

# **ECONÔMICO DO PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DO AÇUCAR CRISTAL DAS USINAS PAULISTAS ÀS EMPACOTADORAS**

**NELLY MARIA SANSIGOLO DE FIGUEIREDO**

**Orientador : EVARISTO MARZABAL NEVES**

**Dissertação apresentada à Escola Superior  
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Uni-  
versidade de São Paulo, para obtenção do  
título de Mestre em Ciências Sociais Rurais**

**P I R A C I C A B A**

**Estado de São Paulo - Brasil**

**Agosto, 1976**

Aos. meus pais Lino e Nelly

Ao meu esposo Roberto

## AGRADECIMENTOS

Aos Drs. Ondalva Serrano, Evaristo Marzabal Neves e Marshall A. Martin que me orientaram de maneira segura e eficiente na realização dessa pesquisa;

Aos Drs. Joaquim José de Camargo Engler e Rodolfo Hoffmann, ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Reinaldo de Barros Alcântara e ao Est<sup>o</sup> Luis Fernando Vieira, que revisaram o texto original enriquecendo-o com críticas e sugestões;

Aos técnicos do Setor de Mercadologia do Instituto de Tecnologia de Alimentos pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho;

À Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo e à Ferrovias Paulistas S.A. pelo acesso aos dados e informações complementares; à Companhia União dos Refinadores pelo processamento eletrônico dos dados;

À Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, à Subsecretaria de Planejamento e Orçamento do Ministério da Agricultura e à Fundação Ford que propiciaram recursos para o desenvolvimento e impressão do trabalho;

Ao Sr. Rui Segi Yamaoka pelo preparo e codificação das informações;

Aos Srs. Antonio José Leite Ferraz, Lázaro Martins e Pedro Scardua pelos cuidadosos trabalhos de datilografia e reprodução mimeografada;

À Sra. Margareth P. Wagner pela versão inglesa do capítulo 1 e ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Julio César Medina pela revisão final dos capítulos 1 e 2.

## ÍNDICE

	<u>Página</u>
CAPÍTULO 1 - RESUMO .....	1
CAPÍTULO 2 - INTRODUÇÃO .....	3
2.1. Comercialização do Açúcar Paulista .....	5
2.2. O Problema .....	9
2.3. Objetivos .....	10
CAPÍTULO 3 - MÉTODO E MATERIAL .....	12
3.1. Teoria da Distribuição da Produção Espacialmente Dispersa .....	12
3.1.1. Introdução .....	12
3.1.2. Custo de Transferência .....	13
3.1.3. Superfície de Custo de Trans <u>ferência</u> .....	15
3.1.4. Alocação da Produção Espacial <u>mente</u> Dispersa em Mercados Competitivos .....	17
3.1.5. Custo de Transferência e Pro- gramação Linear .....	24
3.2. O Modelo de Transporte na Programa- ção Linear .....	26
3.2.1. Pressuposições do Modelo .....	26
3.2.2. O Modelo Matemático .....	27
3.2.3. "Tableau" de Programação e Algoritmo da Solução .....	29
3.2.4. Derivação das Condições Ótimas .....	31
3.2.5. Dual do Problema .....	33
3.3. Informação Básica .....	35
3.3.1. População e Área de Estudo .....	35
3.3.2. Tipo de Açúcar .....	35
3.3.3. Quantidades Ofertadas .....	38
3.3.4. Quantidades Demandadas .....	38
3.3.5. Transporte .....	39

	<u>Página</u>
3.4. Especificação do Modelo .....	45
3.4.1. Apresentação Matemática .....	45
3.4.2. Aplicação do Modelo aos Dados .....	46
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS .....	48
4.1. Introdução .....	48
4.2. Fluxos de Distribuição .....	48
4.3. Modalidade de Transporte .....	56
4.4. Custo de Transporte .....	57
4.5. Análise Pós-Ótima da Solução .....	62
4.5.1. Safra 73/74 .....	62
4.5.2. Safra 74/75 .....	71
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES .....	75
SUMMARY .....	77
BIBLIOGRAFIA .....	79
APÊNDICE .....	84
APÊNDICE 1 - OFERTA DE AÇÚCAR .....	85
APÊNDICE 2 - DEMANDA DE AÇÚCAR .....	89
APÊNDICE 3 - FRETES RODOVIÁRIOS ENTRE AS USINAS PAULISTAS FILIADAS À COPERSUCAR E AS EMPACO- TADORAS .....	91
APÊNDICE 4 - FRETES FERROVIÁRIOS ENTRE AS USINAS PAULISTAS FILIADAS À COPERSUCAR E AS EMPACO- TADORAS .....	96

