento e de viagem, janelas de tempo e demanda.

O tipo de veículo escolhido baseou-se nas pesquisas feitas junto às empresas de coleta já atuantes. Assim, foi utilizado no modelo o Fiat Fiorino, cujo valor de investimento é R\$50,00 por dia e tem capacidade limitante de 650kg. O valor refere-se a gastos referentes à utilização e manutenção, e foi obtido junto às empresas citadas.

O custo de veículo inclui, ainda, o pagamento de dois funcionários, um motorista e um ajudante. Tomando uma base salarial de R\$1200,00 e R\$1000,00 por mês, respectivamente, durante 22 dias no mês, temos que o custo diário é

R\$100,00. Tais valores têm como referência informações cedidas por empresas de coleta de óleo. Assim, tem-se um custo diário de tripulação igual a R\$150,00.

O custo de combustível utilizado varia de acordo com a distância percorrida. Considerou-se que o veículo percorre 10 km/L, chegando-se a um valor de R\$0,25 por quilômetro de custo, referente à gasolina. O abastecimento é feito ao final do turno e não afeta as rotas.

O tempo de ciclo a ser obedecido segue o número de horas de um turno de trabalho dos funcionários, ou seja, 8 horas. O expediente se iniciaria às 7 horas, já no primeiro ponto de atendimento, aproveitando ao máximo as janelas de tempo dos clientes, e encerraria no retorno à usina, após o atendimento ao último ponto da rota. O tempo de descarregamento, efetuado por motoristas e ajudantes, foi considerado como 30 minutos. Logo, o tempo máximo de disponibilidade aos clientes são 7 horas e 30 minutos. Para que não seja indiferente ao modelo a existência ou não de tempos de espera, em que o veículo fica ocioso até o horário do próximo atendimento, foi imposta uma penalidade associada à hora de chegada. O valor associado a esta é muito baixo, de forma que não altere o valor final da função objetivo, mas impeça tais ociosidades.

Os nós que se referem aos estabelecimentos menos acessíveis e com maior volume de óleo ofertado são penalizados nos tempos de atendimento. As lanchonetes em *shopping* exigem um atendimento de 20 minutos, aquelas no centro da cidade e ruas principais da zona sul exigem 15 minutos e as restantes 12 minutos, aproximações baseadas na informação de empresas de coleta. Para determinação dos tempos de viagem, foi utilizada a função:

$$Velocidade = \frac{Distância}{Tempo} \quad (24)$$

Para uma velocidade média de 40 km/h, foram obtidos os tempos a partir das distâncias.

Assim como os tempos de atendimento, as janelas de tempo foram determinadas levando-se em consideração os três principais grupos de localidades. No primeiro grupo, como a coleta do óleo exige, por vezes, trânsito pelas dependências comuns do *shopping*, a janela de tempo foi estabelecida das 7h às 11h, período este fora do funcionamento ou com baixa frequência. Quanto ao segundo, devido à dificuldade de acesso, foi especificado o intervalo de tempo entre 20h e 23h, período de encerramento das atividades ou baixa frequência. Nas

lanchonetes restantes, não foi determinada uma janela de tempo, podendo haver atendimento em qualquer horário durante o expediente, visto que o acesso é mais fácil e a coleta não se torna evidente frente aos clientes.

Finalmente, foram identificados três faixas de demanda: pequena (50 litros/semana), média (100 litros/semana) e grande (150 litros/semana). Tais agrupamentos foram feitos baseando-se nos questionários de pesquisa recebidos. A adequação das lanchonetes a uma dessas demandas depende, principalmente, da localização. É importante ressaltar que áreas com clientes potenciais de maior poder aquisitivo tem uma relação volume de óleo consumido por cliente maior, o que demonstra uma preocupação com a qualidade.

Preferencialmente, a coleta deve ser feita em galões de plástico de 50 litros, sendo recolhidos os galões que contêm o óleo usado e deixados outros para o futuro recolhimento. As visitas são realizadas a um determinado número de rotas encontradas, de forma que se atenda todos os pontos e se mantenha uma distribuição diária de trabalho.

A coleta abrange 140 pontos, cujo número de variáveis aumenta exponencialmente. Um algoritmo PRV deste porte exige um tempo computacional alto, sendo bastante complexo. Assim, utilizou-se a técnica *clustering*<sup>8</sup>, que agrupou os pontos em três *clusters* distintos, com pontos mutuamente exclusivos e considerando que, provavelmente, pontos de grupos diferentes não formariam rotas entre si. Neste caso, os *clusters* foram divididos por bairros das diferentes zonas do Rio de Janeiro, como mostra a Figura 14.

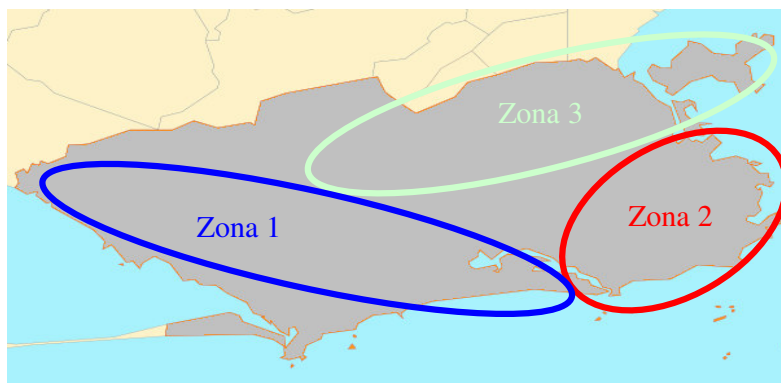


Figura 14: Representação dos grupamentos para roteamento no mapa do Rio de Janeiro

---

<sup>8</sup> *Clustering* é um técnica de *Data Mining* para fazer agrupamentos automáticos de dados segundo seu grau de semelhança.

