



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**CUSTOS E OTIMIZAÇÃO DE ROTAS
NO TRANSPORTE DE LEITE
A LATÃO E A GRANEL:
UM ESTUDO DE CASO**

IRAUÊ CASARIN VIEIRA DA SILVA

1999

D

u. 2116/00

MF N. 2593

IRAUÊ CASARIN VIEIRA DA SILVA

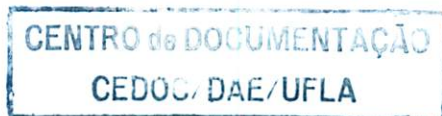
**CUSTOS E OTIMIZAÇÃO DE ROTAS NO
TRANSPORTE DE LEITE A LATÃO E A GRANEL:
UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Administração Rural, área de concentração em Administração da Empresa Rural, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Ricardo Pereira Reis

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1999**



**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Irauê Casarin Vieira da

Custos e otimização de rotas no transporte de leite a latão e a granel: um estudo de caso / Irauê Casarin Vieira da Silva. -- Lavras : UFLA, 1999.

72 p. : il.

Orientador: Ricardo Pereira Reis.

Dissertação(Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Leite. 2. Transporte. 3. Custo. 4. Latão. 5. Granel. 6. Otimização de rota. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-338.1371

-388.049

-630.68

IRAUÊ CASARIN VIEIRA DA SILVA

**CUSTOS E OTIMIZAÇÃO DE ROTAS NO
TRANSPORTE DE LEITE A LATÃO E A GRANEL:
UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Administração Rural, área de concentração em Administração da Empresa Rural, para obtenção do título de “Mestre”.

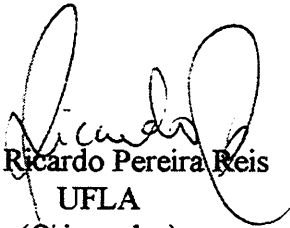
APROVADA em 10 de dezembro de 1999.

Prof. Marcos José Negreiros Gomes

UECE

Prof. Luiz Gonzaga de Castro Júnior

UFLA


Prof. Ricardo Pereira Reis
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

DEDICATÓRIA

A Deus, por preservar-me a boa saúde e por colocar em meu caminho pessoas de grande estima.

A nossa querida Pátria, Brasil, berço de grandes riquezas.

À minha querida esposa, exemplo de amor e compreensão.

Aos meus pais, por tudo que já fizeram a favor do meu aprimoramento sócio-econômico e afetivo.

Aos meus irmãos, pelo eterno carinho.

Aos professores Ricardo Pereira Reis e Marcos José Negreiros Gomes, pela amizade.

À UFLA, pela oportunidade concedida.

AGRADECIMENTOS

No decorrer do curso de mestrado momentos difíceis e outros mais alegres figuraram e nesta tempestade sobressaíram-se muitas pessoas que com entusiasmo apoiaram este trabalho. A estas pessoas fica aqui registrado todo o meu carinho e gratidão pelo apoio e atenção.

Ao professor Ricardo Pereira Reis, por ter sempre acreditado em mim, mesmo quando o entusiasmo ultrapassava a barreira da razão, transfigurando os ideais do trabalho, pela amizade e orientação, ora como pesquisador, ora como pessoa.

Ao professor Marcos José Negreiros Gomes, que mal me conhecendo depositou em mim plena confiança, orientando-me e colocando à disposição seus esforços de mais de oito anos de pesquisa no campo de otimização. A ele minha sincera admiração, por acreditar no potencial de nosso País e praticar o patriotismo com bastante entusiasmo.

A minha esposa, Neila Cristina Couto Regal e Silva, por manter-se firme ao meu lado transmitindo-me amor, carinho, compreensão e muito incentivo na conclusão desta importante jornada em nossas vidas.

Aos meus pais, José Vieira da Silva e Angelina Casarin Vieira da Silva, pela compreensão e apoio, sempre facilitando as coisas no decorrer do tempo.

Aos meus sogros, Lindolfo Regal Pereira Filho e Maria Neila do Couto Regal, pela amizade e carinho.

Às amigas, Elma Dias Ruas e Márcia Cristina Rodrigues Cova, pelas altas horas de estudo e pela amizade.

Ao amigo Benito Marangon, pelas idéias um pouco incomuns e pela amizade.

Aos professores Antônio João dos Reis e Luiz Gonzaga de Castro Júnior, pela colaboração e sugestões.

Aos colegas de curso, cujos momentos alegres de convivência estarão sempre registrados na memória do tempo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade, pelas amizades e bons momentos.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e seus funcionários, em especial o Dr. Francisco José Negreiros Filho (in memoriam), pela disponibilização de equipamento e de pessoal na análise final dos dados.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Departamento de Administração e Economia (DAE) da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso.

Aos funcionários do DAE e Biblioteca da UFLA pelo apoio na obtenção de informações.

À PARMALAT, por intermédio do Sr. José Eustáquio (Sr. Nenê), por acreditar no trabalho e disponibilizar-me material de estudo.

Ao Sr. Toninho, pelos momentos alegres e por todo o apoio dispensado na coleta dos dados no posto de captação de leite.

A todos os funcionários do posto de captação de leite de Bom Sucesso-MG pelo apoio na realização da coleta dos dados.

Ao Sr. Shunji Nishimura, pelos conhecimentos filosóficos transmitidos em tempos remotos.

A todos que contribuíram para a concretização deste trabalho e aqueles que, mesmo dizendo não para a sua idealização, reforçaram o objetivo da conclusão da mesma.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	1
1.2 Objetivos	3
2. COMPLEXO LEITEIRO NO MUNDO, NO MERCOSUL E NO BRASIL ..4	
3. HISTÓRICO DO TRANSPORTE DE LEITE A GRANEL	9
3.1 O transporte de leite a granel nos EUA	9
3.2 O transporte de leite a granel no Brasil	11
4. ESTUDOS SOBRE O TRANSPORTE DE LEITE	20
5. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS E METODOLÓGICAS	21
5.1 O modelo representativo do agronegócio lácteo.....	21
5.2 Modelo teórico e de análise	24
5.3 O problema de percurso de veículos em vértices (PPV)	26
5.4 O sistema SisGRAFO	29
5.5 Coleta dos dados	31
5.5.1 Características e operacionalização das rotas	33
5.5.2 Dados dos veículos de coleta de leite	40
5.6 Procedimentos de análise	41
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1 Transporte de leite convencional na situação atual	43
6.2 Cenário de transporte de leite convencional otimizado	47
6.3 Cenário de transporte de leite a granel otimizado	53

7. CONCLUSÕES	58
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	64

RESUMO

SILVA, Iraúê Casarin Vieira da. Custos e otimização de rotas no transporte de leite a latão e a granel: um estudo de caso. Lavras: UFLA, 1999. 72p. (Dissertação - Mestrado em Administração Rural).

Nos dias atuais, aumenta a atenção para os aspectos estruturais, de manejo e de gerenciamento da cadeia produtiva do leite como forma de obter condições competitivas para o setor nacional no contexto mundial. Na cadeia agroindustrial do leite, o transporte do leite cru no primeiro percurso chega a representar de 4% a 25% do preço do litro de leite recebido pelo produtor. Com a necessidade imposta pelo mercado por produtos de melhor qualidade, novas tecnologias foram introduzidas nesta cadeia, como o transporte a granel, nascido na década de 1940 nos EUA e introduzido pela primeira vez no Brasil em 1985. Assim, este trabalho objetiva avaliar economicamente a mudança de coleta de leite a latão para a coleta de leite a granel, enfocando principalmente aspectos referentes ao custo de transporte. O estudo baseou-se em simulações referenciadas no Problema de Percurso de Veículos em Vértice, que é um modelo matemático para otimizar rotas, presente no software SisGRAFO e na estimativa de custos levando-se em conta o ponto de equilíbrio, construído em planilha EXCEL. A região de estudo foi a bacia leiteira da cidade de Bom Sucesso-MG, onde foram coletados os indicadores técnicos e econômicos do estudo. Após o levantamento dos dados, foram realizadas simulações, otimizando o sistema a latão e introduzindo a coleta de leite a granel. Os resultados desta otimização indicaram possibilidades de redução do trajeto de coleta de leite para os dois casos, sendo de 11,96% para o caso a latão e de 8,01% no caso a granel. Houve redução no número de veículos necessários para o transporte do mesmo volume de leite, obtendo-se uma melhor escala de volume transportado por veículo. No caso a granel, os resultados indicaram a necessidade de somente três veículos, contra cinco no latão otimizado e sete veículos na situação atual. Com esta redução no número de veículos, ocorreu uma melhor utilização dos mesmos, acarretando em custos decrescentes por litro de leite transportado. Os resultados indicaram que um sistema de pagamento baseado por R\$/litro de leite transportado pode funcionar como instrumento que premia a eficiência do sistema de coleta, enquanto que o pagamento feito por R\$/km não implica no compromisso dos agentes envolvidos no transporte na busca de rotas mais eficazes.

Comitê Orientador: Ricardo Pereira Reis - UFLA (Orientador), Marcos José Negreiros Gomes - UECE (Co-orientador) e Luiz Gonzaga de Castro Júnior - UFLA.

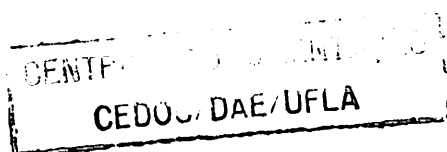
ABSTRACT

SILVA, Irauê Casarin Vieira da. Costs and optimization of routs in milk transportation by can and by bulk: a case study. Lavras: UFLA, 1999. 72p. (Dissertation - Master Program in Rural Administration).

At present times, an increase is observed in the attention paid to structural aspects such as handling and management of the milk production chain, as a means for achieving the necessary conditions to compete in the national segment of the global context.

From the beginning of the 1970's on, with the increase in fuel prices, the first path raw milk transportation would come to have a greater participation in the production cost of a litter of milk reaching 4% to 25% of the final cost. Besides, the market-oriented demand for higher-quality products caused technological improvements to arise, such as the bulk milk transportation, which was first performed in the 1940's in the U.S.A. and introduced in Brazil in 1985. Thus, this work puts forward an analysis, economically speaking, on the switching from the collection of milk in cans to the bulk milk collection, especially the aspects which involve transportation costs. The study is based on simulations referred to in the Route of Vehicles in Vertices Problem, which is a mathematical model for optimizing routes, from the SisGRAFO software, and in the analysis of costs, considering the equilibrium point. The site chosen was the milk producing region of Bom Sucesso city, Minas Gerais, where the study's technical and economical indexes were collected. Posterior to the gathering of data, the simulations were performed, one of them based on the optimization of the "can" system, and the other one on the introduction of "bulk" collection system. The fared results indicated possibilities of shortening the collection route for both cases, especifically one of 11.96% for the "can" case and 8.01% for the "bulk" case. There was a reduction on the number of vehicles necessary for transporting such volume of milk, so a better volume scale of milk transported per vehicle was obtained. In the "bulk" case the results indicated the need for only three vehicles whereas five were needed for the optimized "can" case and seven for the actual "can" case. Such reduction enable for a better use of the vehicles, resulting in decreasing costs per litter of transported milk. Results indicated that a payment system based on R\$/litter of transported milk can work as an award for the efficiency in the collection system, whereas the R\$/km system does not imply that the agents involved are committed to searching for more efficient routes.

Guidance Committee: Ricardo Pereira Reis - UFLA(Orientator), Professor Marcos José Negreiros Gomes - UECE (Co-orientator) and Professor Luiz Gonzaga de Castro Júnior - UFLA.



1 INTRODUÇÃO

1.1 O problema e sua importância

Com o fim do tabelamento do leite em 1991 e o início da abertura dos mercados, os produtores rurais têm se defrontado com realidades às quais não estavam acostumados, tais como a livre concorrência, questões de qualidade e a eficiência dos produtores concorrentes. Por sua vez, o parque industrial brasileiro mostra-se competitivo em termos de custos e qualidade. Entretanto, este segmento do complexo agroindustrial também vem sofrendo uma competição cada vez maior, resultando, dessa forma, em uma maior pressão no segmento produtivo por custos mais reduzidos e por uma qualidade melhor.

Assim, considerando o complexo leiteiro como um todo, pode-se inferir que o seu pleno crescimento e desenvolvimento estejam fortemente relacionados a aspectos estruturais, de manejo e de gerenciamento na atividade leiteira, os quais ditam o custo da produção e a viabilidade ou não do produtor e de toda a cadeia subsequente. Portanto, é de se esperar que esforços concretos e eficientes sejam direcionados a este elo da cadeia.

No negócio lácteo existe uma logística de transporte do leite do campo à fábrica caracterizada por duas etapas distintas: o transporte de primeiro percurso, que ocorre das unidades de produção até uma estação de captação onde o leite é refrigerado e armazenado, e o transporte de segundo percurso, que é caracterizado pelo trajeto destas estações de captação até as unidades processadoras.

O transporte de primeiro percurso representa de 4% a 25% do preço do leite recebido pelo produtor, chegando, em algumas regiões do Brasil, a 40%. Esta diferença é determinada pela baixa densidade de produção, que é a relação

da quantidade produzida pela quantidade de quilômetros percorridos pelo veículo, das fazendas às plataformas de recepção (Sobrinho, Coutinho e Coura, 1995).

O transporte do leite no primeiro percurso tem sido, ao longo dos anos, realizado por um sistema tradicional, no qual o produto é acondicionado em latões de leite nas propriedades para depois serem recolhidos por um caminhão que realiza o transporte até as estações de captação. Entretanto, a partir de 1985, o Brasil iniciou a adoção de um novo processo de captação de leite, denominado transporte de leite a granel, caracterizado por um tanque adaptado a um veículo, sendo o leite acondicionado nas propriedades em refrigeradores adaptados, succionado para dentro deste tanque rodoviário, para depois seguir viagem.

Dessa forma, o transporte de leite a granel tem-se mostrado, aos países e as empresas que o adotaram, como um grande avanço para a atividade, permitindo ganhos de qualidade, redução de trabalhos tidos como árduos (horários de ordenha, movimentação dos latões) e uma série de outras vantagens que tornam o sistema a granel superior ao tradicional sistema de coleta a latão.

Em termos históricos, o transporte de leite a granel teve seu início em 1940, no estado norte-americano da Califórnia. Em 1941, o programa de granelização captou novos adeptos, mas foi paralisado durante a Segunda Guerra Mundial, retomando em 1947. Em 1957, ocorreu a primeira conferência sobre o assunto, na qual foi ressaltado que o transporte de leite a granel difundia-se rapidamente por todo País, impulsionado por diversos aspectos positivos percebidos e aceitos pelos produtores e pela indústria (Bulk Milk Handling, 1957).

No Brasil, o sistema de granelização foi introduzido pela Cooperativa Central Gaúcha de Leite (CCGL), hoje Elêge, em 1985, e vem expandido-se rapidamente ao longo destes últimos anos.

O transporte de leite a granel tem-se apresentado como uma grande chance de alavancar a atividade leiteira brasileira em diversos aspectos, tanto estruturais como gerenciais. Além disso, após a crise do petróleo nos anos 70, o combustível passou a ter uma influência mais expressiva nos custos, sendo necessário cuidados especiais visando à redução de custos com este fator, representado principalmente pelo primeiro percurso na coleta de leite. O transporte a granel tem um grande potencial na redução dos custos do primeiro percurso, pois permite realizar a coleta em dias alternados e, devido a independência de horários, é possível racionalizar de forma mais eficiente a linha de coleta, além de possibilitar um maior volume transportado por veículo.

O processo de granelização, por ser um sistema que exige um grau maior de investimento em recursos fixos, pode prever uma diminuição nos chamados safristas, pois seu sistema de produção dificilmente atende a condições de qualidade da indústria moderna. A sazonalidade da produção tende a diminuir e os ganhos de qualidade são esperados, principalmente com a adoção de incentivos do tipo pagamento por qualidade do leite. A indústria pode receber o leite em um sistema mais organizado, uma vez que o tempo não é mais um fator limitante na coleta.

O sistema de transporte de leite a granel e todas as mudanças exigidas por ele têm se mostrado como uma alternativa considerável ao processo de tecnificação e melhoria do complexo agroindustrial leiteiro, além de apresentarem-se com um grande potencial na redução dos custos de produção.

1.2 Objetivos

Este trabalho busca avaliar economicamente a mudança de coleta de leite a latão para a coleta de leite a granel, enfocando o custo de transporte.

Especificamente, pretende-se:

- Proceder a uma adequação da coleta de leite a latão no primeiro percurso para a coleta a granel, por meio de modelos de otimização de rotas.
- Avaliar os resultados econômicos desta simulação de utilização dos veículos na coleta a latão e a granel no primeiro percurso.

2 COMPLEXO LEITEIRO NO MUNDO, NO MERCOSUL E NO BRASIL

A pecuária leiteira é uma atividade difundida praticamente no mundo todo, pois o leite constitui um dos alimentos mais completos e ricos utilizados pelo homem, dadas as suas características alimentares. Além disso, sua importância sócio-econômica é bastante expressiva.

Cerca de 65% do leite do mundo é produzido por países desenvolvidos e os 35% restantes por países em desenvolvimento (Leite B, 1995). O comércio internacional movimenta aproximadamente 90 bilhões de litros de leite por ano, o que corresponde a cerca de US\$ 19 bilhões, o que representa algo em torno de 20% do total de leite produzido no mundo, sendo os 80% restantes consumidos dentro de cada país (Lima e Pereira, 1996).

Do total das exportações mundiais de lácteos, a União Européia controla sozinha 46% e os Estados Unidos participam com 10% (Jank, 1995).

Dentre os maiores países produtores, os EUA lideram com uma produção equivalente a 71,3 bilhões de litros. O Brasil encontra-se, conforme os dados apresentados no Quadro 1, em sexto lugar, sendo responsável por 21,5 bilhões de litros de leite produzidos.