A primeira zona possui 43 pontos, correspondentes à Barra da Tijuca e Zona Oeste, a segunda 46 pontos, relativos à Zona Sul e Centro e a terceira 51 pontos, que engloba os pontos restantes. A usina é o único ponto que faz parte de todos os *clusters*. Esta está localizada em Manguinhos, por ser a única disponível para produção de biodiesel no Rio de Janeiro, sendo considerada, também, como depósito do roteamento.

Reduzidos à dimensões menores, o tempo computacional diminui e o problema pode ser executado num intervalo razoável. Os valores obtidos para cada um dos *clusters*, seguindo os dados de entrada da seção 5.2, são apresentados na Tabela 12. Como exemplo, podemos tomar a rota praticada pelo veículo 1 do *cluster* 1. O veículo sai do depósito, passa pelo cliente 15, seguido do 20, 11, 13 e finalmente o 25, retornando ao depósito.

Tabela 12: Configuração das rotas para os diferentes *clusters*

Veículo	Rotas	Custo (R\$)	Demanda (litros)	Tempo Ciclo (horas)
<b>Cluster 1</b>				
1	{15,20,11,13,25}	174,63	650	3,98
2	{29,23,21,40,39,4,30,26}	185,38	650	5,70
3	{7,31,8,19,18,10}	172,38	600	3,72
4	{36,24,34,33,32,9,2}	180,68	550	4,48
5	{37,35,42,6,43,5,41,3,22,28}	185,75	650	5,89
6	{38,16,17,1}	178,85	600	3,67
7	{12,14,27}	163,40	650	2,93
<b>Total</b>		<b>1241,06</b>	<b>4350</b>	<b>30,36</b>
<b>Cluster 2</b>				
1	{44,43,25,26,30}	160,73	650	3,49
2	{41,16,17,42}	155,38	600	1,80
3	{10,24,7}	159,83	650	2,18
4	{34,36,32,12,13,20}	163,60	650	2,83
5	{46,18,6,28}	155,90	600	3,59
6	{29,11,33,22}	161,10	600	2,39
7	{19,37,31,14,15}	160,55	650	2,59
8	{3,9,2,4,39,40}	160,83	650	2,19
9	{1,35,45,21}	160,50	650	2,43
10	{5,27,38,8,23}	156,13	550	2,13
<b>Total</b>		<b>1594,53</b>	<b>6250</b>	<b>25,60</b>
<b>Cluster 3</b>				
1	{40,51,35,37,45,49,46}	156,80	650	3,03
2	{42,44,18,17,31,30,34,15}	158,60	600	3,44
3	{26,25,39,29,28,13,1}	161,28	650	3,38
4	{8,9,11}	154,54	500	2,05
5	{7,10,23,24,33,32,22,48,41}	162,33	600	3,86
6	{6,36,50,21,27,5,16,3,4,2,12}	163,35	650	4,39
7	{38,47,14,43,19,20}	156,89	650	2,99
<b>Total</b>		<b>1113,80</b>	<b>4300</b>	<b>23,13</b>
<b>Total Geral</b>		<b>3949,38</b>	<b>14900</b>	<b>79,08</b>

O custo logístico para coleta do óleo residual totalizou R\$0,27 por litro. Dado que o período de coleta é semanal, as 24 rotas necessárias são divididas por 5 dias da semana. Desta forma, são atendidas de 4 a 5 rotas por dia. O número de clientes atendidos por rota varia de 3 a 11, com média de 5,83 clientes por rota. As quilometragens totais percorridas para os *clusters* são 764,24, 378,12 e 255,20 quilômetros.

Os dados de processamento foram obtidos com o uso de quatro microcomputadores Pentium IV com 1024Mb RAM. A execução do algoritmo no AIMMS foi devido ao *solver* CPLEX 10.1. A Tabela 13 apresenta os dados concernentes a cada um dos casos de estudo.