QUADRO 1 - Principais países produtores de leite no mundo em milhões de litros, 1992 a 1998.

Pais	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
EUA	68.440	68.303	69.701	70.600	70.100	70.200	71.300
Índia	29.400	30.600	31.000	32.500	33.500	34.500	35.000
Rússia	46.780	46.300	42.800	39.300	35.200	33.000	33.000
Alemanha	28.100	28.080	27.860	28.600	28.300	28.000	28.000
França	25.300	25.050	25.320	25.490	25.200	24.900	24.800
Brasil	15.538	16.250	16.700	18.375	19.845	20.400	21.500

Fonte: Agroanalysis, 1998.¹

No período de 1970 a 1992, a produção total de leite dos Estados Unidos cresceu 1,4% ao ano, enquanto a produção por vaca cresceu 2,7% e o número de vacas declinou a uma taxa de 0,8% ao ano (Bastos, 1996). Nos EUA, atualmente, há em torno de 120 mil rebanhos formados por 8 milhões de vacas leiteiras, enquanto que em 1970 haviam 400 mil rebanhos e 12 milhões de vacas (Mcgilliard, 1995).

Na sinalização das tendências do mercado consumidor americano, como pode ser observado no Quadro 2, percebe-se uma mudança gradativa e progressiva nos hábitos alimentares. Gomes (1996a) também ressalta o aspecto da preferência do consumidor por alimentos de menor teor de gordura, exemplificando com o caso americano, em que, no período de 1974-1991, o consumo de leite magro cresceu à taxa de 5,74% ao ano, o leite desnatado aumentou em 4,23% e, na contramão, o leite integral apresentou uma redução de 3,33% ao ano.

¹ AGROANALYSIS. Vacas de alta produtividade. Rio de Janeiro, v.18, n.6, p.18-20, jun.1998.

QUADRO 2 - Vendas percentuais de leite fluido por tipo nos EUA, 1954 e 1990.

Tipo de leite	1954	1990
Integral	92%	39%
Desnatado	2%	10%
Semi-desnatado	0.1%	45%
Com sabor	6%	6%

Fonte: Balde Branco, 1996.²

Dentre os países da integração do Mercado Comum do Sul (Mercosul), o Brasil e a Argentina juntos detêm aproximadamente 94% da produção láctea. Em 1997, o Brasil atingiu uma produção aproximada de 20,4 bilhões de litros, enquanto que a Argentina obteve uma produção média de 9,2 bilhões de litros (Quadro 3).

Conforme Pinazza (1998), a média atual de produção diária por fazenda na Argentina é da ordem de 1.100 litros, sendo que em 1988 esta média era de 540 litros por fazenda. A produtividade média por vaca/ano está nos patamares de 3.700 litros, ou seja, em torno de 3 vezes a média brasileira. Em termos de tecnificação, o mesmo autor cita que a mecanização da ordenha chega a 80% do total das propriedades na província de Buenos Aires e mais de 90% na principal região produtora, a província de Santa Fé.

Andrade (1994) conduziu um estudo relacionado ao custo de produção de leite e revelou que para cada litro produzido em Minas Gerais produziam-se 2,1 litros de leite na Argentina.

O Brasil, em 1998 produziu em torno de 21,5 bilhões de litros de leite, 1,1 bilhão a mais que em 1997. O crescimento da produção ocorreu devido não somente ao aumento de produtividade, mas também à expansão de fronteiras. As

² **BALDE BRANCO.** Indústria de laticínios e o desenvolvimento da pecuária leiteira. São Paulo, v.32, n.375, p.34-37, jan.1996.

novas fronteiras agropecuárias, como é o caso de Goiás, têm contribuído de forma crescente com o aumento da produção nacional.

Conforme Gomes (1996b), a produção de leite no Brasil aumentou em 44% no período de 1980-1993, o número de vacas ordenhadas teve um acréscimo de 18% e a produtividade de 20%. No crescimento da produção, a produtividade participou com 53% e o número de vacas ordenhadas com 47%. Dessa forma, caracteriza-se ainda no Brasil um significativo aumento da produção devido à expansão horizontal da atividade.

Em relação a estrutura de produção de leite, existem no Brasil quatro grupos distintos (IPEA, 1994): a) produtor de subsistência: produção basicamente voltada para o consumo familiar, sendo o excedente comercializado; b) produtor de baixa produtividade: reduzidos índices de produtividade, baixa escolaridade e insuficiência econômica-financeira; c) produtor especializado: administra empresarialmente, investindo no setor para buscar aumento de produção, produtividade e melhoria da qualidade de seu produto; d) produtor pecuarista de corte: caracteriza-se pela eventualidade na produção de leite.

QUADRO 3 - Produção de leite na Argentina e no Brasil em milhões de litros, 1990 a 1998.

Ano	Argentina	Brasil
1992	7.000	15.538
1993	7.400	16.250
1994	7.800	16.700
1995	8.500	18.375
1996	8.900	19.845
1997	9.200	20.400
1998	9.700	20.400

Fonte: Agroanalysis, 1998.³

³ AGROANALYSIS. Vacas de alta produtividade. Rio de Janeiro, v.18, n.6, p.18-20, jun.1998.

Os dois primeiros caracterizam-se por entregarem até 50 litros por dia, tendo como preocupação continuar recebendo uma remuneração que representa de 1 a 2 salários mínimos. Seu parâmetro não é o custo de produção porque raras são as vezes em que utilizam maior grau de tecnologia. Para estes grupos, o leite é sobrevivência e significa uma pequena renda mensal para se somar à renda anual de suas culturas de subsistência. Os produtores do terceiro grupo possuem índices de produtividade acima de 2.500kg/vaca/ano e os do último grupo são os denominados safristas.

Quanto a participação das regiões produtoras, constata-se que ocorre uma migração da produção do sul e sudeste para as regiões mais centrais do País, provocando significativas alterações no cenário. Merece destaque neste novo contexto o estado de Goiás, que participou com 11,29% dos 20,3 bilhões de litros produzidos no Brasil em 1997. Conforme Gomes (1996b), a produção de leite no Brasil caminha para o centro-oeste puxada pela indústria de laticínios. Entre os motivos desta tendência cita-se a decadência do gado de corte, o baixo custo da terra, grãos com custos menores e a questão logística do transporte que sofreu alterações com a introdução do chamado leite longa vida.

Minas Gerais é o estado brasileiro que possui a maior concentração de estabelecimentos ligados ao setor leiteiro, como pode ser constatado no Quadro 4.

O estado de Minas Gerais, além de possuir o maior número de estabelecimentos ligados ao complexo leiteiro, detém a primeira posição na produção nacional, respondendo por aproximadamente 30% do total de leite produzido. Entretanto, apesar do estado ser um forte representante da atividade leiteira no Brasil, um estudo realizado pelo SEBRAE (1996), que pesquisou um contingente de 1.000 produtores rurais, obteve informações que questionam o grau de profissionalização, pois diversos índices usados para avaliar o grau de

tecnificação da atividade obtiveram resultados baixos, como, por exemplo, o de que a percentagem de vacas em lactação no rebanho situa-se em 29%.

Rentero (1996) comenta que existem no Estado de Minas Gerais doze mesorregiões produtoras de leite, sendo que a bacia compreendida pelo Triângulo/Alto Paranaíba tem apresentado as maiores taxas de crescimento. Esta bacia, em 1992, foi responsável por 22,50% de todo leite produzido em Minas Gerais e, entre o período de 1980 a 1990, sua taxa de crescimento anual situou-se em 2,65% para a produção de leite, enquanto que a produtividade do rebanho apresentou uma elevação anual de 18,33%.

QUADRO 4 - Concentração do número de estabelecimentos lácteos nos principais estados brasileiros.

Discriminação	Estado							Total
	MG	SP	GO	PR	RS	RJ	BA	
Postos de resfriamento	239	107	111	47	61	28	30	623
Usinas de beneficiamento	80	71	23	25	27	41	8	275
Fábricas de laticínios	302	109	57	60	9	21	8	566

Fonte: Produtor Parmalat , 1997.⁴

3 HISTÓRICO DO TRANSPORTE DE LEITE A GRANEL

3.1 O transporte de leite a granel nos EUA

Em 1940, foi instalada a primeira coleta a granel nos EUA, realizada por um produtor da então companhia americana Carnation Company. Na época surgiram muitas questões como: quem iria financiar a instalação dos tanques? como seria a higienização dos equipamentos? como poderia ser controlada a

⁴ **PRODUTOR PARMALAT.** Leite é a quarta produção de São Paulo. São Paulo, v.1, n.2, p.33-35, abr.1997.

questão da qualidade do leite?, dentre muitas outras interrogações que foram levantadas sem uma resposta correta.

A primeira instalação foi realizada em um rancho de propriedade do Sr. Herbert Hoover e em 1941 mais oito produtores já haviam aderido. As propriedades possuíam um bom volume de leite, a qualidade do produto era boa, a refrigeração era adequada, as estradas eram excelentes e o caminhão tanque foi adaptado para o propósito de transportar este leite para Los Angeles sem, contudo, ocorrer uma variação significativa na temperatura e na sua qualidade.

Os produtores, por sua vez, acharam que o novo sistema era de operacionalização mais leve, poupava trabalho, mantinha melhor a qualidade do leite e reduzia os custos de transporte. Em geral, todos os que participaram desta experiência compartilharam da idéia de que o transporte a granel definitivamente prometia economias que compensavam as suas desvantagens.

Com o início da Segunda Guerra Mundial, este novo sistema foi praticamente esquecido por longos seis anos. Entretanto, em 1947, com o término da guerra, algumas localidades reiniciaram o programa que expandiu-se rapidamente naquele país. Para se ter uma idéia, conforme estimativas da Milk Plant Monthly, em maio de 1955 havia 19 mil fazendas com tanques de expansão e um ano depois já se contabilizavam 54 mil fazendas no novo sistema.

Em 1957 foi realizada a primeira conferência nos EUA sobre este assunto e pesquisadores levantaram alguns efeitos e impactos da mudança, como pode ser percebido pelas frases abaixo extraídas do texto Bulk Milk Handling (1957):

“Muitos e muitos produtores de leite estão se convencendo de que o transporte a granel oferece maior economia e torna seu trabalho mais leve. Ele influencia a melhoria dos métodos de produção e até incentiva alguns incrementos na produtividade, mas o sistema tem certamente aumentado o

volume de leite comercializado diariamente em muitas áreas. Muitos retireiros estão fazendo um melhor trabalho ...”.

“O transporte em tanques envolve altos custos de investimentos, mas eles têm sido usados para maximizar vantagens como regular viagens de coleta por dia e, em alguns casos, permite serviços por 24 horas.”

Na Figura 1 pode-se observar um caminhão transportando leite a latão (foto 2) e os demais realizando o transporte a granel. No sistema de transporte a latão um dos grandes problemas nos EUA era o congelamento do leite pelo frio intenso na época do inverno, barreira esta superada pelo sistema a granel. As fotos 1, 3, 4 e 5 ilustram o transporte a granel.

3.2 O transporte de leite a granel no Brasil

Ao que tudo indica, a pioneira no transporte de leite a granel foi a Cooperativa Central Gaúcha de Leite (CCGL), hoje Elêge, que, em 1985, realizou um teste piloto em Ibirubá (RS) e em São Lourenço (RS). Em 1991 houve uma intensificação na implantação do programa, obtendo como resultado um índice de 100% de granelização em diversas cooperativas filiadas a CCGL.

A Cooperativa Agro-Pecuária Batavo também implantou o sistema de coleta de leite a granel e, conforme Sobrinho, Coutino e Coura (1995), seu sistema encontra-se muito bem organizado, sendo o regulamento dividido em duas bases centrais: a) o primeiro é sobre o fornecimento de leite a granel, em que são determinadas as condições da sala em que se encontra o tanque de resfriamento, o período de coleta, os requisitos básicos para o tanque de resfriamento, a estocagem e o resfriamento do leite na fazenda; b) o segundo trata da coleta propriamente dita, no qual estão determinados o horário da coleta e a temperatura do leite, premiações e penalizações, problemas do tanque, falta de energia elétrica e responsabilidade do motorista e do produtor.

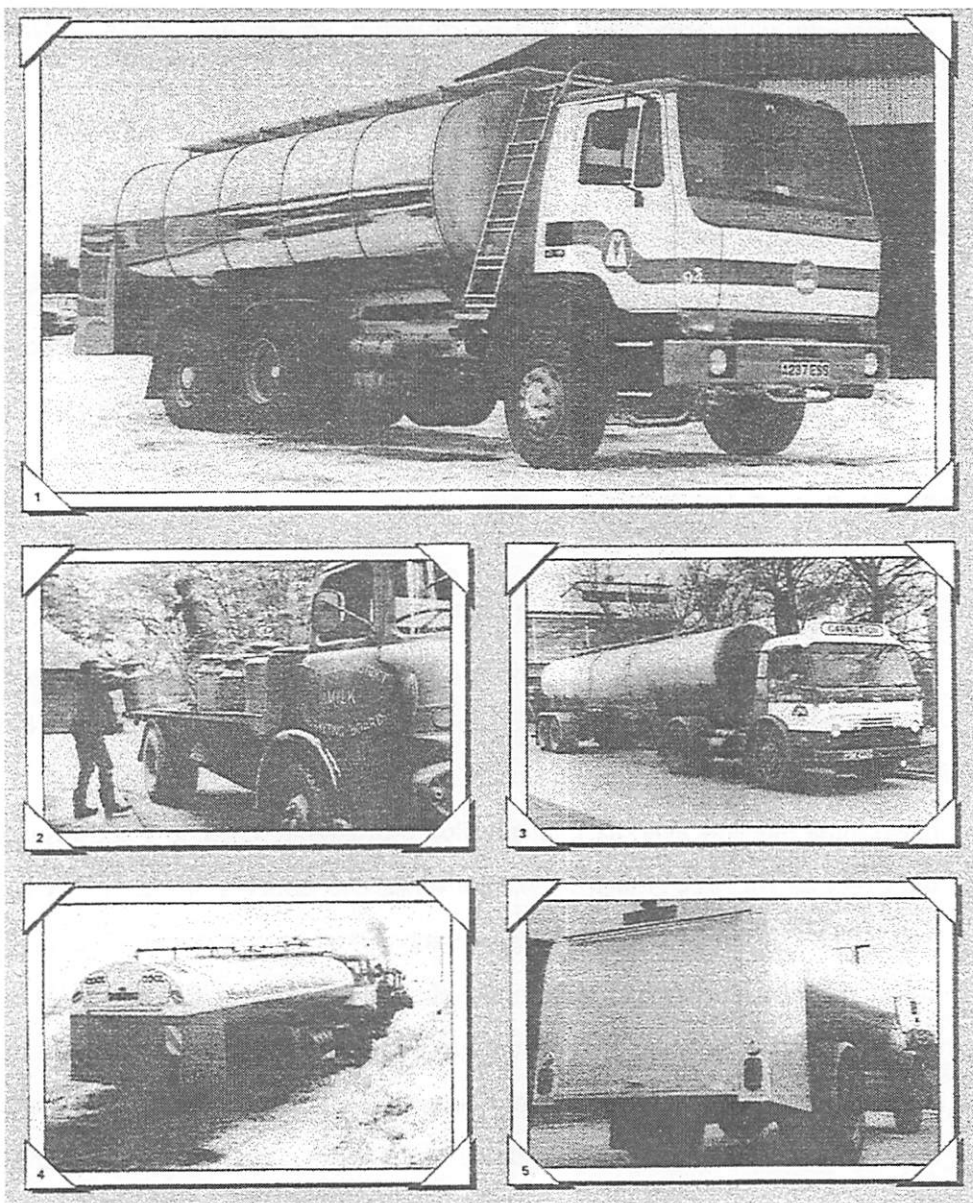


FIGURA 1 - Diferentes sistemas de coleta de leite nos EUA.
Fonte: Milk News, 1984.⁵

⁵ MILK NEWS. Era of the milk. EUA, v.25, n.1, p.22-23, July 1984.

A Cooperativa Regional Agropecuária Languiru Ltda de Teutônia-RS implantou a coleta de leite a granel a partir de 1991 e, atualmente, 100% do leite dos seus associados é recebido pelo sistema. O importante nessa cooperativa é que 2.398 produtores dessa cooperativa apresentam uma média de fornecimento diário de 43 litros de leite, ou seja, são pequenos produtores.

A Nestlé iniciou a implantação da coleta a granel em 1995 em duas de suas unidades de captação (Porto Ferreira-SP em julho de 1995 e em Calciolândia-MG em agosto de 1995), sendo que o plano é chegar aos 100% até o ano 2003. Como auxílio na racionalização da coleta de leite a granel, a empresa investiu em um programa de racionalização de rotas denominado TRUCKS, o qual trabalha com o sistema GPS (Sistema de Posicionamento Geográfico) e, conforme informações de técnicos da empresa, a independência de horários possibilitada pela coleta a granel poderá potencializar ainda mais a racionalização da coleta de leite pelo programa implantado.

Dentre o universo de cooperativas e usinas particulares, muitas já iniciaram o processo de granelização e aquelas que ainda não iniciaram seguramente estão estudando formas de iniciar. Estima-se que 10% de todo leite coletado no Brasil utiliza o sistema a granel e, para a próxima década, todo o leite nacional deverá estar granelizado (Pinazza e Alimandro, 1998).

O sistema a granel, quando comparado ao tradicional, apresenta inúmeras vantagens. Dentre as mais comuns e fáceis de serem detectadas estão a flexibilidade do horário de coleta de leite, as questões da qualidade do leite, a redução de custos, a racionalização das linhas de coleta de leite, entre outras.