Tabela 13: Dados relativos ao processamento do algoritmo no AIMMS

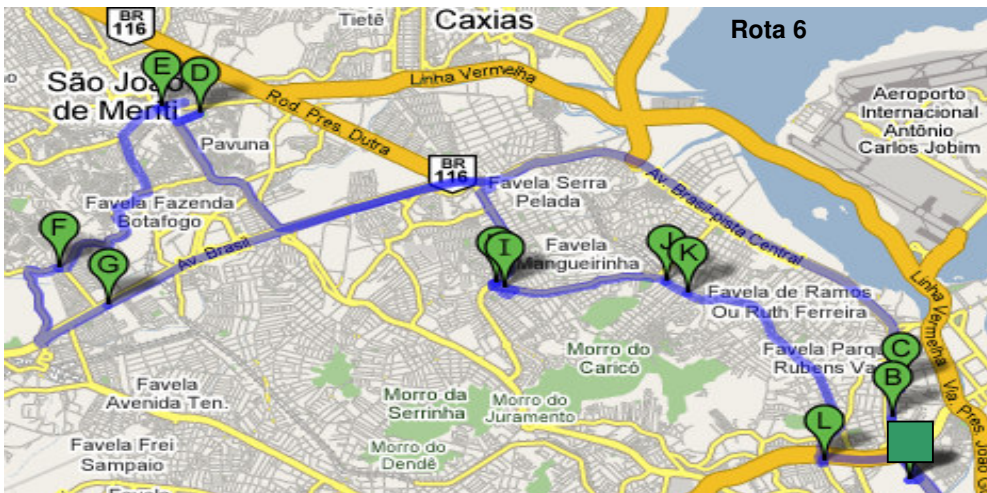
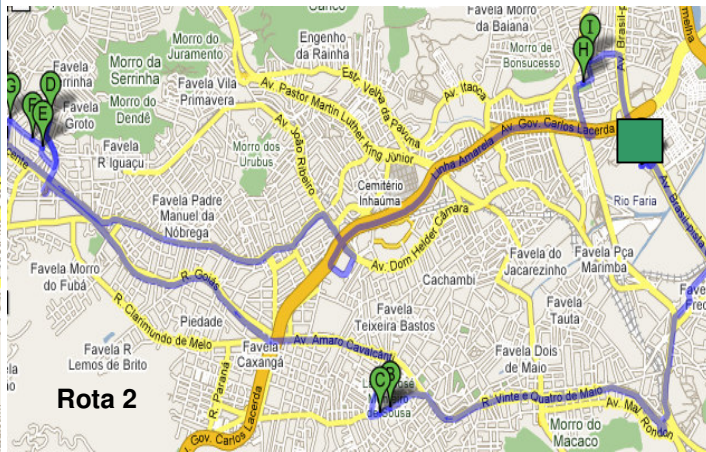
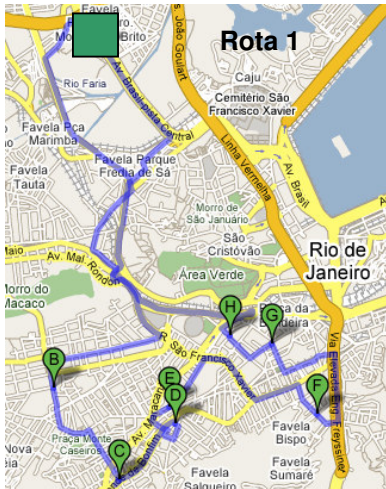
Caso	Variáveis	Restrições	Iterações
<i>Cluster 1</i>	13617	13553	120 milhões
<i>Cluster 2</i>	19434	22061	210 milhões
<i>Cluster 3</i>	18929	18929	190 milhões

O número de variáveis e restrições apresentado considera a utilização do número mínimo de veículos, consolidado após a execução anterior de problemas de maior porte. O número de iterações varia de acordo com o nó inicial e a orientação tomada pelo método *Branch and Bound*<sup>9</sup>, utilizado pelo CPLEX, tendo sido apresentadas ordens de grandeza. O *gap* permitido não ultrapassa 1% em nenhum dos casos. O tempo de execução depende a capacidade de processamento do *hardware* utilizado, mas varia de 6 a 15 horas, de acordo com o tamanho do problema.

A título de exemplificação, são apresentadas na Figura 15 as rotas para o *cluster* 3, escolhido pela maior proximidade ao depósito, representado esquematicamente pelo quadrado.

---

<sup>9</sup> *Branch and Bound* é um algoritmo para solução de problemas de otimização que consiste na enumeração sistemática de soluções candidatas ao ótimo, nas quais são feitos cortes (*branch*) que descartam soluções piores que o limite (*bound*) estabelecido por este.



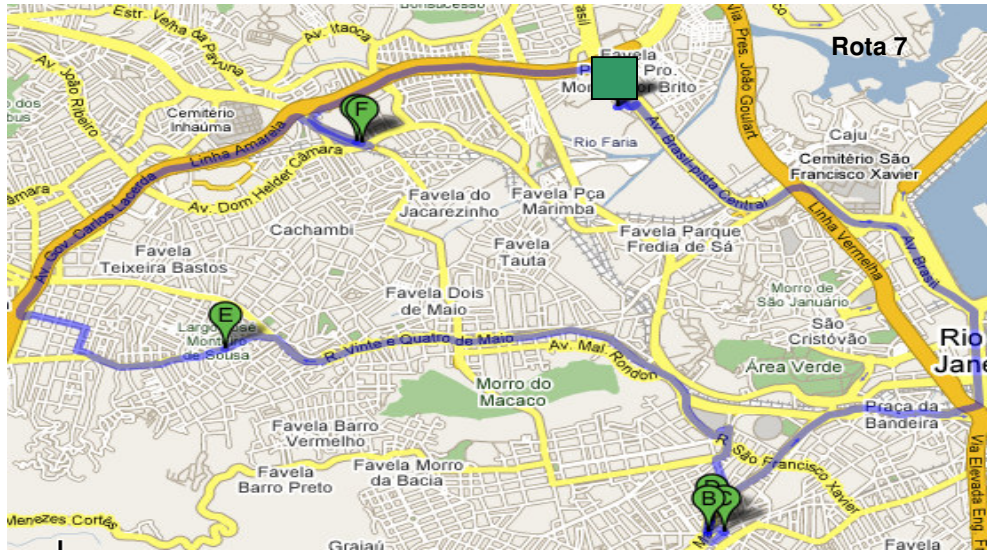


Figura 15: Rotas obtidas para o terceiro cluster.