No sistema de coleta tradicional, o latão de leite muitas vezes fica diretamente exposto ao sol e a temperatura do leite tende a aumentar possibilitando o crescimento rápido de bactérias. Outra agravante é o tempo de

transporte da propriedade até a indústria, que pode, em muitos casos, superar as duas horas, consideradas como ideal para este sistema.

Ressaltando a importância da influência da temperatura na qualidade do leite, trabalho realizado por Krug et al. (1992) demonstrou o efeito da proliferação das bactérias no leite, levando-se em conta as circunstâncias higiênicas iniciais, a temperatura e o tempo (Quadro 5).

Pinazza e Alimandro (1998) citam que o transporte de leite a granel tem em média 300 mil bactérias por mililitro contra 8 milhões nos produtos transportados em latões, demonstrando assim a influência positiva da temperatura baixa na manutenção da qualidade inicial do leite.

QUADRO 5 - Multiplicação de bactérias sob diferentes temperaturas.

Manejo	Temp. de armazenamento	Número de bactérias por ml de leite			
		Na ordenha	24 horas após	48 horas após	72 horas após
Vaca e utensílios limpos	4,4° C	4.138	4.295	5000	8.427
	10,0° C	4.138	13.961	127.727	5.785.277
	15,0° C	4.138	1.587.333	33.011.111	326.500.000
Vaca e utensílios sujos	4,4° C	4.138	281.646	538.775	749.030
	10,0° C	4.138	1.170.546	13.662.115	25.687.141
	15,0° C	4.138	24.673.571	643.884.615	2.407.383.333

Fonte: Krug et al., 1992.⁶

⁶ KRÜG, E.E.B. et al. **Manual da produção leiteira**. 2.ed. Porto Alegre: Cooperativa Central Gaúcha de Leite, 1992. 716p.

Como efeito econômico da questão da qualidade do leite sobre seus produtos finais (derivados), Teixeira (1993) relata que um leite aprovado em teste de alizarol a 76° em relação a um outro leite com teste de alizarol a 72° pode representar uma diferença de 10,5% nos custos finais da produção de leite longa vida. Esta percentagem pode, a princípio, parecer pequena, mas para uma indústria que trabalha com grandes volumes, essa diferença, em um ano, pode representar cerca de quase um mês e uma semana de produção.

Teixeira (1997) aponta as 16 possibilidades de acondicionamento do leite desde a sua origem (úbere) até o copo do consumidor. Nesta “viagem”, o autor destaca que o leite chega a trocar de embalagem por um número não inferior a 7 vezes (Figura 2). Assim, pode-se perceber a grande manipulação do leite da fazenda até o consumidor final, ficando claro que é a dinâmica e a higiene desse processo que ditará a qualidade final do produto.

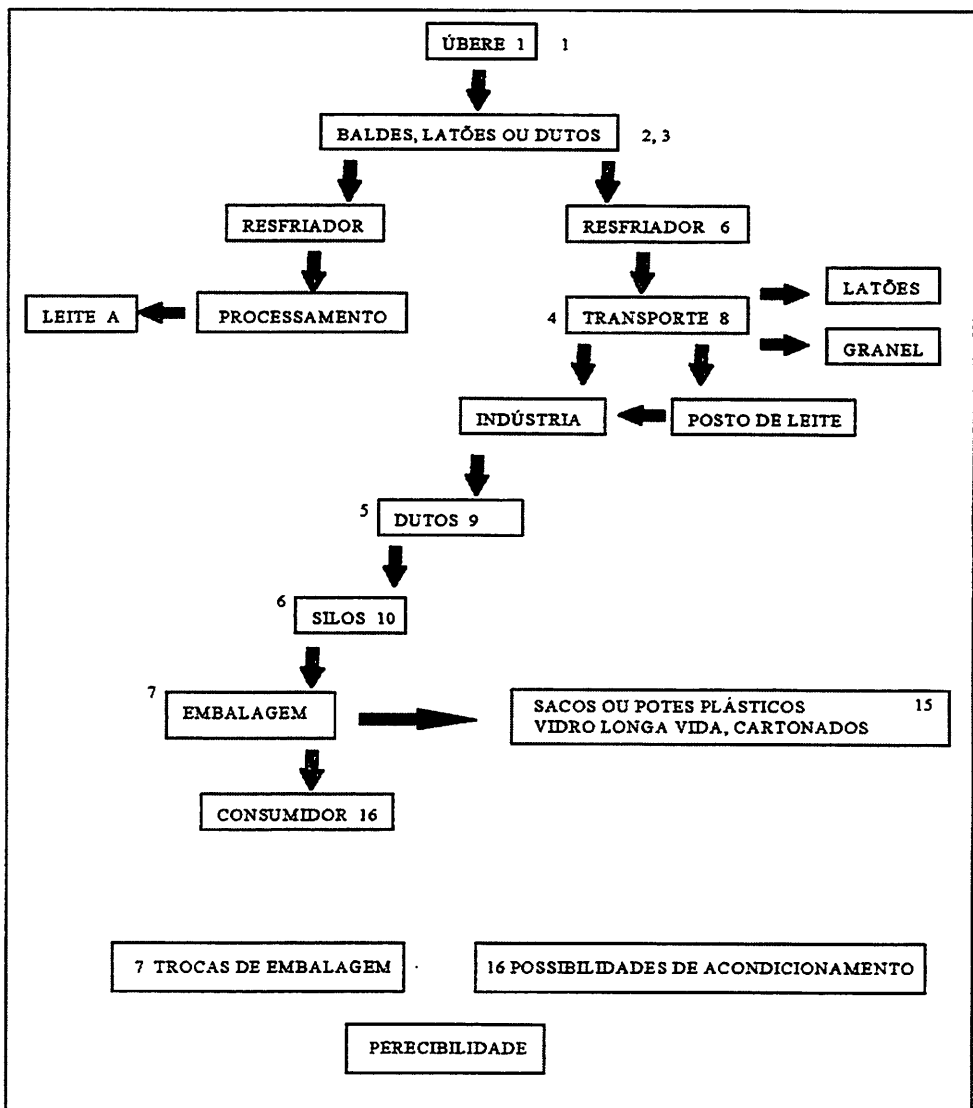


FIGURA 2 - Fluxo e possibilidades do caminhamento do leite do úbere ao mercado.⁷

Fonte: Teixeira, 1997.

Obs. Os números externos aos quadros de identificação do fluxo (7 ao todo) indicam o número mínimo de trocas de embalagens; os números internos (16 ao todo) indicam todas as possibilidades de acondicionamento do produto.

⁷ TEIXEIRA, S.R. A evolução do transporte do leite. *Revista dos Criadores*, São Paulo, v.69, n.802, p.12-13, mar.1997.

A Figura 3 que ilustra os sistemas de coleta de leite a latão e a granel que usualmente ocorrem no País, traz as seguintes ilustrações:

- Foto 1- caminhão de coleta de leite a latão realizando a entrega do produto na plataforma da usina de beneficiamento. Chama a atenção nesta foto a utilização de cobertura na carroceria do veículo como forma de diminuir a incidência do sol sobre os latões;
- Foto 2 - linha de recepção dos latões. No fundo, vêem-se dois funcionários, os quais estão realizando testes de qualidade no leite e no centro da foto vê-se o sistema de lavagem dos latões;
- Foto 3 - sistema de resfriamento do tipo de imersão, presente em algumas fazendas brasileiras;
- Foto 4 - os dois sistema de coleta, o caminhão a granel no lado esquerdo e o tradicional a latão no lado direito.
- Foto 5 - tanque de expansão (sistema de frio) de 2000 litros.
- Foto 6 - coleta a granel sendo realizada nos latões de leite que estavam em sistema de resfriamento do tipo de imersão. Ilustra uma fase intermediária da coleta tradicional com a coleta a granel. Na coleta a granel preconiza-se o uso de tanques de expansão por serem menos trabalhosos, mais eficientes e mais adaptados a este sistema.



Foto 1



Foto 2

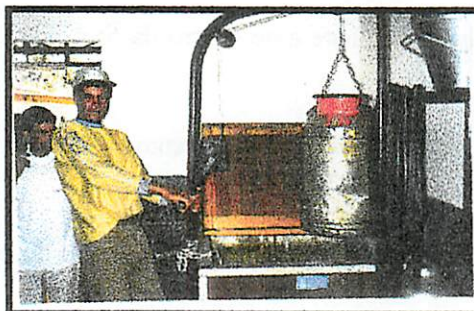


Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6

FIGURA 3 - Sistemas de coleta de leite a latão e a granel no Brasil.
Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 6, Silva e Reis (1997) destacam diversas vantagens e dificuldades da implantação do sistema de transporte de leite a granel.

QUADRO 6 - Vantagens e dificuldades da introdução do sistema a granel na coleta de leite.

Vantagens	Dificuldades
<p><u>Para o produtor:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • redução do custo do frete; • aumento da produção de leite (duas ordenhas diárias) • flexibilidade nos horários de ordenha; • ganho na qualidade e tempo de armazenamento; • estabilidade de renda; • trabalho mais leve em relação ao acondicionamento do leite; • acompanhamento da análise do leite na propriedade; <p><u>Para o carreteiro:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • melhor utilização do veículo; • trabalho mais leve; • flexibilidade nos horários; <p><u>Para a indústria:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • melhor qualidade do leite; • maior volume de leite transportado por km; • redução de carreteiros; • entrega de leite mais escalonada; • eliminação das plataformas de recepção e redução de custos operacionais 	<ul style="list-style-type: none"> • resistência do produtor à mudança; • negociação com carreteiros complicada (problemas judiciais); • fim da entrega de leite na plataforma pelo produtor; • “desaparece” o transporte de passageiros e mercadorias. • investimento inicial elevado; • treinamento e qualificação das pessoas envolvidas; • o carreteiro perde a chance de fazer “bicos”; • capacidade de pagamento dos produtores pequenos.

Fonte: Silva e Reis, 1997.⁸

⁸ SILVA, I.C.V. da; REIS, R. P. Coleta a granel: passaporte para a modernização da cadeia do leite. *Laticínios*, São Paulo, v.2, n.11, p.22-26, set./out.1997.

4 ESTUDOS SOBRE O TRANSPORTE DE LEITE

Segundo Caixeta Filho, Dee e Soares (1997), no Reino Unido a logística do transporte de leite parte do princípio da taxa de litros coletados/km rodados, ocorrendo uma reação quando esta taxa decresce. Assim, ocorre o desenvolvimento de mecanismos que estimulem os produtores com escalas de produção próximas às plantas processadoras contra um desestímulo a produtores com localização menos favoráveis.

No tocante a questão de custo, Sobrinho, Coutinho e Coura (1995), realizando um estudo de caso, apontam que o transporte de leite a granel reduziu o custo do frete do leite em 28% para o produtor e para a indústria esta redução significou uma economia de 41%, referente ao custo operacional do posto de recepção de leite. Ainda no mesmo estudo, os autores citam que o investimento necessário pelo produtor pode ser amortizado em um prazo de 81 meses (para uma produção diária de 157,5 litros), somente levando-se em conta a diferença do frete. Relacionado à indústria, esta poderá amortizar o investimento em equipamentos, tanques-rodoviários e caminhão reserva em um prazo de 23 meses, apenas considerando-se a redução mensal dos custos operacionais.

A eficiência operacional no transporte de leite na região sul do País foi estudada por Machado e Feldens (1993). O trabalho destacou que das oito linhas (rotas) pesquisadas, somente 3 apresentaram resultados positivos. É importante ressaltar que esse estudo estimou um gasto de 70% referente aos custos fixos, indicando uma baixa utilização racional dos caminhões. Os autores apontaram possibilidades de economia desde que fosse reformulado o processo de captação do leite, ou seja, mudanças relacionadas às rotas. Na época do estudo, o custo do frete para o produtor oscilava entre 12 a 22% do preço do leite.

Soares (1988), em sua pesquisa realizada no município de Viçosa-MG, abordou o aspecto de racionalização de linhas de coleta de leite a latão, no qual utilizou-se do programa ROUTE como ferramenta de processamento dos dados. Como resultados, o autor constatou uma redução de 34% na taxa paga por litro de leite transportado ou o decréscimo de 6,4% na tarifa paga por quilômetro na adoção de novas rotas. O estudo identificou também uma ociosidade de 57% no sistema de transporte adotado na época, um valor bastante alto.

Felício Filho (1986), estudando o custo e o sistema de transporte do primeiro percurso do leite em Juiz de Fora, concluiu que, na média, os caminhões utilizados no transporte estavam com apenas 43,7% de sua capacidade. Dos nove carreteiros envolvidos, três operavam abaixo do ponto de equilíbrio.

Os trabalhos encontrados na literatura normalmente enfatizam os pontos de otimização de rota ou são estudos de custos. O presente trabalho busca analisar conjuntamente a otimização de rotas e a avaliação dos custos.

5 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS E METODOLÓGICAS

5.1 O modelo representativo do agronegócio lácteo

O complexo leiteiro pode ser resumido de acordo com o esquema apresentado na Figura 4, na qual tem-se os integrantes da cadeia láctea, juntamente com os sistemas de coleta, processamento e comercialização do leite. Observam-se os diversos fluxos de comercialização, incluindo aquele representado pela comercialização do leite diretamente pelo produtor e o fluxo que corresponde ao sistema de coleta das cooperativas e de empresas privadas.

Estes fluxos são acompanhados de transformações ou manipulações no produto inicial (leite líquido) objetivando-se atender o consumidor conforme suas

exigências preferenciais. É nesse complexo processo que ocorre a agregação de valor do produto.

A cada etapa percorrida dentro do fluxo do produto existe um custo correspondente que, ao final do processo, determinará o custo final do produto. Este custo associado ao aumento da competitividade entre as empresas, pressionadas pela abertura da economia, vem direcionando uma maior atenção a cada etapa do processo com o objetivo de ganhar mais competitividade, seja através do desenvolvimento de novos produtos e embalagens e/ou na redução de custos.

O custo do produto final refere-se a uma série de esforços, dentre eles o transporte, que tem sua importância cada vez mais evidenciada no custo final do derivado lácteo, sendo, em muitos casos, considerado um importante gargalo produtivo. Portanto, é de se esperar um direcionamento de esforços visando a racionalização e a diminuição desse fator na formação do preço final do produto lácteo como forma de tornar mais competitivo no mercado nacional. Dessa forma, este estudo está centrado nos aspectos de custos ligados ao primeiro percurso do transporte de leite representado pela elipse tracejada na Figura 4.

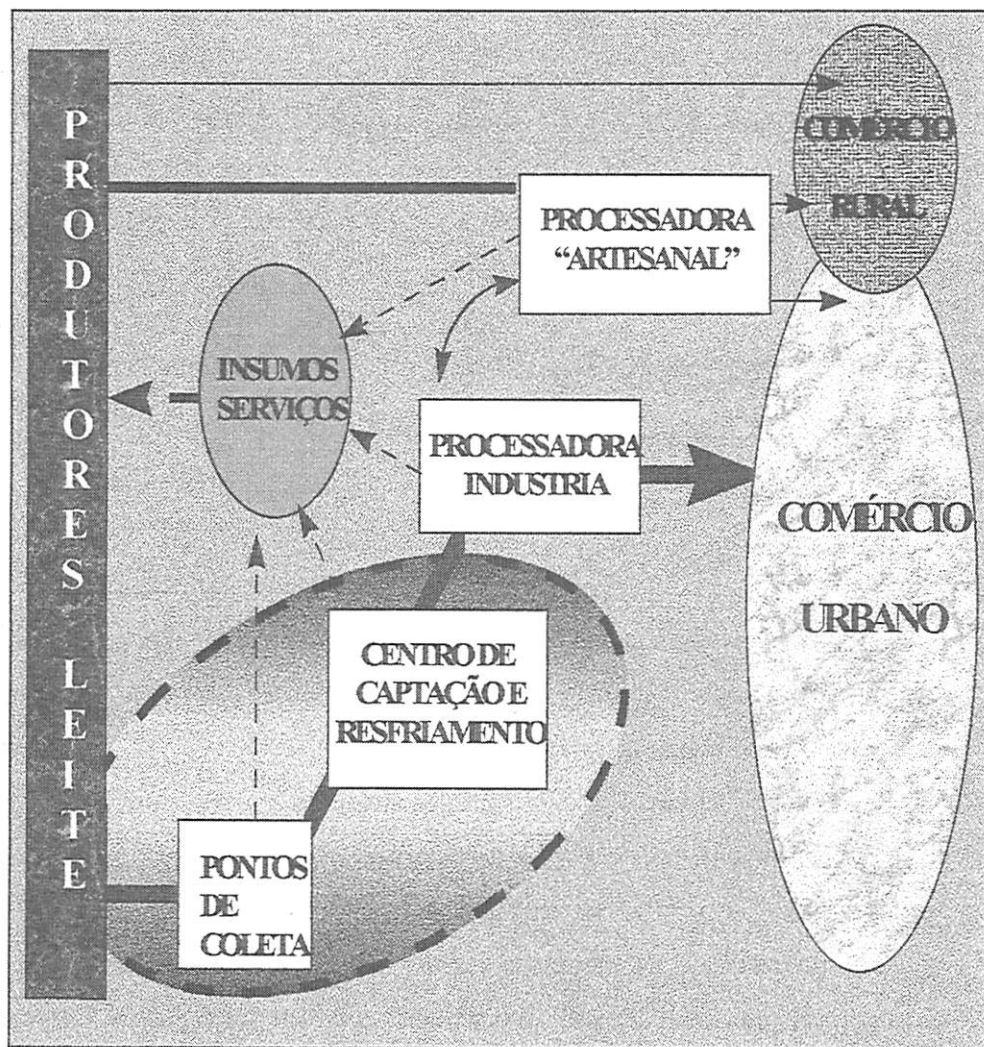


FIGURA 4 - Representação esquemática envolvendo o processo de coleta de leite e o sistema de comercialização.

Fonte: International Dairy Federation, 1990.⁹

⁹ INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. Milk collection in warm developing countries. 1990. 147p.

5.2 Modelo teórico e de análise

Na análise de custos referentes aos veículos utilizou-se a seguinte função (Nicholson, 1998; Reis, 1997 e Felício Filho, 1986):

$$Y = f\left(\sum_{i=1}^n X_i + \sum_{j=1}^n X_j\right), \quad (1)$$

sendo:

Y = custo do transporte;

$\sum_{i=1}^n X_i$ = custos variáveis;

$\sum_{j=1}^n X_j$ = custos fixos.

Os custos variáveis são as despesas com os recursos que têm duração inferior ou igual ao curto prazo, ou seja, o período de análise. São custos que incorporam-se totalmente ao produto no curto prazo.

Os custos fixos podem ser considerados como sendo aqueles correspondentes aos recursos que têm duração superior ao curto prazo e, portanto, sua renovação só se verifica a longo prazo. São custos que não se incorporam totalmente no produto a curto prazo, fazendo-se em tantos ciclos quantos permitirem sua vida útil. É o conjunto dos recursos fixos que determina a capacidade de produção da atividade, ou seja, sua escala de produção. Os custos fixos são computados através da depreciação.

A depreciação é o custo necessário para substituir os bens de capital quando tomados inúteis. Representa a reserva em dinheiro que a empresa faz durante o período de vida útil provável do recurso para sua posterior substituição. Este custo é incorporado ao custo fixo.

Existem várias formas de se calcular a depreciação, sendo a mais freqüente a seguinte expressão:

$$\text{Depreciação} = \frac{\text{Valor atual} - \text{Valor residual}}{\text{Vida útil}} \quad (2)$$

Outro indicador econômico de importância neste estudo é o ponto de equilíbrio, definido como o ponto em que a empresa não tem lucro nem prejuízo (Leone, 1989; Iudicibus, 1988; Santos, 1987; e Savage e Small, 1979). Sua representação gráfica está na Figura 5.

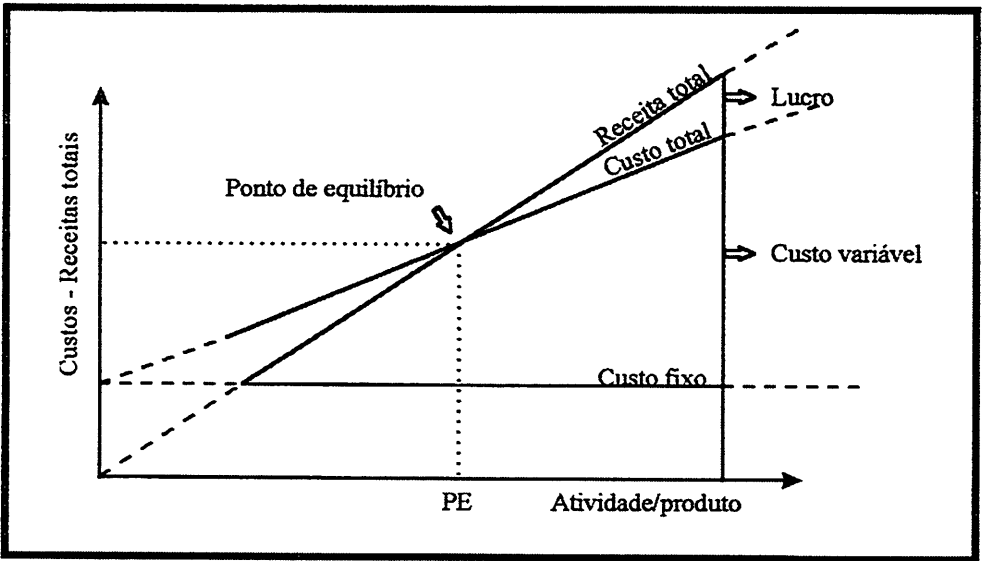


FIGURA 5 - Representação gráfica do ponto de equilíbrio.

O modelo matemático do Ponto de Equilíbrio (PE) pode ser representado por:

$$Q = \frac{CFT}{P - CVMe} = PE, \quad (3)$$

onde:

Q = quantidade vendida ou produzida (ou quilometragem percorrida);

CFT = custo fixo total;

P = preço unitário do produto (R\$/km);

CVMe = custo variável médio.

5.3 O Problema de Percurso de Veículos em Vértices (PPV)

Conforme Gomes, M.J.N., (1996), o “*Problema de Percurso de Veículos em Vértices (PPV)*” pode ser descrito como o problema de determinar um conjunto ótimo de rotas de entrega/coleta a partir de um ou múltiplos depósitos, sobre um número de clientes dispersamente distribuídos em uma região geográfica, sujeito a um conjunto de restrições laterais (demanda máxima conduzida nos veículos, tempo de serviço, distância máxima, horários de atendimento, etc).”

Segundo o autor, esse problema foi inicialmente formulado por Dantzig e Ramser, cujo objetivo era resolver um problema de distribuição de derivados de petróleo em postos. Neste trabalho, o método por eles desenvolvido estava mais preocupado com o preenchimento dos veículos de igual capacidade do que com a distância percorrida. Posteriormente, o método foi melhorado por Clarke e Write (1964), recebendo o nome de “*Método de Economias*”, largamente utilizado na confecção de algoritmos para o problema de roteamento.

A expressão desse método é:

$$s_{ij} = c_{i1} + c_{1j} - c_{ij}, \quad (4)$$

sendo:

s_{ij} = coeficiente de economia;

c_{i1} = distância ou custo do trajeto do cliente i ao depósito 1;

c_{1j} = distância ou custo do trajeto do depósito 1 ao cliente j ;

c_{ij} = distância ou custo do trajeto entre os clientes i e j .

A Figura 6 representa o funcionamento básico da expressão (4).

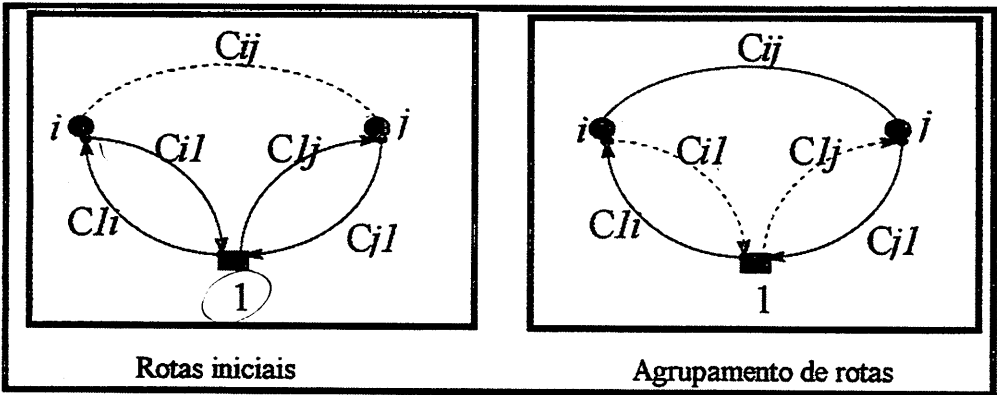


FIGURA 6 - Juntando clientes a rotas usando economias.

A formulação genérica do Problema de Percurso de Veículos em Vértices (PPV) pode ser colocada como segue (Golden, Assad e Dahl, 1984):

$$(PPV) \text{ Minimizar } \sum_{v=1}^{nv} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}^v \quad (5)$$

Sujeito a:

$$\sum_v \sum_i x_{ij}^v = 1 \quad (j = 2, \dots, n) \quad (5.1)$$

$$\sum_v \sum_j x_{ij}^v = 1 \quad (i = 2, \dots, n) \quad (5.2)$$

$$\sum_i x_{ip}^v - \sum_j x_{pj}^v = 0 \quad (p = 1, \dots, n) \quad (v = 1, \dots, mv) \quad (5.3)$$

$$\sum_i q_i (\sum_j x_{ij}^v) \leq Q^v \quad (v = 1, \dots, mv) \quad (5.4)$$

$$\sum_i t_i^v \sum_j x_{ij}^v + \sum_i \sum_j t_{ij}^v x_{ij}^v \leq T^v \quad (v = 1, \dots, mv) \quad (5.5)$$

$$\sum_i x_{i1}^v \leq 1 \quad (v = 1, \dots, mv) \quad (5.6)$$

$$\sum_j x_{1j}^v \leq 1 \quad (v = 1, \dots, mv) \quad (5.7)$$

$$X = (x_{ij}^v) \in S \quad (5.8)$$

$$x_{ij}^v \in \{0,1\} \quad (i,j = 1, \dots, n) \quad (v = 1, \dots, mv), \quad (5.9)$$

sendo:

n = número de vértices com demanda incluindo o depósito (1);

mv = número de veículos;

Q^v = capacidade do veículo v ;

q_i = demanda no vértice i (cliente i), onde $q_1 = 0$ e $q_i \leq Q^v, \forall i, v$;

T^v = tempo máximo permitido para o veículo v ;

t_i^v = tempo necessário para o veículo v entregar ou receber no vértice i (cliente i)
(tempo de serviço em i por v);

t_{ij}^v = tempo de percurso do veículo v entre os vértices i e j , $t_{ij}^v = \infty$;

$x_{ij}^v = \begin{cases} 1, & \text{se a ligação } ij \text{ é usada pelo veículo } v \\ 0, & \text{Caso contrário.} \end{cases}$

S = conjunto formado pelas restrições de quebras de sub-rotas ilegais que não incluem o vértice origem.

A função objetivo 5 deseja minimizar o custo total do percurso de um conjunto de veículos iguais ou distintos. As restrições 5.1 e 5.2 definem que cada vértice (cliente) demanda é servido por exatamente um veículo. As equações 5.3 consideram a continuidade do percurso (rota), ou seja, se um veículo entra em um vértice com demanda, ele deve sair. As equações 5.4 são as restrições de capacidade dos veículos; de modo similar, as equações 5.5 são relativas ao tempo total da rota. As equações de 5.6 e 5.7 garantem que a disponibilidade de veículos não será excedida. As restrições 5.8 representam a proibição de sub-rotas ilegais. Por fim, as restrições 5.9 definem as variáveis de decisão do modelo.

5.4 O sistema SisGRAFO.

O sistema computacional SisGRAFO foi projetado para ser um ambiente gráfico de solução de problemas de otimização em grafos. O sistema constitui-se de um editor de redes (instâncias), o qual se encarrega de gerar grafos de vários tipos (euclidianos, simétricos e mistos), que possuem atributos nos vértices e nas ligações. Os modelos gerados comunicam-se com algoritmos específicos de otimização em grafos (árvores, caminhos, fluxos, etc), sendo os atributos específicos ao problema tratados localmente pelo modelo. Um grafo solução é

gerado pelo algoritmo específico, podendo o usuário interferir no resultado apenas após a sua apresentação (em módulo de alteração) para alguns dos problemas considerados.

Este software incorpora problemas básicos e bem resolvidos (árvores geradoras, fluxo em redes, problema de transporte, fluxo de custo mínimo, caminhos mínimos, atribuição simples e de 1-matching valorado) e problemas cujas soluções são obtidas através de heurísticas (problema do caixeiro viajante, do carteiro rural, de roteamento geral, de localização de depósitos, dentre outros).

É um sistema computacional que se utiliza da técnica de Modelagem Visual Interativa (MVI) em que a base é a utilização de grafos ou um conjunto formado por vértices (ou pontos) e ligações (entre os pontos). A Modelagem Visual Interativa é uma técnica baseada em computador que incorpora a representação visual do sistema que está sendo modelado (a exemplo das rotas de coleta de leite), no qual os usuários podem fazer mudanças interativamente (entrada ou saída de novos fornecedores de leite em determinadas rotas) e logo podem ver os resultados gerados apresentados no monitor do computador.

Gomes, M.J.N., (1996) define um grafo G como sendo um conjunto formado por uma dupla de conjuntos, vértices ou nós (V) e de ligações entre os vértices (L), definido por $G = (V,L)$. O conjunto formado pelas ligações é formado por uma dupla de conjuntos (E,A), sendo E o conjunto de ligações não orientadas (sentido de travessia não definido) e A aquele formado pelas orientadas (sentido de travessia definido). Outra definição pode ser obtida em Hillier e Lieberman(1988), para os quais um grafo com um fluxo de algum tipo em seus ramos é considerado uma rede.

De forma resumida, o problema é digitalizado na forma de rede ou grafos (construção do mapa), inserindo-se os atributos pertinentes do grafo (quilometragem entre os vértices e volume de leite nos vértices demanda) e suas

restrições (capacidade de transporte dos veículos). Após, o programa é acionado gerando internamente a matriz de resolução, sendo finalmente apresentado o resultado gráfico, ou seja, o mapa sinalizando a solução (Figura 7). O programa se encarrega de sinalizar o resultado com dispositivos de cores.

O programa trabalha inicialmente considerando a frota como sendo homogênea. Entretanto, essa dificuldade é superada com ajustes manuais permitidos pelo software, o que resulta em uma superação das dificuldades operacionais do programa, permitindo assim obter resultados mais reais, com maior eficácia e com uma frota heterogênea.

5.5 Coleta dos dados

O estudo baseia-se fundamentalmente na análise das rotas de coleta de leite no primeiro percurso. Como sugerido por Schulster e Pratt, citados por Soares (1988), faz-se necessário o mapeamento da área e a plotação de todas as localidades bem como as suas respectivas características. De posse destes dados é possível obter a sequência dos pontos de coleta, tempo de parada de cada ponto, volume de leite, frequência de entrega, capacidade dos veículos, distância entre pontos, restrição de tempo e capacidade para uma posterior codificação. Com estas informações o problema de otimização pode ser elaborado e rodado de forma a buscar a melhor solução.

Silva e Reis (1997) e Boisson (1996) destacam alguns aspectos importantes a serem observados para a implantação de um sistema de coleta a granel, como o recenseamento dos produtores (número, localização, volume de leite a coletar e as condições de temperatura do produto) e a logística (distância entre os produtores e entre a usina, condições de circulação, variações ligadas a estação do tempo e horário de ordenha).

A localidade onde desenvolveu-se a pesquisa foi a bacia leiteira do município de Bom Sucesso, no oeste de Minas Gerais, uma região onde predominam a bovinocultura de leite e a cafeicultura. Neste trabalho, convencionou-se chamar de Laticínio a empresa objeto do estudo. O período de levantamento das rotas e seus detalhes absorveram os meses de junho, julho e agosto de 1997.

O levantamento das rotas foi baseado, a princípio, no mapa rodoviário de Bom Sucesso e do vizinho município de Santo Antônio do Amparo. Entretanto, devido a existência de caminhos não relacionados no mapa, decidiu-se tomar como base um “mapa-esboço”, traçado com a ajuda do gerente do posto de recepção de leite, o qual contava com uma experiência de 15 anos na região.

Através do protótipo do mapa, foram percorridos todos os caminhos possíveis, anotando-se a quilometragem entre cada nó (vértice) que forma a rede rodoviária do município de Bom Sucesso, bem como todas as estradas de acesso às propriedades fornecedoras de leite para a empresa em questão. Não foram levantados os fornecedores de leite de concorrentes que atuam na mesma bacia.

Os segmentos de estradas com problemas em condições adversas de clima (chuva) foram anotados e também todas as porteiras existentes nos possíveis trajetos das rotas de coleta de leite. Posteriormente, foram plotados no “mapa-esboço” todos os fornecedores de leite do laticínio em questão. Os fornecedores que compartilhavam de pontos de coleta comunitários receberam valores de distâncias entre eles igual a zero e foram todos computados separadamente.

Convencionou-se chamar “mapa-esboço” por não se apresentar em escala e não possuir coordenadas gráficas. No entanto, os valores de distância entre um nó e outro estão na precisão de décimos de quilômetro (0,1km) e foram coletados um a um pelo velocímetro de um veículo.

O “mapa-esboço” está apresentado na Figura 7. Os pontos em vermelho representam os fornecedores de leite e o ponto em azul escuro o posto de recepção de leite. Os caminhos estão representados na cor branca, sendo os trechos asfaltados representados por traços mais espessos. Já, para cada rota, existe uma cor correspondente.

Foi realizado também o levantamento de todas as rotas existentes em relação a: tempo total de coleta (diferença do horário de saída em relação ao horário de chegada no posto), tempo de cada parada, número de porteiras na rota, número de produtores, volume de leite entregue por cada produtor e a distância total percorrida em cada rota .

5.5.1 Características e operacionalização das rotas

O laticínio em estudo possui sete rotas de coleta de leite que são terceirizadas. Cada uma das rotas é feita por um único caminhoneiro e seu auxiliar. O auxiliar realiza a coleta dos latões com leite e a devolução de um mesmo número de latões limpos e vazios em cada ponto, além de ser encarregado de abrir e fechar as possíveis porteiras existentes no trajeto. Já o motorista tem a obrigação de cumprir o horário de coleta no menor tempo possível e de fazer anotações, quando necessário, de reclamações, mudanças e de agrupamento da produção de um conjunto de produtores em recipientes compartilhados por seus integrantes.