Os horários de chegada para atendimento dos clientes em cada ponto são dados pela Tabela 14.

Tabela 14: Horários de chegada para atendimento dos clientes no terceiro cluster

Rotas	1	2	3	4	5	6	7							
Horários de Chegada	B	7,00	B	7,00	B	7,00	B	7,00	B	7,00	B	7,00		
	C	7,58	C	7,34	C	7,24	C	7,54	C	7,38	C	7,22	C	7,34
	D	7,82	D	7,75	D	7,50	D	8,11	D	7,77	D	7,82	D	7,55
	E	8,04	E	7,97	E	8,15			E	7,99	E	8,04	E	8,26
	F	8,32	F	8,18	F	8,35			F	8,75	F	8,39	F	8,65
	G	8,59	G	8,39	G	8,59			G	9,01	G	8,82	G	8,99
	H	8,81	H	9,44	H	9,31			H	9,44	H	9,25		
			I	9,65					I	9,73	I	9,47		
									J	10,01	J	9,75		
											K	9,96		
											L	10,62		
	<b>Demanda</b>	<b>650</b>	<b>600</b>	<b>650</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>650</b>	<b>650</b>	<b>650</b>					

Analisando os resultados, pode-se concluir que os veículos utilizados limitam a rota antes do tempo de ciclo, valendo a pena estudar o aumento na capacidade destes. Desta forma, foram utilizados dados de entrada para veículos diferentes dos vigentes, aumentando-se a capacidade para 1500kg, correspondente ao Fiat Ducato, e aumentando proporcionalmente seu custo para R\$200,00 por veículo. O combustível utilizado, por sua vez, passa a ser o diesel, tendo seu custo reduzido para R\$1,90, que corresponde a R\$0,19 por quilômetro. Os dados de entrada restantes foram mantidos os mesmos. A Tabela 15 apresenta as novas rotas obtidas.





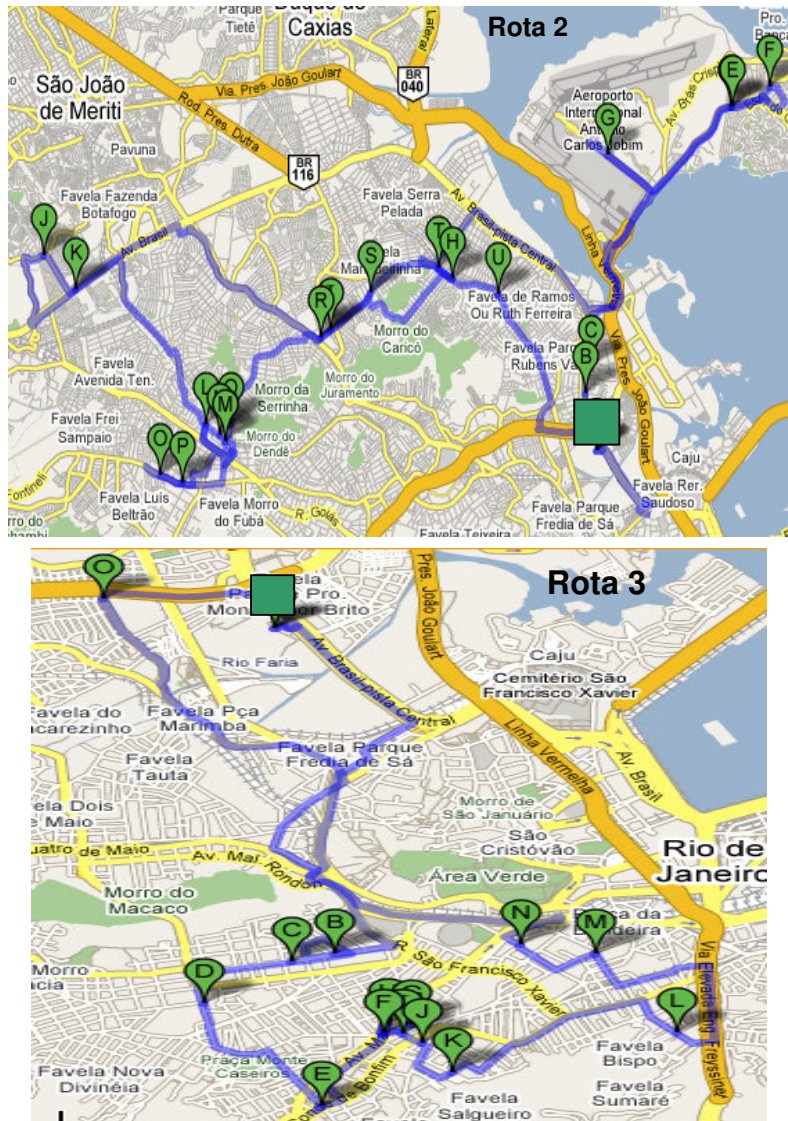


Figura 16: Novas rotas obtidas para o terceiro cluster

A Tabela 16 apresenta os novos horários de chegada para atendimento dos clientes. No Apêndice IV são encontradas as tabelas de horários de chegada para os outros dois clusters para as duas capacidades de veículo em questão.

Tabela 16: Horários de chegada para atendimento dos clientes no terceiro cluster após mudança de veículo

Rotas	1	2	3
B	7,00	7,00	7,00
C	7,33	7,22	7,24
D	7,95	7,63	7,47
E	8,31	7,83	8,05
F	8,85	8,06	8,28
G	9,40	8,78	8,62
H	9,67	9,21	8,85
I	9,88	9,85	9,40
J	10,21	10,62	9,60

	K	10,51	K	11,04	K	9,82
	L	10,91	L	11,39	L	10,09
	M	11,12	M	12,16	M	10,36
	N	11,53	N	12,37	N	10,58
	O	11,76	O	12,68	O	11,00
	P	12,36	P	12,92		
	Q	12,61	Q	13,18		
	R	12,83	R	13,47		
			S	13,71		
			T	13,96		
			U	14,21		
<b>Demanda</b>		<b>1500</b>		<b>1450</b>		<b>1350</b>

Considerando que o tempo de ciclo é de 8 horas, é perceptível, pela Tabela 15, que algumas das rotas podem ser feitas pela mesma equipe de trabalho, reduzindo seu custo associado. Analogamente, há situações que o ciclo exige pouco mais que o tempo disponível, sendo vantajosa a política de pagamento de horas extras. No entanto, tal detalhamento não está no escopo deste trabalho, apesar de terem sido identificadas oportunidades de melhorias neste aspecto.

Veículos maiores como caminhões de pequeno porte não foram considerados por terem alto custo e não terem trânsito livre por todas as vias consideradas, como, por exemplo, túneis. Logo, exigiriam rotas alternativas e, conseqüentemente, uma matriz O/D distinta. Além disso, veículos de grande porte possuem restrições quanto ao estacionamento e horários de carga e descarga, o que limitaria sua atuação.

## 6.2. Custos de Produção

Os trabalhos disponíveis na literatura sobre produção de biodiesel a partir de óleos residuais ou *in natura* consideram condições diferentes de operação, além de haver fatores considerados por uns e omitidos por outros. Este trabalho busca agregar os dados, de forma coerente, de modo que se identifique o cenário mais adequado e que sejam consideradas todas etapas e custos proporcionalmente. Tal consolidação de dados segue uma adaptação do padrão apresentado por Leiras (2006), que, por sua vez, tem como referência os trabalhos de Jordão Filho (2004), da COPPE *apud* Leiras (2006) e da Dedini (2006b).

O estudo de Jordão Filho (2004) considera custos de produção para a capacidade de 60.000.000 de litros por ano, enquanto a COPPE *apud* Leiras

(2006) considera 82.197.000 de litros e a Dedini (2006b) 100.000.000 de litros por ano. A Tabela 17 apresenta os custos operacionais e de capital para cada tamanho de usina e o custo total por litro.

Tabela 17: Investimento e custos operacionais para biodiesel. Fonte: adaptado de Leiras (2006)

Fonte	Jordão Filho	COPPE	Dedini
<b>Capacidade da planta (litros/ano)</b>	<b>60.000.000</b>	<b>82.917.000</b>	<b>100.000.000</b>
<b>Investimento Inicial</b>			
Capital de giro: materiais e insumos (matéria prima, material de embalagem etc) + mão-de-obra (estudos, projetos, gerenciamento, recursos humanos) + Outros custos menores	5.116.302	7.649.033	2.018.363
Aquisição de terreno	176.000	-	-
Obras civis, instalações prediais	3.326.136	3.468.933	2.422.035
Equipamentos, sistemas, máquinas, veículos e tancagens	14.085.562	16.383.893	21.394.643
<b>Total dos Investimentos (em R\$)</b>	<b>22.704.000</b>	<b>27.501.859</b>	<b>25.835.040</b>
<b>Custos operacionais</b>			
Utilidades	4.800.000	8.490.817	8.673.000
Pessoal + encargos	3.717.135	900.214	480.000
Administração	1.935.000	450.107	1.120.000
O&M (Organização e Métodos)	2.907.918	421.300	2.220.000
Controle de qualidade	3.600.000	-	-
<b>Total dos Custos Operacionais (em R\$)</b>	<b>16.960.053</b>	<b>10.262.438</b>	<b>12.493.000</b>
<b>Custo Operacional (em R\$/litro)</b>	<b>0,22</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>
<b>Custo de Capital (em R\$/litro)</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>
<b>Custos Total (em R\$/litro)</b>	<b>0,26</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>

O item Utilidades refere-se ao gasto com energia elétrica e combustíveis, predominantemente. Organização e Métodos (O&M) é um conjunto de técnicas administrativas que tem como objetivo principal aperfeiçoar o funcionamento das organizações. A aquisição de terreno e o controle de qualidade não foram considerados pelos estudos da COPPE *apud* Leiras (2006) e Dedini (2006b).

Os investimentos iniciais fixos, independentes da produção, foram diluídos a uma taxa de 10% ao ano relativa ao custo de capital.

Na formação dos custos de produção, nenhum destes trabalhos mencionou o pré-tratamento do óleo, pois tratam de óleos vegetais *in natura*. O trabalho de Penteadó (2005) também desconsidera este fator e atribui um custo menor na produção de biodiesel a partir de óleos residuais, devido ao menor gasto energético. Já Kasteren *et al.* (2007) utilizam o processo de transesterificação supercrítica e elimina a etapa de pré-tratamento, obtendo, da mesma forma, um custo menor em comparação ao óleo *in natura*.