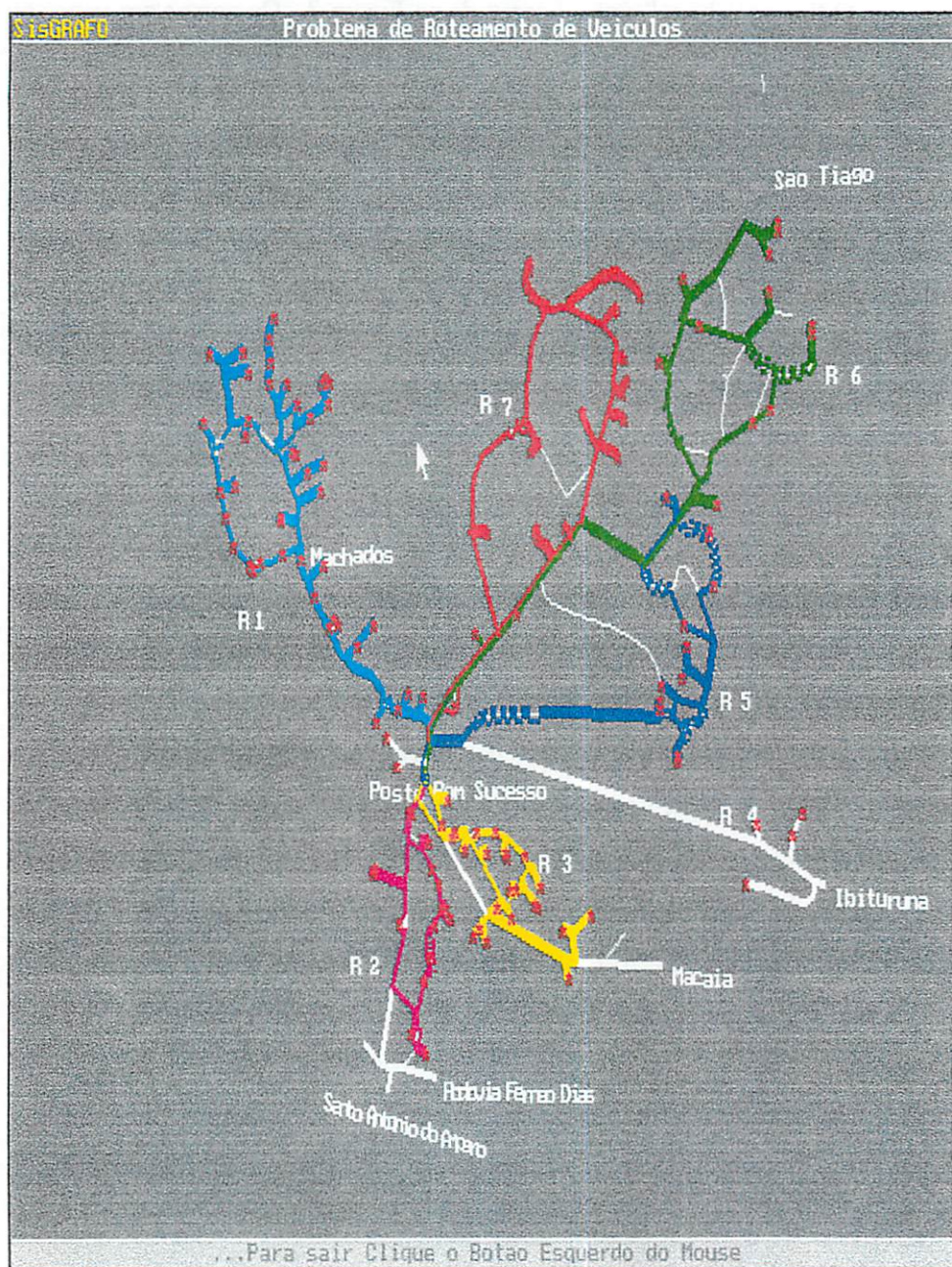


FIGURA 7 - Mapa-esboço ilustrando as sete rotas de coleta de leite da bacia leiteira de Bom Sucesso-MG.

O caminhoneiro também funciona como carteiro, enviando mensagens e cartas, além de prestar um serviço de transporte, tanto de pessoas como de mercadorias.

Na Figura 7, a rota 1 (azul claro) é a que agrega o maior número de fornecedores (45) e possui o maior volume de leite coletado (4.329 litros). Entretanto, dos 45 fornecedores, 23 produzem abaixo de 51 litros diários e fornecem apenas 14,48% desse volume, enquanto que os outros 22 fornecedores restantes respondem por 85,52% do volume de leite coletado diariamente (Quadros 7 e 8).

Desta forma, esta linha apresenta uma particularidade em relação às outras, pois o caminhoneiro realiza o trabalho de agrupar produções de alguns pequenos fornecedores em latões comuns, anotando a produção individual. Neste caso, o volume transportado em alguns latões tende a ser mais próximo dos 50 litros, permitindo uma melhor otimização do veículo e dos recipientes. No total, são cinco pontos comuns de entrega de leite que agregam treze fornecedores.

Essa linha possui ainda em sua extensão, doze porteiras (Quadro 9), sendo 8 de madeira e 4 de arame. A saída do veículo é feita no município de origem do posto de captação.

Os caminhos dessa rota não se sobrepõem a nenhuma das outras rotas, a não ser pelo trecho de saída do município. Sua região é delimitada pelas localidades: Madeira, Machados e Figueira. Todo o seu trajeto é realizado em estrada de chão e a velocidade média é a mais baixa de todas (16,92km/h), provavelmente pelo grande número de paradas, por ser praticamente toda de terra e possuir um grande número de porteiras em seu trajeto.

A rota 2 (cor-de-rosa) é a rota mais curta (77 km), sendo 21,6km em estrada pavimentada e os restantes 55,4km em estrada de chão. Seu tempo médio

de percurso é de 3h15min, a uma velocidade média de 23,69 km/h. É uma das rotas de menor tempo de coleta.

Em termos de volume, apresenta uma captação diária de 2.520 litros, sendo que 19,84% deste total são fornecidos por 52,50% dos produtores da rota (Quadro 8). É a terceira rota em termos de volume e a segunda em relação ao volume transportado por quilômetro (Quadro 7).

Esta rota, assim como a rota 1, também não sobrepõe seu trajeto a caminhos adotados pelas demais rotas. Possui, em sua extensão, somente três porteiras de madeira e abrange as regiões denominadas Babilônia, Bairro Jardim e Merendas, sendo seu trajeto de asfalto na estrada que liga o município a Rodovia Fernão Dias (BR 381). Sua base de saída é situada dentro do município de Bom Sucesso.

QUADRO 7 - Distância e volume de leite das sete rotas que compõem o estudo.

Rotas	km/dia	litro por dia	litro por mês	Número de fornecedores	Quantidade e média de latões	Média por fornecedor	litro por km
Rota 1	110,0	4.329	129.870	45	96	96,20	39,35
Rota 2	77,0	2.520	75.600	16	60	157,50	32,73
Rota 3	82,0	1.800	54.000	24	57	75,00	21,95
Rota 4	78,0	1.344	40.320	6	31	224,00	17,23
Rota 5	132,0	2.782	83.460	16	67	173,88	21,08
Rota 6	93,0	1.497	44.910	12	38	124,75	16,10
Rota 7	106,0	2.268	68.040	16	49	141,75	21,40
Total	678,0	16.540	496.200	135	398	—	—
Média/rota	96,9	2.362,9	70.885,7	19,3	56,9	122,52	24,40

Fonte: Dados da pesquisa.

A rota 3 (amarela) possui a menor média de produção de leite por fornecedor (75litros/dia), pois todos os fornecedores produzem abaixo dos 300litros/dia (Quadros 7 e 8). Sua extensão é de 82km, sendo 22,7km de asfalto e 59,3km de terra, havendo somente três porteiras de madeira para serem transpostas a cada dia (Quadro 9).

QUADRO 8 - Fornecedores de leite que compõem as rotas de coleta em estudo.

Rota	Item	Extratos de produção						
		<51	51-100	101-150	151-200	201-300	301-500	>500
Rota 1	Nº fornecedores	23	8	5	3	2	4	0
	% fornecedores	51,11	17,78	11,11	6,67	4,44	8,89	0
	% produção	14,48	13,05	13,86	13,35	12,10	33,15	0
Rota 2	Nº fornecedores	6	4	0	1	3	1	1
	% fornecedores	37,50	25,00	0	6,25	18,75	6,25	6,25
	% produção	7,74	12,10	0	7,10	33,02	11,94	28,10
Rota 3	Nº fornecedores	11	8	2	2	1	0	0
	% fornecedores	45,83	33,33	8,33	8,33	4,17	0	0
	% produção	17,89	33,67	14,11	18,67	15,67	0	0
Rota 4	Nº fornecedores	1	0	3	0	0	1	1
	% fornecedores	16,67	0	50,00	0	0	16,67	16,67
	% produção	2,38	0	27,23	0	0	27,46	42,93
Rota 5	Nº fornecedores	5	3	2	2	1	0	3
	% fornecedores	31,25	18,75	12,50	12,50	6,25	0	18,75
	% produção	4,74	6,94	9,60	12,76	10,35	0	55,61
Rota 6	Nº fornecedores	3	2	2	3	2	0	0
	% fornecedores	25,00	16,67	16,67	25,00	16,67	0	0
	% produção	3,87	9,69	14,76	37,27	34,40	0	0
Rota 7	Nº fornecedores	7	3	3	1	0	1	1
	% fornecedores	43,75	18,75	18,75	6,25	0	6,25	6,25
	% produção	6,79	7,72	15,26	8,55	0	17,64	44,05
Todas as rotas	Nº fornecedores	56	28	17	12	9	7	6
	% fornecedores	41,48	20,74	12,59	8,89	6,67	5,19	4,44
	Produção (l)	1.520	1.989	2.054	2.200	2.441	2.505	3.831
	% Produção	9,19	12,03	12,42	13,30	14,76	15,15	23,16

Fonte: Dados da pesquisa.

Existe no percurso três fornecedores próximos ao distrito de Macaia. A estrada que liga Bom Sucesso a Macaia é pavimentada. Também inicia o trajeto diário a partir do município.

A rota 4 (branca) é a mais pavimentada, pois dos 78km de seu trecho, 37,4km são asfaltados e os restantes 40,6km de chão. Também é a de menor número de fornecedores (6 ao todo) e tem a maior produção média por fornecedor (224litros/dia), o que acarreta na maior velocidade média das 7 rotas, ou seja, 24,6km/h e no menor tempo de coleta, 3h10min (Quadros 7 e 9).

O trecho asfaltado compreende a estrada que liga o município de Bom Sucesso a Ibituruna, região onde estão localizados quatro dos seus seis fornecedores. A saída é do município de Bom Sucesso e no percurso todo existem cinco porteiras de madeira.

Esta rota também não concorre com nenhum dos outros trajetos por fornecedores, ou seja, não ocorre sobreposição de rotas.

QUADRO 9 - Distância, tempo e velocidade média das sete rotas que compõem o estudo.

Rotas	km/dia	Saída (h)	Chegada (h)	Tempo de percurso (h)	Vel. média km/h	Nº porteiras		
						Madeira	Arame	Total
Rota 1	110,0	5:10	11:40	6:30	16,92	8	4	12
Rota 2	77,0	7:10	10:25	3:15	23,69	3	0	3
Rota 3	82,0	6:29	10:52	4:23	18,72	3	0	3
Rota 4	78,0	7:30	10:40	3:10	24,61	5	0	5
Rota 5	132,0	6:05	12:05	6:00	22,00	5	0	5
Rota 6	93,0	6:14	11:39	5:25	17,16	3	2	5
Rota 7	106,0	6:05	11:50	5:45	18,43	2	1	3
Total	678,0	—	—	34:28	19,67	—	—	—

Fonte: Dados da pesquisa.

Na rota 5 (azul escuro) predomina, em quase toda a sua extensão estrada de chão, sendo que o trecho pavimentado é o que está inserido no perímetro da cidade. O trajeto tem cinco porteiras de madeira. Esta rota sobrepõe-se a um trecho da rota 6, pois sua área de ação engloba sete fornecedores pertencentes ao município de São Tiago. De acordo com o Quadro 8, nesta rota três fornecedores sozinhos representam cerca de 55% de todo o leite captado na linha.

A rota 6 (verde) é a mais longa, tendo uma extensão de 132km (ida e volta). Com exceção dos 3,1km de asfalto situados dentro do município, todo o restante do trajeto é de estrada de terra.

Esta rota sobrepõe trechos da rota 5 e da rota 7 e é a única rota que tem como ponto de partida outra localidade que não o município de Bom Sucesso. Seu local de saída é o município de São Tiago, onde reside o caminhoneiro. A sua área de abrangência pertence, na sua maior parte, ao município de São Tiago.

Possui em seu trajeto cinco porteiras, sendo duas de madeira e três de arame, conforme Quadro 9, e é a rota mais deficitária quando se observa o índice de litros/km, pois detém a média de 16,10 litros de leite por quilometro rodado (Quadro 7).

Assim como a rota 3, esta rota é formada por produtores que individualmente entregam leite abaixo dos 300 litros diários, sendo que mais de 70% do volume de leite é entregue pelos produtores que produzem acima dos 151 litros por dia, que somam somente 41,67% dos produtores desta linha (Quadro 8).

A rota 7 (vermelha) abrange parte do município de São Tiago e compete em um trecho com a rota 6. Este trajeto possui uma extensão de 106 quilômetros, possuindo 16 produtores em seu caminho. A média de produção por produtor é de 141,75 litros de leite e o volume transportado é de 2.268 litros de leite por dia (Quadro 7). Um único produtor representa 44,05% de todo leite captado nesta rota (Quadro 8).

Em relação às 7 rotas, tem-se que 62,22% dos produtores são responsáveis somente por 21,22% da produção de leite, enquanto que o restante, 37,78% dos produtores, responde por 78,78% de todo o leite coletado nas rotas estudadas (Quadro 8).

O percurso total percorrido diariamente é de 678km, perfazendo 16.540 litros de leite transportado e, na média, transportam-se 24,40litros/km. A velocidade média desenvolvida no processo de coleta é de 19,67km/h.

5.5.2 Dados dos veículos de coleta de leite

Os sete veículos que atendem as respectivas rotas são todos da marca Mercedes Bens, modelo 1113 e os anos de fabricação variam de 1969 a 1978.

Na composição dos custos, foram considerados os seguintes itens:

- custos fixos: veículo novo, pneu novo, câmara, recauchutagem, peças/manutenção/ano, retífica do motor, tanque rodoviário (6000 litros), latão de leite de 50 litros (metal), quantidade de pneus/veículo, estepes, vida útil do veículo, tanque, pneu novo, recauchutagem e retífica, licenciamento e taxas referentes ao veículo, porcentagem de sucata do caminhão e do tanque;
- custos variáveis: motorista/dono caminhão, ajudante, combustível (diesel), óleo cárter/litro, óleo cambio/diferencial/litro, lavagem do veículo, capacidade de óleo cárter, reposição óleo cárter até a próxima troca, capacidade de óleo do diferencial, reposição do óleo diferencial, periodicidade de lavagem do veículo;
- Considerou-se a taxa de remuneração de 0,5% a.m. sobre o valor do capital aplicado na composição dos custos fixos e variáveis;
- parâmetros de cálculos: preço médio pago por quilômetro percorrido, quilometragem mensal média percorrida, rendimento em quilômetros/litro de combustível consumido e o volume transportado.

Os valores levantados e utilizados na composição dos custos dos veículos nas diferentes simulações encontram-se no Quadro 1A do Anexo A.

5.6 Procedimentos de análise

O estudo caracteriza-se inicialmente por uma análise denominada “cenário de transporte de leite convencional” em que são levantados e considerados o custo do transporte médio total no mês, a quilometragem média total, as rotas, o número de veículos e a questão da viabilidade da rota sob o ponto de vista do carreteiro, aplicando a teoria dos custos e o ponto de nivelamento. Posteriormente, buscou-se elaborar dois outros cenários distintos e otimizadores, sendo, respectivamente, o “cenário do transporte de leite convencional otimizado” e do “transporte de leite a granel otimizado”. A partir dos resultados encontrados realizou-se a confrontação comparativa entre os três cenários, obtendo-se as conclusões das condições de transporte.

- **Transporte de leite convencional na situação atual:** foram considerados os dados conforme apresentados em sua coleta e elaboração, sendo somente trabalhados de forma a obter valores e índices passíveis de comparação.

Já nos dois outros cenários utilizou-se a metodologia do “Problema de Percurso de Veículos em Vértices”, objetivando minimizar o percurso atendendo aos pontos de coleta dentro de determinadas especificações de capacidade de transporte e tempo.

Conforme Darkin (1995), a formulação do modelo deve agregar as informações importantes para resolver o problema, sem contudo, dificultar a sua resolução. Assim, a variável tempo foi desconsiderada no modelo, pois, na prática, interferências como desvio de rota para entregar uma encomenda (ração, por exemplo), pneu furado, variações no tempo para carregar e descarregar latões

e outras são usuais. Dessa forma, como referência de tempo de coleta optou-se por adotar a velocidade média dos veículos nas rotas.

- **Cenário de transporte de leite convencional otimizado:** o transporte é caracterizado pela utilização de latões de leite. O potencial máximo de transporte neste sistema é de 5.000 litros para os veículos em questão, uma vez que a sua carroceiria comporta até 100 latões de 50 litros cada. Entretanto, na prática, é quase impossível atingir este volume. Dessa forma, o sistema foi executado com diferentes valores de restrição de volume, mas sempre abaixo de 5.000 litros de leite.

- **Cenário de transporte de leite a granel otimizado:** o transporte é caracterizado pelo uso de tanque rodoviário. Neste trabalho foi considerado um modelo de tanque com capacidade de 6.000 litros. Também foram realizadas simulações com diferentes capacidades de volume e os valores testados sempre estiveram abaixo de 6.000 litros.

Para ambos os cenários foram mantidos e considerados todos os pontos de coleta com suas respectivas ofertas médias diárias do produto. Não foram considerados possíveis agrupamentos de fornecedores em torno de um ponto comum representado pelos tanques de expansão comunitários.

Como o estudo baseia-se nas questões ligadas à organização das rotas propriamente ditas, pressupôs-se que os produtores se adaptariam ao transporte de leite a granel, dentro de uma política de apoio e adoção de tecnologia na melhoria da qualidade do leite.)