Logo, é perceptível que o processo adotado e os insumos afetam diretamente os custos de produção. Na ausência do desenvolvimento de novas tecnologias alternativas à transesterificação convencional na usina de Manguinhos, este trabalho utilizará o custo de pré-tratamento de R\$0,03 por litro, com fator de conversão dólar-real de R\$1,79 para US\$1,00, do dia 18/01/2008, encontrado por Zhang *et al.* (2003). Tal valor é a diferença entre os custos de produção, tomados os mesmos processos e insumos, para o óleo fresco e o óleo de fritura usado.

### **6.3. Custos Não Operacionais**

Os custos não operacionais são aqueles que não incorrem diretamente ao processo, neste caso à logística e à produção, mas que são essenciais na composição do valor final do produto. Logo, serão apresentados nesta seção os custos relativos aos impostos, à aquisição do óleo residual e outros insumos.

#### **6.3.1. Tributos**

Atualmente, o Brasil faz uma opção estratégica ao eleger o biodiesel como um projeto de inclusão social e desenvolvimento econômico. Nesse sentido, o governo vem praticando uma política de incentivos fiscais para auxiliar o desenvolvimento de técnicas que viabilizem seu emprego. As principais medidas regulamentadoras estão, ainda, voltadas para a produção do biodiesel a partir das oleaginosas, beneficiando a cadeia do biodiesel através de dois decretos:

- Decreto 5297/04: estabelece coeficientes de redução de PIS/COFINS sobre biodiesel e cria o Selo Combustível Social;
- Decreto 5298/04: define IPI com alíquota zero para biodiesel.

A Tabela 18 apresenta um resumo dos principais tributos federais que incidem na cadeia do biodiesel e os compara com o diesel de petróleo.

Tabela 18: Tributos incidentes na produção de biodiesel. Fonte: Dorneles (2005)

	Biodiesel				Diesel de Petróleo
	Agricultura Familiar no Norte, Nordeste e Semi-árido com Mamona ou Palma	Agricultura Familiar Geral	Agricultura Intensiva no Norte, Nordeste e Semi-árido com Mamona ou Palma	Regra Geral	
	R\$/litro	R\$/litro	R\$/litro	R\$/litro	
<b>IPI</b>	Alíquota Zero	Alíquota Zero	Alíquota Zero	Alíquota Zero	Alíquota Zero
<b>CIDE</b>	Inexistente	Inexistente	Inexistente	Inexistente	R\$ 0,070
<b>PIS/COFINS</b>	Redução de 100% em relação à regra geral (R\$0,00)	Redução de 69% em relação à regra geral (R\$0,07)	Redução de 32 % em relação à regra geral (R\$0,151)	R\$ 0,222	R\$ 0,148
<b>Somatório dos Tributos Federais</b>	R\$ 0,00	R\$ 0,070	R\$ 0,151	R\$ 0,222	R\$ 0,218

Já o ICMS é um imposto estadual e, portanto, varia conforme a unidade da federação. Segundo dados do Sindicato das distribuidoras de combustíveis – Sindicom *apud* Dedini (2006a), a alíquota de ICMS para o biodiesel é de 18% no Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, e 17% nos demais estados brasileiros. Ainda de acordo com esta fonte, a alíquota de ICMS para o diesel de petróleo é de 13% no Rio de Janeiro, 15% na Bahia, 12% na região Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Tocantins, e 17% nos demais estados. Isto mostra que o imposto estadual onera bastante o preço do biodiesel, visto que a alíquota para o biodiesel é maior ou igual à do diesel de petróleo em todos os estados da federação.

Porém, o Convênio ICMS 113/06 (2006) determina que “fica reduzida a base de cálculo do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS, de forma que a carga tributária seja equivalente a 12% (doze por cento) do valor das operações, nas saídas de biodiesel (B-100), resultante da industrialização de : I - grãos; II - sebo bovino; III - sementes; IV – palma”<sup>10</sup>. Quanto aos óleos residuais, novamente ainda não há estudos consolidados a respeito da isenção ou redução de impostos.

<sup>10</sup> Já está prevista por lei a isenção do ICMS no estado do Rio de Janeiro, sujeita, porém, à aprovação dos municípios.

Este trabalho usará, para fins de cálculo, a tributação apresentada pela legislação até o ano de 2006, seguindo a regra geral para tributação sobre o biodiesel, ou seja, uma taxa de R\$0,222 por litro, mais 12% do valor das operações de ICMS estabelecido pelo Convênio.

### 6.3.2. Aquisição de Insumos

Conforme descrito no capítulo referente à cadeia produtiva do biodiesel, os insumos do processo de transesterificação são: óleo vegetal, álcool (etanol ou metanol) e catalisador. São gerados glicerina e ácidos graxos como co-produtos da reação.

Os coeficientes técnicos do processo são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Coeficientes técnicos para produção de biodiesel. Fonte: Dorneles (2005) e Jordão Filho (2004)

Insumos	Rota Etflica	Rota Metflica
	Consumo (percentual do biodiesel produzido)	
Óleo Vegetal	95,4%	99,5%
Álcool	14%	10,3%
Catalisador	0,05%	0,05%
Co-Produtos	Produção (percentual de biodiesel produzido)	
Glicerina	9,35%	9,75%
Ácidos Graxos	0,10%	0,10%

O preço do óleo vegetal depende da proveniência deste. No caso desta dissertação, trata-se do óleo residual. Foram levantados dados com empresas de coleta que atuam no setor de óleos residuais e com as próprias lanchonetes visitadas. As práticas identificadas nesse mercado são a venda, a troca e a doação. Os dados da pesquisa, realizada em junho de 2007 através de questionários enviados para lanchonetes, são apresentados na Figura 17.

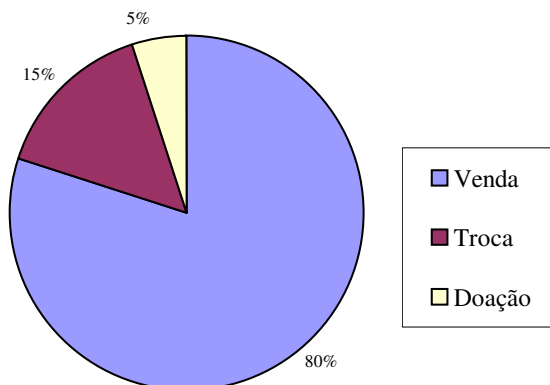


Figura 17: Destino final dos óleos residuais de fritura nas lanchonetes pesquisadas

No caso da troca, são obtidos materiais de limpeza; a doação é feita pelas lanchonetes *Mc Donald's* ao instituto *Ronald Mc Donald*, associado à própria cadeia de lanchonetes. O preço de venda do óleo, segundo dados de pesquisa com os sujeitos de estudo varia entre R\$0,10 e R\$0,50. Será utilizado para este estudo o valor de R\$0,40, que é o preço praticado pela maioria dos estabelecimentos pesquisados.

Na compra do óleo residual de fritura das lanchonetes, deve-se atentar para os profissionais já envolvidos no setor, representados por autônomos e empresas especializadas na coleta. No entanto, a oferta de óleo no mercado é maior que as formas de coleta disponíveis e, ainda, podem ser estudadas associações com os profissionais já atuantes.

Quanto ao álcool, dada a rota de produção adotada, é necessário determinar o preço do metanol ou etanol a ser usado na simulação.

A faixa de preços do etanol considerada pela COPPE *apud* Leiras (2006) varia de R\$0,35 a R\$0,95 por litro, dependendo do período do ano. Durante a safra da cana-de-açúcar, de maio a novembro, a oferta do produto é maior, fazendo com que os preços caiam, diferentemente do período de entressafra (dezembro a abril), quando os preços praticados são maiores. O preço atual do etanol, segundo a MB do Brasil (2006) está entre R\$0,45 e R\$1,35, mas, considerando as oscilações de preço apresentadas, será adotado no estudo um preço médio de R\$0,90 por litro na base de distribuição, o mesmo utilizado por Jordão Filho (2004).

Com relação ao metanol, a Figura 18 apresenta a evolução de preços no período de 2001 a 2006.

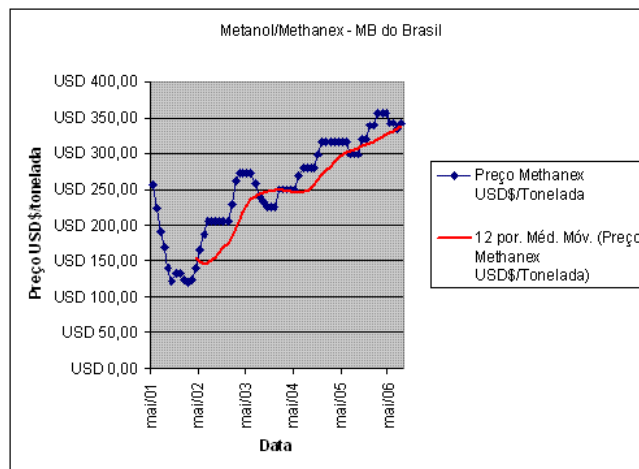


Figura 18: Série histórica de preços do metanol. Fonte: MB do Brasil (2006)

O preço atual de referência utilizado foi de US\$336,34/ton de metanol, dado pela MB do Brasil (2006), que, considerando uma densidade de 791 ton/L, equivale a R\$0,76/litro. O fator de conversão dólar-real utilizado foi de R\$1,79 para US\$1,00, do dia 18/01/2008.

O preço de mercado da glicerina utilizado no sistema de simulação refere-se à glicerina destilada (purificada), pois os custos da fábrica de biodiesel consideram instalações de purificação deste co-produto. Segundo dados do Valor Econômico (2007), fontes ligadas às indústrias químicas indicam que o preço médio da glicerina, que em 2005 chegou a R\$ 3 o quilo, hoje sai entre R\$ 1,60 e R\$ 1,70. Nas regiões onde usinas de biodiesel operam, o valor médio cai para R\$ 0,60 a R\$ 0,70 o quilo. Neste trabalho, utilizar-se-á o valor médio de R\$0,65 por quilo.

O tipo de catalisador adotado influencia o rendimento do processo, sua eficiência e o custo. Neste caso, será adotado um catalisador básico, cujo preço é R\$3,50 por litro, o mesmo utilizado por Jordão Filho (2004). Também deste trabalho foi adotado o preço dos ácidos graxos, que não possuem valor representativo como co-produto da produção de biodiesel.