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com exceção da situação atual, os dados para os dois outros cenários foram submetidos ao programa SisGRAFO no Laboratório de Computação da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), obtendo-se a otimização das rotas dentro de restrições específicas impostas ao modelo de análise “Problema de Percurso de Veículos em Vértices”.

Os resultados relacionados aos custos fixos, variáveis, totais e seus pontos de equilíbrio foram obtidos em uma planilha específica elaborada com o auxílio do software “Microsoft EXCEL 7.0” e estão expressos nos Quadros 10 a 18, cujos cálculos estão detalhados nos Quadros 1B, 2B, 3B, 1C e 2C nos Anexos B e C, respectivamente.

A abordagem dos resultados foi dividida em duas partes, sendo uma direcionada às reduções da quilometragem total nas rotas otimizadas e uma segunda abordagem complementar, que diz respeito à questão do transporte na qual foram considerados os respectivos custos e pontos de nivelamento.

6.1 Transporte de leite convencional na situação atual

No levantamento da situação atual, o transporte, como ocorre na região de estudo, algumas considerações importantes foram extraídas (Quadros 10, 11 e 12). O valor médio do leite recebido pelo produtor no período de estudo foi de R\$0,2846/litro e o custo do transporte de 1º percurso (R\$0,033/litro) representou 11,59% do valor recebido pelo litro de leite.

Na situação atual existem de sete rotas distintas, perfazendo um total diário de 678 km com um volume de leite transportado de 16.540 litros.

A remuneração dos caminhoneiros é feita com base na quilometragem rodada e seu valor foi de R\$0,5713/km rodado, o que gerou uma despesa mensal

na ordem de R\$11.620,24 para o transporte do produto no 1º percurso. Já o custo do frete cobrado do produtor foi de R\$0,033/litro de leite, gerando uma arrecadação mensal de R\$16.374,60, ou seja, suficiente para cobrir o valor desembolsado aos carreteiros e obter uma sobra de R\$4.754,36. Essa diferença positiva não ocorre no decorrer do ano todo, uma vez que depende do volume coletado de leite nos diferentes meses.

As rotas 4 e 6, tendo em vista o baixo volume de leite transportado (1.344 e 1.497 litros de leite respectivamente), apresentaram resultado negativo em relação ao montante arrecadado de frete com os produtores e o valor pago aos carreteiros, sendo necessário um repasse de recursos de outras rotas para cobrir os custos de transporte destes dois trajetos.

O percurso médio de todas as rotas foi de 96,9km, sendo necessário um tempo médio de 4h56min para percorrer todo o percurso a uma velocidade de 19,64km/h. O volume médio de leite transportado por veículo girou ao redor dos 2.363 litros a um custo médio de R\$ 1.660,08 por mês, o que significa um custo real de frete por litro de leite no 1º percurso na ordem de R\$0,02342 (Quadro 10). Considerando um volume de transporte por veículo de 4.500 litros de leite por viagem, pode-se dizer que, na média, somente 52,51% da capacidade dos veículos está sendo utilizada.

Dentre as sete rotas, somente a de número 5 operou em condições de lucro, pois a sua remuneração foi suficiente para cobrir os custos variáveis e fixos e ainda ter um ganho de R\$0,0265 por km (Quadro 11).

Nas demais rotas o custo variável está sendo pago e apenas parte do custo fixo está sendo repostado. Assim, é de se esperar que o caminhoneiro continuará trabalhando no curto e médio prazo, mas no longo prazo não terá condições de repor o veículo.

QUADRO 10 - Características das sete rotas de leite na região de estudo, considerando-se valores arrecadados e pagos no transporte de 1º percurso - situação atual.

Rotas	km por dia	litros por dia	litros por km	Preço pago empresa		Preço frete produtor		Diferença R\$ (P-E)
				R\$/mês (E)	R\$/litro (E')	R\$/litro (P')	R\$/mês (P)	
Rota 1	110,0	4.329	39,35	1.885,29	0,01452	0,0330	4.285,71	2.400,42
Rota 2	77,0	2.520	32,73	1.319,70	0,01746	0,0330	2.494,80	1.175,10
Rota 3	82,0	1.800	21,95	1.405,40	0,02603	0,0330	1.782,00	376,60
Rota 4	78,0	1.344	17,23	1.336,84	0,03316	0,0330	1.330,56	-6,28
Rota 5	132,0	2.782	21,08	2.262,35	0,02711	0,0330	2.754,18	491,83
Rota 6	93,0	1.497	16,10	1.593,93	0,03549	0,0330	1.482,03	-111,90
Rota 7	106,0	2.268	21,40	1.816,73	0,02670	0,0330	2.245,32	428,59
Total	678,0	16.540	—	11.620,24	—	—	16.374,60	4.754,36
Média	96,9	2.363	24,40	1.660,08	0,02342	0,0330	2.339,23	679,15

Vel.média 19,64 km/h
Tempo médio 4h56min

Fonte: Dados da pesquisa.

As rotas mais prejudicadas, do ponto de vista econômico do caminhoneiro, foram as linhas 2, 4 e 3, para as quais há necessidade de um adicional nos valores de R\$0,2235, R\$0,1958 e R\$ 0,1845/km respectivamente, para que possam cobrir o valor do custo fixo restante, (Quadro 11).

A análise do ponto de equilíbrio em função da remuneração por R\$/km foi realizada considerando-se duas bases de cálculo: uma levando em conta o preço pago ao carreteiro e a outra em relação ao custo total do veículo por km. No Quadro 2B do Anexo B encontram-se maiores detalhes da metodologia de cálculo utilizadas na determinação dos pontos de equilíbrio.

Dessa forma, tem-se, na média, que os veículos precisariam rodar 177,1km por dia recebendo os R\$ 0,5713/km ou, então, serem remunerados em R\$0,6687/km, rodando em média 96,9 km diários, a fim de cobrir todos os custos e operar em condições de lucro normal. Quando o pagamento é por quilometro

rodado, o ponto de equilíbrio indica a quilometragem diária mínima a rodar para ser viável (Quadro 11).

Das sete rotas analisadas, somente a rota 5 tem um decréscimo na necessidade de quilometragem a percorrer por dia para se atingir o ponto de equilíbrio (114,3km) quando se mantém a remuneração de R\$ 0,5713/km. Isto ocorre por ser o custo total por quilômetro inferior ao valor recebido, ou seja, ocorre um lucro ao carreteiro desta rota.

Considerando a análise baseada em valores expressos em R\$/litro de leite transportado, a situação de remuneração aos carreteiros seria bastante diferenciada da remuneração por quilômetro. Levando-se em conta o valor de R\$0,033/litro cobrado de frete ao produtor, as rotas 1, 2, 5 e 7 estariam operando com resíduos positivos e as rotas 3, 4 e 6 estariam trabalhando em processo de descapitalização (Quadro 12).

QUADRO 11 - Preços, custos e o ponto de equilíbrio para as rotas em estudo, considerando-se o preço pago ao carreteiro e o custo total de veículos em R\$/km - situação atual.

Rotas	Preço	Custos			Diferenças		Ponto equilíbrio	
	pago ao carreteiro (PP)R\$/km	Fixo(F) R\$/km	Variáv.(V) R\$/km	Total (T) R\$/km	(R\$/km)		(km) em relação a	
					(PP-V)	(PP-T)	Custo (T)	Preço (PP)
Rota 1	0,5713	0,2123	0,4179	0,6302	0,1534	-0,0589	110,0	152,3
Rota 2	0,5713	0,2637	0,5311	0,7948	0,0402	-0,2235	77,0	505,6
Rota 3	0,5713	0,2477	0,5081	0,7558	0,0632	-0,1845	82,0	321,5
Rota 4	0,5713	0,2408	0,5263	0,7671	0,0450	-0,1958	78,0	417,4
Rota 5	0,5713	0,1709	0,3739	0,5448	0,1974	0,0265	132,0	114,3
Rota 6	0,5713	0,2115	0,4662	0,6777	0,1051	-0,1064	93,0	187,2
Rota 7	0,5713	0,1953	0,4279	0,6232	0,1434	-0,0519	106,0	144,4
Média	0,5713	0,2149	0,4538	0,6687	0,1175	-0,0974	96,9	177,1

Fonte: Dados da pesquisa.

QUADRO 12 - Dados comparativos de valores cobrados dos produtores, pagos aos carreteiros e os custos de transporte na região de estudo, expressos em R\$/litro - situação atual.

Rotas	Preço cobrado	Preço pago ao	Custos			Diferença dos custos			
	produtor	carreteiro	Fixo	Variável	Total	Preço cobrado ao produtor		Preço pago ao carreteiro	
	(PC) R\$/litro	(PP) R\$/litro	(F) R\$/litro	(V) R\$/litro	(T) R\$/litro	(PC-V)	(PC-T)	(PP-V)	(PP-T)
Rota 1	0,0330	0,0145	0,0054	0,0106	0,0160	0,0224	0,0170	0,0039	-0,0015
Rota 2	0,0330	0,0175	0,0081	0,0162	0,0243	0,0168	0,0087	0,0012	-0,0068
Rota 3	0,0330	0,0260	0,0113	0,0231	0,0344	0,0099	-0,0014	0,0029	-0,0084
Rota 4	0,0330	0,0332	0,0140	0,0305	0,0445	0,0025	-0,0115	0,0026	-0,0114
Rota 5	0,0330	0,0271	0,0081	0,0177	0,0258	0,0153	0,0072	0,0094	0,0013
Rota 6	0,0330	0,0355	0,0131	0,0290	0,0421	0,0040	-0,0091	0,0065	-0,0066
Rota 7	0,0330	0,0267	0,0091	0,0200	0,0291	0,0130	0,0039	0,0067	-0,0024
Média	0,0330	0,0234	0,0088	0,0186	0,0274	0,0144	0,0056	0,0048	-0,0040

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando que a remuneração ao carreteiro foi baseada em litros transportados, conforme Quadro 12, a rota 1 mostrou-se-lhe altamente atrativa, pois seu custo total por litro de leite foi de R\$0,0160/litro e, caso fosse repassado integralmente o valor cobrado do produtor pelo frete, esta rota teria uma lucratividade de 106,12%. Entretanto, como a remuneração foi feita através da quilometragem percorrida, o preço correspondente recebido pelo carreteiro em função do volume transportado foi de R\$0,01452/l, ou seja, não foi possível cobrir todos os custos, apesar de ter sido a rota mais eficiente daquelas analisadas.

6.2 Cenário de transporte de leite convencional otimizado

Este cenário foi elaborado após o processamento e ajuste das rotas no programa SisGRAFO. A restrição da capacidade de transporte dos veículos foi

inicialmente fixada em 4.500 litros. Após a criação de cinco rotas pelo SisGRAFO nas condições de restrição imposta ao modelo (PPV), foi feito um ajuste manual rota por rota baseado na realidade da bacia leiteira estudada, na qual o volume por veículo foi sendo alterado respeitando-se o limite máximo fixado. Com isso, mantiveram-se as cinco rotas, perfazendo um total de 596,9 km a serem percorridos diariamente (Quadro 13).

Estes resultados indicaram, em relação a situação atual, uma redução de 81,1km no percurso diário total, ou seja, 11,96% a menos na quilometragem a percorrer diariamente. Esta redução na quilometragem significaria uma economia de R\$ 1.389,97 mensais, caso fosse implantada.

As cinco rotas criadas a partir da otimização apresentaram-se mais equiparadas entre si, estando seus percursos na faixa de 104 a 140 km percorridos diariamente, o que, na prática, é uma quilometragem possível de ser atendida, pois na situação atual existem três rotas acima dos 100 quilômetros diários, sendo uma de 132 quilômetros.

Em termos médios tem-se um percurso de 119,4 km diários, gastando-se em média, 6h5min para percorrer toda a rota. O volume transportado passou a ser de 3.308 litros por veículo, uma melhora de 40,00% em relação aos 2.363 litros de leite transportados no caso real. A eficiência média, medida por litros transportados por quilômetro, registrou um sensível aumento de 3,31 litros/km em relação a situação atual.

QUADRO 13 - Características das cinco rotas de leite na região de estudo, considerando-se os valores arrecadados e pagos no transporte de 1º percurso - cenário de transporte de leite convencional otimizado.

Rotas	km	litros	litros	Preço pago empresa		Preço frete produtor		Diferença
	por dia	por dia	por km	R\$/mês (E)	R\$/litro (E')	R\$/litro (P')	R\$/mês (P)	R\$ (P-E)
Rota 1	139,4	3.263	23,41	2.389,18	0,02441	0,0330	3.230,37	841,19
Rota 2	104,9	4.329	41,27	1.797,88	0,01384	0,0330	4.285,71	2.487,83
Rota 3	129,1	3.284	25,44	2.212,64	0,02246	0,0330	3.251,16	1.038,52
Rota 4	117,9	3.063	25,98	2.020,69	0,02199	0,0330	3.032,37	1.011,68
Rota 5	105,6	2.601	24,63	1.809,88	0,02319	0,0330	2.574,99	765,11
Total	596,9	16.540	—	10.230,27	—	—	16.374,60	6.144,33
Média	119,4	3.308	27,71	2.046,05	0,02062	0,0330	3.274,92	1.228,87
Vel.média	19,64 km/h							
Tempo médio	6h5min							

Fonte: Dados da pesquisa.

No caso das rotas, observou-se que as linhas 1 e 3 passaram a operar com lucro de R\$ 0,0378/km e R\$ 0,0102/km, respectivamente, enquanto que as rotas 2, 4 e 5, se fossem implantadas e mantivessem o mesmo sistema de pagamento por km rodado (R\$0,5713/km), estariam expostas a um processo de descapitalização contínuo ao longo do tempo. A diferença monetária para poder custear os gastos fixos restantes passaram, na média, a ser de apenas R\$0,021/km, contra a média dos R\$0,0974/km na situação atual. Dessa forma, fica claro que houve uma sensível melhora na otimização das rotas (Quadro 14).

O custo médio por quilômetro, para o caso a latão otimizado, sofreu uma redução de 11,42% em relação ao custo na situação atual e o ponto de equilíbrio, que era em média de 177,1km, passou a ser de 133,8km no otimizado devido ao aumento médio da quilometragem em cada rota, conforme dados apresentados no Quadro 14.

QUADRO 14 - Preços, custos e o ponto de equilíbrio para as rotas em estudo, considerando-se o preço pago ao carreteiro e o custo total de veículos em R\$/km - cenário de transporte de leite convencional otimizado.

Rotas	Preço pago ao carreteiro (PP)R\$/km	Custos			Diferenças (R\$/km)		Ponto equilíbrio (km) em relação a	
		Fixo(F) R\$/km	Variáv.(V) R\$/km	Total (T) R\$/km	(PP-V)	(PP-T)	Custo (T)	Preço (PP)
Rota 1	0,5713	0,1713	0,3622	0,5335	0,2091	0,0378	139,4	114,2
Rota 2	0,5713	0,2230	0,4308	0,6538	0,1405	-0,0825	104,9	166,5
Rota 3	0,5713	0,1822	0,3788	0,5611	0,1925	0,0102	129,1	122,2
Rota 4	0,5713	0,1940	0,4002	0,5942	0,1711	-0,0229	117,9	133,7
Rota 5	0,5713	0,2091	0,4289	0,6380	0,1424	-0,0667	105,6	155,1
Média	0,5713	0,1952	0,3972	0,5923	0,1741	-0,0210	119,4	133,8

Fonte: Dados da pesquisa.

Tendo como referência valores expressos em R\$/litro de leite transportado, a rota 2 foi a mais eficiente, apresentando o menor custo de transporte por litro de leite (R\$0,0158/litro) e o maior índice de volume transportado por km (41,27litro/km). Considerando que a remuneração ao caminhoneiro é feita baseada em R\$/km percorrido, ocorre um déficit de R\$0,0825/km para que sejam cobertos todos os seus custos. Se a remuneração aos caminhoneiros fosse feita através do volume transportado e o preço cobrado dos produtores de R\$0,033/litro, todas as rotas cobririam seus custos e estariam operando com lucro que variariam de R\$ 0,0071/litro a R\$ 0,0172/litro (Quadro 15).

A Figura 8 ilustra as cinco rotas obtidas no cenário de transporte de leite convencional otimizado.

QUADRO 15 - Dados comparativos de valores cobrados dos produtores, pagos aos carreteiros e os custos de transporte na região de estudo, expressos em R\$/litro - cenário de transporte de leite convencional otimizado.

Rotas	Preço cobrado	Preço pago ao	Custos			Diferença dos custos			
	produtor	carreteiro	Fixo	Variável	Total	Preço cobrado ao produtor		Preço pago ao carreteiro	
	(PC) R\$/litro	(PP) R\$/litro	(F) R\$/litro	(V) R\$/litro	(T) R\$/litro	(PC-V)	(PC-T)	(PP-V)	(PP-T)
Rota 1	0,0330	0,0244	0,0073	0,0155	0,0228	0,0175	0,0102	0,0089	0,0016
Rota 2	0,0330	0,0138	0,0054	0,0104	0,0158	0,0226	0,0172	0,0034	-0,0020
Rota 3	0,0330	0,0225	0,0072	0,0149	0,0221	0,0181	0,0109	0,0076	0,0004
Rota 4	0,0330	0,0220	0,0075	0,0154	0,0229	0,0176	0,0101	0,0066	-0,0009
Rota 5	0,0330	0,0232	0,0085	0,0174	0,0259	0,0156	0,0071	0,0058	-0,0027
Média	0,0330	0,0206	0,0070	0,0143	0,0214	0,0187	0,0116	0,0063	-0,0008

Fonte: Dados da pesquisa.

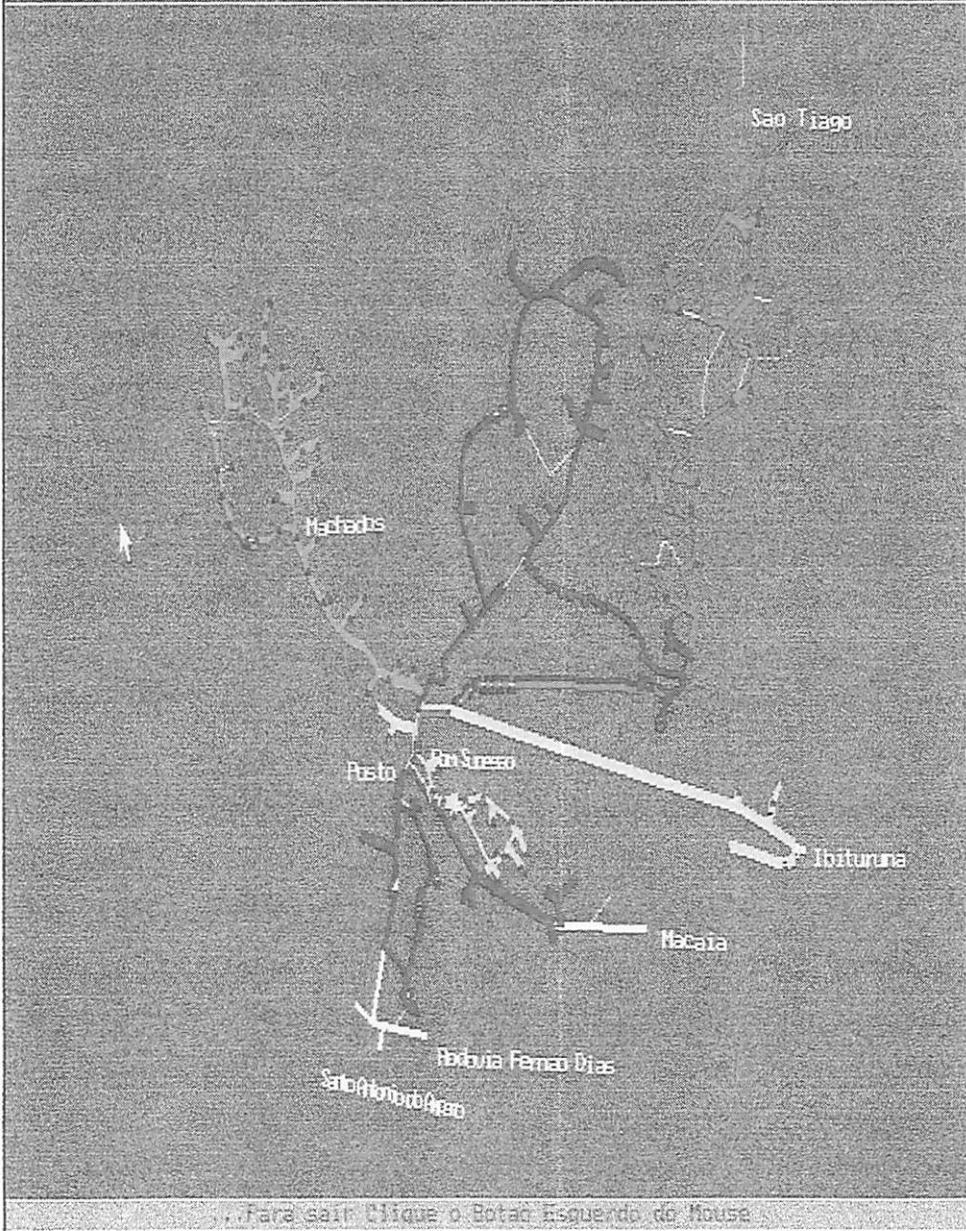


FIGURA 8 - Mapa gerado pelo SisGRAFO ilustrando o resultado da simulação de otimização no transporte de leite a latão - cinco rotas geradas.

6.3 Cenário de transporte de leite a granel otimizado

Para o transporte a granel, foi considerada inicialmente uma frota homogênea com uma capacidade individual de volume transportado de até 6.000 litros de leite por veículo como restrição de volume. A restrição de tempo não foi considerada diretamente no modelo matemático devido as oscilações que ocorrem normalmente nas rotas. Entretanto, o fator tempo foi analisado tomando-se como base a velocidade média das rotas, incluindo no cálculo todos os tempos de parada. Após editado o mapa e definidas as restrições, o software SisGRAFO foi rodado várias vezes com adaptações manuais nas rotas até encontrar a solução ótima com uma frota heterogênea no volume transportado, mas homogênea na capacidade de transporte por veículo (tanques rodoviários de mesmo volume). Os resultados destas simulações estão apresentados no Quadro 16.

QUADRO 16 - Características de três rotas de leite na região de estudo, considerando-se os valores arrecadados e pagos no transporte de 1º percurso - cenário de transporte de leite a granel otimizado.

Rotas	km por dia	litros por dia	litros por km	<u>Preço pago empresa</u>		<u>Preço frete produtor</u>		<u>Diferença</u>
				R\$/mês (E)	R\$/litro (E')	R\$/litro (P')	R\$/mês (P)	R\$ (P-E)
Rota 1	231,8	5.664	24,43	3.972,82	0,02338	0,0330	5.607,36	1.634,54
Rota 2	159,0	5.222	32,84	2.725,10	0,01740	0,0330	5.169,78	2.444,68
Rota 3	232,9	5.654	24,28	3.991,67	0,02353	0,0330	5.597,46	1.605,79
Total	623,7	16.540		10.689,59			16.374,60	5.685,01
Média	207,9	5.513	26,52	3.563,20	0,02154	0,0330	5.457,87	1.894,67
Vel.média	19,64 km/h							
Tempo médio	10h35min							

Fonte: Dados da pesquisa.

Das sete rotas iniciais, foram obtidas três rotas de coleta a granel com uma redução de 8,01% na quilometragem a percorrer, o que representou uma redução de 54,3 km diários, ou ainda, uma redução de R\$ 930,65 mensais no gasto com transporte de leite no 1º percurso.

O volume de leite transportado por veículo aumentou em 133,32%, ou seja, partiu de uma média de 2.363 litros na situação atual para 5.513 litros de leite no transporte a granel, proporcionando assim uma melhor utilização dos veículos.

Os percursos por veículo aumentaram consideravelmente, sendo estimada uma necessidade média de praticamente 10h35min para percorrer e coletar o leite de todos os pontos de coleta. No caso a granel, tendo como pressuposto que o leite é previamente resfriado na propriedade, este tempo de coleta não acarretaria problemas significantes relacionados a qualidade do leite, pois o produto já estaria a temperaturas baixas (4 a 5°C), o que permite sua conservação por um período relativamente grande.

Do ponto de vista do carreteiro, o aumento da jornada de trabalho pode significar um sacrifício elevado, podendo inviabilizar o sistema de coleta se não houver um mecanismo de compensação.

No Quadro 17 observa-se o demonstrativo simulado de como ficariam os custos referentes a cada uma das três rotas. Pode-se observar que todas as rotas estão trabalhando com lucro, pois estão pagando os custos variáveis e fixos. Das três rotas, a 3 e a 1 são as mais interessantes, pois registraram um diferencial positivo de R\$0,1391/km e R\$ 0,1379/km, respectivamente, enquanto que a rota 2 apresentou um ganho de apenas R\$0,0255/km.

QUADRO 17 - Preços, custos e ponto de equilíbrio para as rotas em estudo, considerando-se o preço pago ao carreteiro e o custo total do veículo em R\$/km - cenário de transporte de leite a granel otimizado.

Rotas	Preço pago ao carreteiro (PP) R\$/km	Custos			Diferenças		Ponto equilíbrio (km) em relação a:	
		Fixo(F) R\$/km	Variáv.(V) R\$/km	Total (T) R\$/km	R\$/ KM (PP-V)	R\$/ KM (PP-T)	Custo (T)	Preço (PP)
Rota 1	0,5713	0,1543	0,2791	0,4334	0,2922	0,1379	231,8	122,4
Rota 2	0,5713	0,2093	0,3365	0,5458	0,2348	0,0255	159,0	141,7
Rota 3	0,5713	0,1537	0,2785	0,4322	0,2928	0,1391	232,9	122,3
Média	0,5713	0,1681	0,2935	0,4616	0,2778	0,1097	207,9	125,8

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 18, a análise do caso simulado tem como base os valores expressos em R\$/litro transportado. No geral, um maior volume transportado por quilômetro representa um menor custo por litro. A rota 2 transporta em média 32,84 litros/km a um custo relativo de R\$0,01662/litro, que, das três, é a de menor custo.

Se a remuneração fosse realizada em função do volume transportado e considerando o custo de R\$0,033/litro transportado ao produtor, a rota 2 seria a mais atrativa, com um ganho de cerca R\$0,0164/litro, e as demais apresentariam valores próximos a R\$0,015/litro. De qualquer forma, ambas as rotas seriam atrativas, pois seus custos não atingem o valor de R\$ 0,018/litro (Quadro 18).

QUADRO 18 - Dados comparativos de valores cobrados dos produtores, pagos aos carreteiros e os custos de transporte na região de estudo, expressos em R\$/litro - cenário de transporte de leite a granel otimizado.

Rotas	Preço cobrado	Preço pago ao	Custos			Diferença dos custos			
	produtor	carreteiro	Fixo	Variável	Total	Preço cobrado ao produtor		Preço pago ao carreteiro	
	(PC) R\$/litro	(PP) R\$/litro	(F) R\$/litro	(V) R\$/litro	(T) R\$/litro	(PC-V)	(PC-T)	(PP-V)	(PP-T)
Rota 1	0,0330	0,0234	0,0063	0,0114	0,0177	0,0216	0,0153	0,0120	0,0056
Rota 2	0,0330	0,0174	0,0064	0,0102	0,0166	0,0228	0,0164	0,0071	0,0008
Rota 3	0,0330	0,0235	0,0063	0,0115	0,0178	0,0215	0,0152	0,0121	0,0057
Média	0,0330	0,0215	0,0063	0,0111	0,0174	0,0219	0,0156	0,0105	0,0041

Fonte: Dados da pesquisa.

No caso de pagamento baseado no volume transportado, a empresa em estudo poderia reduzir o custo do frete ao produtor para R\$0,020/litro e as rotas ainda estariam operando com uma margem de lucro próximo dos 10%. Este novo valor de frete representa para o produtor uma redução de aproximadamente 39% no custo do frete ou ainda um custo de frete de 7,03% sobre o preço do litro de leite (R\$0,28458). Essa redução pode significar para o produtor um incremento de R\$0,013/litro no valor a receber.

A Figura 9 ilustra as três rotas obtidas no cenário de transporte de leite a granel otimizado.

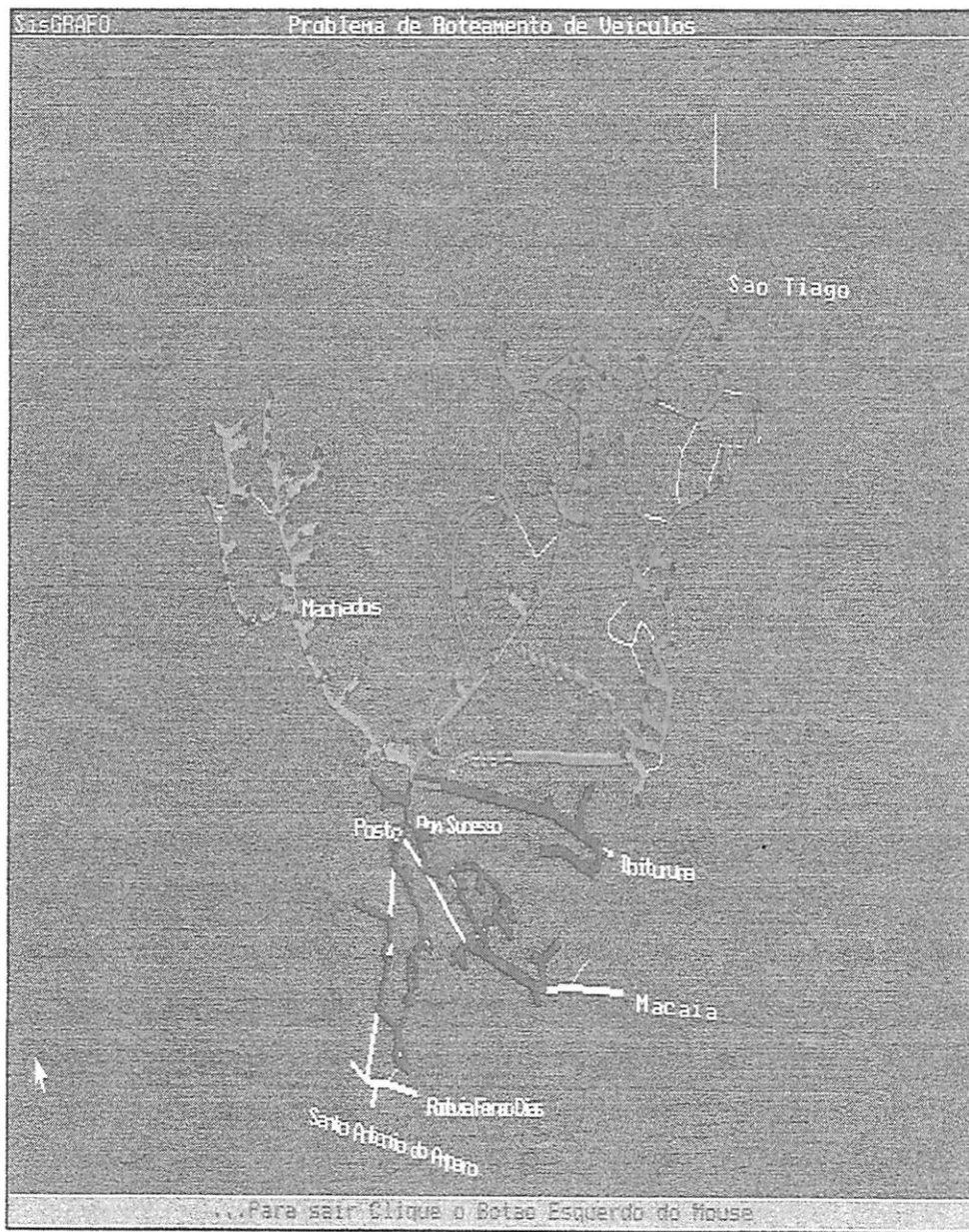


FIGURA 9 - Mapa gerado pelo SisGRAFO ilustrando o resultado da simulação de otimização no transporte de leite a granel - três rotas geradas.

7 CONCLUSÕES

O programa SisGRAFO, utilizado para otimizar as rotas, é de fácil operação, permitindo uma rápida visualização das rotas e uma intervenção nos resultados conforme a necessidade e conhecimento da realidade em estudo. O modelo de otimização de rotas apresentou-se adequado ao atender os objetivos propostos.

Pelo presente estudo, o sistema tradicional de coleta, desde que feito um estudo de otimização, permite obter resultados compensadores em termos de redução de custo e eficiência na utilização da frota de coleta. O trabalho registrou, na média, uma redução de 11,42% no custo do frete ao laticínio ao otimizar a tarefa de coleta diária, necessitando, neste caso, de cinco veículos, ao invés de sete como na situação atual.

O transporte de leite a granel também apresenta significativas reduções no custo de frete por diminuir a quilometragem total diária (redução de 8,01% na quilometragem diária) e diminuir o número de veículos envolvidos na operação (mobilização de três veículos), além de possibilitar ganhos em relação à qualidade do produto.

Uma redução no número de veículos permite uma melhor utilização deles buscando uma maior escala de volume transportado e com reflexo nos custos totais de transporte. Na média, observou-se uma utilização da capacidade de transporte dos veículos de 52,51% na situação atual, 73,51% para o sistema convencional otimizado e 91,88% no sistema a granel otimizado. Dessa forma, é possível reduzir o custo de transporte sem inviabilizar as rotas de coleta.

O sistema de remuneração do frete é outro ponto importante, pois o pagamento por quilometro rodado incentiva o aumento do percurso das rotas, do ponto de vista do carreteiro, como forma de obter escala. Entretanto, se o

pagamento fosse realizado tomando como base o volume transportado é de se esperar que os integrantes da cadeia (produtor e carreteiro), desde que repassadas possíveis economias, viessem a colaborar na redução do custo de transporte. O sistema de pagamento baseado em R\$/litro transportado premia a rota que possui uma maior eficiência de transporte, enquanto que o sistema de R\$/km pode acarretar distorções de eficiência.

Neste trabalho, o sistema a granel possibilitou a redução do custo do transporte ao produtor na ordem de 39%, ou seja, um custo de frete de 7,03% do preço do leite recebido contra os 11,59% da situação atual.

Apesar das vantagens apresentadas pelo sistema de coleta a granel, ocorre uma restrição que pode ser decisiva e deve ser levada em conta: o tempo de coleta do leite, que tende a aumentar consideravelmente no sistema a granel. Entretanto, como se trabalha com o leite resfriado, esse fator limitante traz uma preocupação maior com o turno de trabalho do carreteiro e, em menor grau, na qualidade final do produto transportado.

No presente estudo não foi considerada a possibilidade do agrupamento de produtores em um único tanque de resfriamento, o que, na prática, poderia resultar em uma maior redução do percurso e, conseqüentemente, uma diminuição no custo de transporte. A exclusão dessa possibilidade teve como fundamento o interesse de captar as mudanças das rotas e seus custos, levando-se em conta todos os pontos de coleta de leite.