#### **6.4. Formação dos Custos do Biodiesel**

Os resultados apresentados neste capítulo levam em consideração os seguintes aspectos:

- Custos na fábrica de biodiesel: o custo de produção final considerado levou em conta uma média ponderada dos custos relativos às diferentes capacidades disponíveis, adicionando o custo de pré-tratamento. Deve-se considerar que as fábricas de biodiesel são multi-óleo, o que justifica capacidades maiores;
- Grau de ociosidade da fábrica de biodiesel: a fábrica é considerada multióleo, sendo o volume suficiente para um nível de operação que desconsidera a ociosidade;
- Rota de produção metflica. Foram determinantes para a escolha o menor preço com relação ao etanol e a localização da fábrica de metanol perto da usina de Manguinhos, o que proporciona um ganho logístico;



- Margens de comercialização iguais a zero, ou seja, considera o custo total mínimo, a partir do qual um preço superior de venda traria lucro ao produtor de biodiesel.

As principais variáveis para a formação do custo do biodiesel são os impostos, com ICMS de 12% calculado sobre R\$0,89 de custo com operações; os insumos do processo, que levam em conta os coeficientes técnicos deste; os custos logísticos e os custos de produção. Para os custos logísticos, serão consideradas as melhorias observadas na segunda execução, com o veículo maior. Há, ainda, a receita com a venda da glicerina. A Tabela 20 mostra o valor final do biocombustível.

Tabela 20: Formação do preço do biodiesel

Custos	Preço (em R\$/litro)	
Impostos	0,22	
ICMS	0,11	
Álcool	0,08 (metanol)	0,13 (etanol)
Catalisador	Desprezível	
Glicerina (+)	0,06	
Óleo de Fritura	0,40	
Logística	0,19	
Produção	0,22	

A formulação básica para calcular o custo do biodiesel é apresentada pela equação 25:

$$\text{Custo Biodiesel} = (\text{preço do óleo}) + (\text{preço do metanol}) + (\text{impostos}) + (\text{custo de produção}) + (\text{custo logístico}) - (\text{preço da glicerina}) \quad (25)$$

Assim, o custo total para a produção de biodiesel a partir de óleos residuais de fritura é de R\$1,22, com R\$0,06 de possível receita com a venda de glicerina. Este preço é referente ao biodiesel na usina.

Fica claro, nesta etapa, que a exoneração de impostos diminui o preço final do combustível, devendo, portanto, ser estudada a não tributação na cadeia produtiva do biodiesel, ou em parte dela.

## 6.5. Análise Comparativa

Tendo em vista os resultados obtidos, resta verificar sua coerência e contribuição para os resultados anteriores e apurar sua viabilidade quanto aos preços praticados no mercado.

Recapitulando os valores obtidos por Sousa *et al.*, temos os preços de R\$1,43/L, R\$ 1,49/L e R\$ 1,05/L para mamona, dendê e OGR, respectivamente. Almeida Neto *et al.* encontraram os preços de R\$ 0,71 e R\$ 1,31, para o óleo *in natura* e OGR.

O presente trabalho encontrou um valor de R\$1,22, valor mais alto que os valores referentes ao óleo residual dos trabalhos mencionados. Porém, o caso em estudo é mais abrangente por englobar todas as etapas, incluindo a logística, impostos e pré-tratamento do óleo antes da produção industrial, não considerados ou não mencionados em trabalhos anteriores.

Em se comparando com o preço do último leilão, o custo encontrado mostra a viabilidade da produção de biodiesel a partir de óleos residuais de fritura. A diferença com relação à última venda, que já sofreu deságio de 22,4%, é de R\$0,64. Ou seja, possibilita uma margem de até 52,46%, tendo o leilão como referência, para investimentos em distribuição, por exemplo, e lucro. Estes valores não consideram, ainda, a possível receita com a venda da glicerina, que possui uma boa aceitação no mercado no Rio de Janeiro, devido às numerosas indústrias de sabão. A Figura 19 mostra os preços apresentados pelos diferentes autores, o preço obtido nesta dissertação e o preço pago nos leilões.

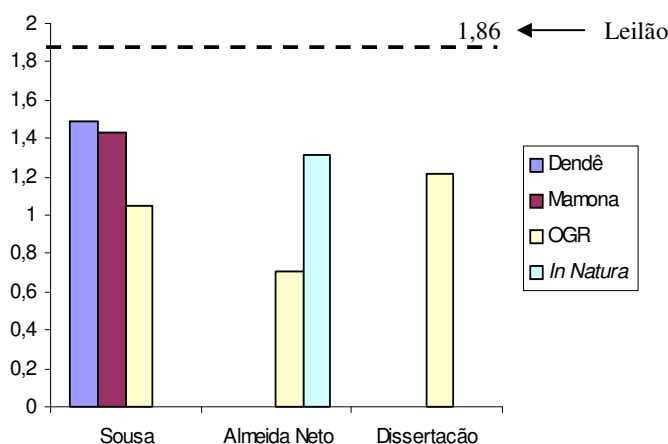


Figura 19: Comparação de custos para produção de biodiesel obtidos pelos diferentes trabalhos e leilão

É importante ressaltar que o volume de óleo residual de fritura coletado está muito abaixo dos volumes de processamento industrial e das necessidades com a obrigatoriedade de implantação do B2 e do B5. Logo, a viabilidade desta alternativa deve ser considerada, mas não negligenciando outras fontes para produção de biodiesel em maior escala.