Além disso, o trabalho partiu do pressuposto de que todos os produtores estavam adaptados ao sistema a granel (tanque de expansão, energia elétrica, boas estradas de acesso e pessoal treinado), não sendo, portanto, computados os custos de introdução na nova tecnologia para o produtor.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROANALYSIS.** Vacas de alta produtividade. Rio de Janeiro, v.18, n.6, p.18-20, jun.1998.
- ANDRADE, J.M.P de,** A competitividade do complexo lácteo no Mercosul: estudo de multicasos no estado de Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1994. 89p. (Dissertação - Mestrado em Administração Rural).
- BALDE BRANCO.** Indústria de laticínios e o desenvolvimento da pecuária leiteira. São Paulo, v.32, n.375, p.34-37, jan.1996.
- BASTOS, W. F.** Os caminhos futuros da exploração leiteira. **Balde Branco**, São Paulo, v.32, n. 384, p.40-46, out.1996.
- BOISSON.** A coleta do leite a granel. Tecnologia e equipamentos franceses para a indústria leiteira. São Paulo: ADEPTA, 1996. 114p.
- BULK milk handling.** Michigan: Michigan State University, 1957. 132p.
- CAIXETA FILHO, J.V.; DEE, T.M.; SOARES, M.G.** Logística da coleta de leite na Inglaterra: oportunidade para redução de custos. **Preços Agrícolas**, Piracicaba, v.11, n.131, p.11-15, set.1997.
- CLARKE, G.; WRITE, J.W.** Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points, **Op. Research**, v.12, p.568-581, 1964.
- DARKIN, M.S.** Network and discrete location-models, algorithms and applications, John Wiley, 1995. 385p.
- FELÍCIO FILHO, A.** Custo e sistema de transporte do primeiro percurso do leite. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.137, p.14-16. maio 1986.
- GOLDEN, B.; ASSAD, A.; DAHL, R.** Analysis of large scale vehicle routing with inventory component, **Large Scale Systems**, v.7, p.181-190. 1984.

- GOMES, M.J.N. **Contribuições para otimização em grafos e problemas de percursos de veículos: Sistema SisGRAFO.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1996. 294p. (Tese - Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação).
- GOMES, S.T. **Leite: economia e mercado definem novas tendências.** *Balde Branco*, São Paulo, v.32, n.376, p.36-40, fev.1996a.
- GOMES, S.T. **A economia do leite.** Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1996b. 104p.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA - IPEA. **Mercosul: base de dados da integração agrícola e agroindustrial.** Brasília: IPEA, 1994. p.1-134. (Estudos de política agrícola, n.24).
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Milk collection in warm developing countries.** 1990. 147p.
- IUDICÍBUS, S. **Análise de custos.** São Paulo: Atlas, 1988. 169p.
- JANK, M.S. **Agribusiness do leite no Brasil: o atual momento e o futuro.** *Balde Branco*, São Paulo, v.31, n.366, p.32-37, abr.95.
- KRÜG, E.E.B. et al. **Manual da produção leiteira.** 2.ed. Porto Alegre: Cooperativa Central Gaúcha de Leite, 1992. 716p.
- LEITE B. **Como anda o leite no mundo.** São Paulo, v.10, n.110, p.6-8, dez.1995.
- LEONE, G.S.G. **Custos: planejamento, implantação e controle.** São Paulo: Atlas, 1989. 512 p.
- HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. **Introdução à pesquisa operacional.** São Paulo: USP, 1988. 805p.
- LIMA, J.F.; PEREIRA, P.G. **Uma lúcida análise do leite brasileiro.** *Leite B.* São Paulo, v.10, n.113, p.6-13, mar.96.

- MACHADO, J.A.D.; FELDENS, A.M. Eficiência operacional no transporte de leite na região sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 31, 1993, Ilhéus, Anais... Brasília: SOBER, 1993. p.399-412.
- MCGILLIARD, M. Mudanças na exploração e no mercado de leite. Balde Branco, São Paulo, v.31, n.368, p.32-34, jun.95.
- MILK NEWS. Era of the milk. EUA, v.25, n.1, p.22-23, July 1984.
- NICHOLSON, W. Microeconomic theory: basic principles and extensions. 7.ed. Fort Worth: Dryden Press, 1998. 821p.
- PINAZZA, L.A. Agropecuária argentina - ilha de prosperidade. Agroanalysis, Rio de Janeiro, v.18, n.6, p.30-34, jun.1998.
- PINAZZA, L.A.; ALIMANDRO R. Novos tempos. Agroanalysis, Rio de Janeiro, v.18, n.6, p.10-17, jun.1998.
- PRODUTOR PARMALAT. Leite é a quarta produção de São Paulo. São Paulo, v.1, n.2, p. 33-35, abr.1997.
- REIS, R.P. Introdução à teoria econômica. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 108p.
- RENTERO, N. O atual desempenho do setor em Minas. Balde Branco, São Paulo, v.32, n.381, p.35-40, jul.1996.
- SANTOS, J.J. dos Análise de custos: um enfoque gerencial. São Paulo: Atlas, 1987. 196p.
- SAVAGE, C. I.; SMALL, J. R. Economia para executivos. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 227p.
- SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DE MINAS GERAIS-SEBRAE-MG. Relatório de pesquisa - Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996. 2v.
- SILVA, I.C.V. da; REIS, R. P. Coleta a granel: passaporte para a modernização da cadeia do leite. Laticínios, São Paulo, v.2, n.11, p.22-26, set./out.1997.

SOARES, C.F. Racionalização das linhas de coleta de leite: uma análise da bacia leiteira de Viçosa-MG. Viçosa: UFV, 1988. 71p. (Dissertação - Mestrado em Economia Rural).

SOBRINHO, F.F.; COUTINHO, G.H.; COURA, J.D. Coleta de leite a granel. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1995. 96p. (Monografia).

TELXEIRA, S.R. A evolução do transporte do leite. Revista dos Criadores, São Paulo, v.67, n.802, p.12-13, mar.1997.

TELXEIRA, S.R. Pagamento do leite pela qualidade: estudo de caso. Florianópolis: UFSC, 1993. 78p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia da Produção).

ANEXOS

ANEXO A

QUADRO 1A - Valores, índices e detalhes que compõem o custo do veículo para coleta de leite, agosto de 1997.

Item	Unidade	Valor
Valor do veículo novo:	R\$	40.000,00
Valor do pneu novo (veículo):	R\$	250,00
Valor da câmara (veículo):	R\$	25,00
Valor da recauchutagem do pneu:	R\$	95,00
Valor peças/manutenção/ano:	R\$	2.000,00
Valor retífica do motor:	R\$	2.800,00
Valor de um latão leite (50 litros) :	R\$	40,00
Valor do tanque rodoviário (6000 litros):	R\$	20.000,00
Quantidade de pneus (veículo):	unid.	6
Quantidade de estepes:	unid.	1
Vida útil do veículo:	ano	10
Vida útil do tanque/latão:	ano	5
Vida útil pneu novo:	km	60.000
Vida útil recauchutagem :	km	45.000
Vida útil retífica motor:	km	300.000
km percorrido mensalmente:	km	2.906
Rendimento do combustível:	km/litro	2,8
DEPVAT/Seguro:	R\$	41,00
IPVA:	R\$	300,00
Taxa de licenciamento:	R\$	50,00
Encargos sociais motorista:	%	0,00
Encargos sociais ajudante:	%	71,00
Taxa remuneração capital/mês:	%	0,50
Taxa a repor do veículo:	%	60,00
Taxa a repor do tanque:	%	90,00
Salário motorista/dono veículo:	R\$	500,00
Salário ajudante:	R\$	120,00
Preço combustível/litro:	R\$	0,40
Preço óleo cárter/litro:	R\$	2,25
Preço óleo cambio/diferencial/litro:	R\$	3,00
Preço de lavagem do veículo:	R\$	30,00
Capacidade de óleo cárter:	litro	18
Reposição até a próxima troca:	litro	2
Troca de óleo cárter:	km	9.000
Capacidade de óleo do diferencial:	litro	5
Troca do óleo diferencial:	km	50.000
Periodicidade lavagem veículo:	km	5.400

ANEXO B

- QUADRO 1B - Desenvolvimento dos principais cálculos para estimativas dos resultados apresentados nos quadros 10, 13 e 16 67**
- QUADRO 2B - Desenvolvimento dos principais cálculos para estimativas dos resultados apresentados nos quadros 11, 14 e 17 67**
- QUADRO 3B - Desenvolvimento dos principais cálculos para estimativas dos resultados apresentados nos quadros 12, 15 e 18 68**

QUADRO 1B - Desenvolvimento dos principais cálculos para estimativas dos resultados apresentados nos quadros 10, 13 e 16.

Rotas	km	litros	litros	Preço pago empresa		Preço frete produtor		Diferença
	por dia	por dia	por km	R\$/mês (E)	R\$/litro (E')	R\$/litro (P')	R\$/mês (P)	R\$ (P-E)
	A	B	C	D	E	F	G	H
Rota 1	110,0	4.329	39,35	1.885,29	0,01452	0,0330	4.285,71	2.400,42

Coluna A - valor conforme observado em campo.

Coluna B - valor coletado no posto (média do dia baseada nos dados de um mês).

Coluna C - coluna B dividida pela coluna A.

Coluna D - quilometragem total percorrida no mês vezes o valor pago por quilômetro ($110 \times 30 \times 0,5713 = \text{R\$ } 1885,29$)

Coluna E - é o total pago ao carreteiro dividido pelo volume total transportado no mês [coluna D/(30 x coluna B)]ou[$1885,29/(30 \times 4329)$]= R\$0,01452/litro.

Coluna F - é o preço cobrado do produtor pelo litro de leite transportado (conforme levantamento de campo).

Coluna G - é o valor cobrado por litro transportado vezes o volume transportado mensal (coluna B x 30 dias x coluna F) ou ($4329 \times 30 \times 0,033$).

Coluna H - é a diferença do valor total pago ao carreteiro e o valor total arrecadado pela cobrança do frete ao produtor: (Coluna G - Coluna D) ou ($4286,17 - 1885,29$).

QUADRO 2B - Desenvolvimento dos principais cálculos para estimativas dos resultados apresentados nos quadros 11, 14 e 17.

Rotas	Preço pago ao carreteiro (PP)R\$/km	Custos			Diferenças		Ponto equilíbrio (km) em relação a	
	A	Fixo(F) R\$/km	Variáv.(V) R\$/km	Total (T) R\$/km	(R\$/km)		Custo (T)	Preço (PP)
		B	C	D	(PP-V)	(PP-T)	G	H
Rota 1	0,5713	0,2123	0,4179	0,6302	0,1534	-0,0589	110,0	152,3

Coluna A - valor pago ao carreteiro por km rodado.

Coluna B, C e D - valores obtidos através de cálculos realizados em uma planilha do EXCEL planejada para o mesmo. Anexo QUADRO 1A.

Obs.: os valores de custos fixos e variáveis são diferentes entre as rotas devido às diferentes quilometragens das mesmas e ao valor de custo fixo ser também

diferente, pois varia conforme o número de latões necessários, ou seja, é diferente para os volumes transportados por cada rota.

Coluna E - é o valor do preço pago ao carreteiro menos o custo variável: (coluna A - coluna C) ou (R\$ 0,5713 - R\$ 0,4179).

Coluna F - é o valor do preço pago ao carreteiro menos o custo total: (coluna A - coluna D) ou (R\$ 0,513 - R\$ 0,6302).

Coluna G - conforme o seguinte cálculo (as letras maiúsculas indicam a coluna):

$$G = \frac{(B \times km. total. diario)}{D - C} = \frac{0,2123 \times 110}{0,6302 - 0,4179} = 110,0 \text{ km}$$

Coluna H - de acordo com o seguinte cálculo abaixo (as letras maiúsculas indicam a coluna).

$$H = \frac{(B \times km. total. diario)}{A - C} = \frac{0,2123 \times 110}{0,5713 - 0,4179} = 152,3 \text{ km}$$

QUADRO 3B - Desenvolvimento dos principais cálculos para estimativas dos resultados apresentados nos quadros 12, 15 e 18.

Rotas	Preço cobrado	Preço pago ao	Custos			Diferença dos custos			
	produtor	carreteiro	Fixo	Variável	Total	Preço cobrado ao produtor	Preço pago ao carreteiro		
	(PC) R\$/litro	(PP) R\$/litro	(F) R\$/litro	(V) R\$/litro	(T) R\$/litro	(PC-V)	(PC-T)	(PP-V)	(PP-T)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Rota 1	0,0330	0,0145	0,0054	0,0106	0,0160	0,0224	0,0170	0,0039	-0,0015

Coluna A - valor cobrado do produtor (conforme dados coletados)

Coluna B - é o valor total pago ao carreteiro dividido pelo total transportado (ver QUADRO 1A: {coluna D/(coluna B x 30)} ou { R\$1885,29/(4329 x 30)}).

Coluna C, D e E - são os valores expressos em R\$/litros. Para obtê-los é preciso considerar o total de cada custo separadamente e dividir pelo volume total transportado por mês:

exemplo = custo fixo total (em R\$/km) / litros transportado total no mês.
 = (0,2123 x 30 x 110) / (4329 x 30) = 0,0054 R\$/litro.

- Coluna F - é o valor cobrado por litro transportado do produtor menos o custo variável por litro (coluna A-coluna D) ou $(R\$0,0330 - R\$0,0106 = R\$0,0224)$.
- Coluna G - é o valor cobrado por litro transportado do produtor menos o custo total por litro (coluna A-coluna E) ou $(R\$0,0330 - R\$0,0160 = R\$0,0170)$.
- Coluna H - é o valor pago ao carreteiro expresso em R\$/litro por cada litro transportado menos o custo variável por litro (coluna B-coluna D) ou $(R\$0,0145 - R\$0,0106 = R\$0,0039)$.
- Coluna I - é o valor pago ao carreteiro expresso em R\$/litro por cada litro transportado menos o custo total por litro (coluna B-coluna D) ou $(R\$0,0145 - R\$0,0160 = - R\$0,0015)$.

ANEXO C

QUADRO 1C - Dados de entrada para cálculo do custo/km da rota 1 na situação atual	71
QUADRO 2C - Saída dos resultados dos cálculos de custos da rota 1 na situação otimizada	72

QUADRO 1C - Dados de entrada para cálculo do custo/km da rota 1 na situação atual.

DADOS SOBRE VEÍCULO	Valor	Unid.	Observação
Modelo: MERCEDEZ-BENS 1113			
Valor do veículo novo:	40.000,00	R\$	
Valor do pneu novo (veículo):	250,00	R\$	
Valor da câmara (veículo):	25,00	R\$	
Valor da recauchutagem do pneu:	95,00	R\$	
Valor peças/manutenção/ano:	2.000,00	R\$	
Valor retífica do motor:	2.800,00	R\$	
Valor do tanque rodoviário:	7.680,00	R\$	96 latões*2*R\$40,00
Capacidade do tanque:	4.329	litros	
Quantidade de pneus (veículo):	6	Unid.	
Quantidade de estepes:	1	Unid.	
Vida útil do veículo:	10	anos	
Vida útil do tanque:	5	anos	
Vida útil pneu novo:	60.000	km	
Vida útil recauchutagem:	45.000	km	
Vida útil retífica:	300.000	km	
km percorrido mensalmente:	3.300	km	
Rendimento do combustível:	2,8	km/litro	
DADOS TAXAS			
DEPVAT/Seguro:	41,00	R\$	
IPVA:	300,00	R\$	
TAXA DE LICENCIAMENTO:	50,00	R\$	
ENCARGOS SOCIAIS MOTORISTA:	0,0%		
ENCARGOS SOCIAIS AJUDANTE:	71,0%		
I.O.F.:	0,0%		
Taxa remuneração capital/mês:	0,5%		
TAXA A REPOR DO VEÍCULO:	60,0%		
TAXA A REPOR DO TANQUE:	90,0%		
DADOS GERAIS			
Salário motorista/dono veículo:	500,00	R\$	
Salário ajudante:	120,00	R\$	
Preço combustível/litro:	0,40	R\$	
Preço óleo cárter/litro:	2,25	R\$	
Preço óleo câmbio/diferencial/litro:	3,00	R\$	
Preço de lavagem do veículo:	30,00	R\$	
Capacidade de óleo cárter:	18	litro	
Reposição até a próxima troca:	2	litro	
Troca de óleo cárter:	9.000	km	
Capacidade de óleo do diferencial:	5	litro	
Troca do óleo diferencial:	50.000	km	
Periodicidade lavagem veículo:	5.400	km	

QUADRO 2C - Saída dos resultados dos cálculos de custos da rota 1 na situação otimizada.

CUSTO FIXO			
Especificação	Custo (por mês)	Custo (por km)	Participação (% custo)
Reposição do veículo =	200,00	0,0606	28,54%
Reposição dos pneus =	81,40	0,0247	11,62%
Reposição do tanque rodoviário =	115,20	0,0349	16,44%
Licenciamento+taxas =	32,58	0,0099	4,65%
Retífica =	30,80	0,0093	4,40%
Remuneração do capital =	240,70	0,0729	34,35%
Custo fixo =	700,68	0,2123	100,00%
CUSTO VARIÁVEL			
Especificação	Custo (por mês)	Custo (por km)	Participação (% custo)
Combustível =	471,43	0,1429	34,19%
Lubrificantes =	17,49	0,0053	1,27%
Lavagem =	18,33	0,0056	1,33%
Salário do motorista =	500,00	0,1515	36,26%
Salário do ajudante =	205,20	0,0622	14,88%
Peças/acessórios/manutenção =	159,74	0,0484	11,58%
Remuneração do capital =	6,86	0,0021	0,50%
Custo variável =	1.379,05	0,4179	100,00%
CUSTO TOTAL			
Especificação	Custo (por mês)	Custo (por km)	Participação no custo total (%)
Custo fixo =	700,68	0,2123	33,69
Custo variável =	1.379,05	0,4179	66,31
Custo total =	2.079,73	0,6302	100,00

Nota: as demais simulações e rotas sofreram a mesma metodologia.