LISTA DE TABELAS

	<u>Página</u>
Tabela 1 - Valor em Milhões de Dólares e Participação do Açúcar Demerara e Cristal no Total das Exportações Agrícolas e no Total das Exportações Brasileiras, em 1972, 1973 e 1974 .....	4
Tabela 2 - "Tableau" de Programação para o Modelo de Transporte .....	30
Tabela 3 - Especificações Técnicas do Açúcar Cristal Superior .....	38
Tabela 4 - Fluxos Ótimos de Distribuição do Açúcar Cristal Superior das Usinas Paulistas Filiadas à Copersucar às Empacotadoras dessa Cooperativa - Safra 73/74 .....	50
Tabela 5 - Fluxos Ótimos de Distribuição do Açúcar Cristal Superior das Usinas Paulistas Filiadas à Copersucar às Empacotadoras dessa Cooperativa - Safra 74/75 .....	51
Tabela 6 - Redução no Custo Total por Saco Adicional Produzido ou Processado em Usinas e Empacotadoras Pertencentes à Copersucar - Safra 73/74 .....	58
Tabela 7 - Redução no Custo Total por Saco Adicional Produzido ou Processado em Usinas e Empacotadoras Pertencentes à Copersucar - Safra 74/75 .....	61

Tabela 8 - Aumento no Custo Total por Saco de Açúcar Transportado por Meio Rodoviário em Rotas Alternativas e Respectivo Limite de Quantidade - Safra 73/74 .....	63
Tabela 9 - Variações Unitárias no Custo Total de Transporte da Programação Ótima Resultantes de Diminuições nas Quantidades Transportadas de Açúcar e Respectivos Limites de Quantidade - Safra 73/74 .....	65
Tabela 10 - Variações nas Quantidades Transportadas Frente a Diminuições nos Fretes Rodoviários - Safra 73/74 .....	67
Tabela 11 - Variações nas Quantidades Transportadas pelos Fluxos Ótimos Frente a Aumentos nos Fretes Rodoviários - Safra 73/74 .....	70
Tabela 12 - Variações Unitárias no Custo Total de Transporte Resultantes de Variações Unitárias nas Quantidades Transportadas pelos Fluxos Ótimos e Respectivos Limites de Quantidade - Safra 74/75 .....	72
Tabela 13 - Variações nas Quantidades Transportadas pelos Fluxos Ótimos Frente a Modificações nos Fretes Rodoviários - Safra 74/75 .....	73
Tabela 14 - Rotas Alternativas para a Solução Ótima - Safra 74/75 .....	74

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura 1 - Fluxograma da Comercialização do Açúcar no Estado de São Paulo .....	7
Figura 2 - Relações Custo Distância para Duas Tecnologias de Transporte .....	14
Figura 3 - Superfície de Custo de Transferência com Função Custo Curvilinear .....	16
Figura 4 - Superfícies de Preço-Local e Contornos de Isopreço. Preços Iguais em Dois Mercados .....	20
Figura 5 - Superfícies de Preço-Local e Contornos de Isopreço. Preços Diferentes em Dois Mercados .....	22
Figura 6 - Superfícies de Preço-Local e Contornos de Isopreço. Preços Muito Diferentes em Dois Mercados .....	23
Figura 7 - Localização das Usinas Paulistas Pertencentes à Copersucar - Safra 73/74 .....	36
Figura 8 - Localização das Empacotadoras da Copersucar .....	37
Figura 9 - Fluxos Ótimos de Distribuição de Açúcar Cristal Superior Entre as Usinas e as Empacotadoras Pertencentes à Copersucar - Safra 73/74 .....	52
Figura 10 - Fluxos Ótimos de Distribuição de Açúcar Cristal Superior Entre as Usinas e as Empacotadoras Pertencentes à Copersucar - Safra 74/75 .....	53



## CAPÍTULO 1 - RESUMO

O presente trabalho atem-se à otimização dos fluxos de transporte do açúcar cristal superior, produzido pelas usinas paulistas, filiadas à Copersucar, e enviado às unidades empacotadoras pertencentes a essa Cooperativa. A importância da racionalização desses fluxos toma vulto, se se considerar que, na safra 73/74, o volume de açúcar destinado a essas empacotadoras esteve ao redor dos 23,5% da produção paulista. Pode-se antever daí, que a otimização dos fluxos de distribuição desse açúcar pode representar uma redução considerável no custo de transporte envolvido.

O método empregado para a otimização da distribuição de açúcar foi o modelo de transporte da programação linear que, adaptado ao problema de designação, permite determinar para quais dos mercados alternativos (empacotadora) as fontes produtoras (usinas) devem enviar o seu produto, além de, implicitamente, estabelecer as áreas de mercado de cada empacotadora.

Os dados básicos para a aplicação desse modelo, ou seja, a oferta de açúcar cristal superior por usina, a demanda de açúcar cristal superior por empacotadora e os fretes rodoviários entre usinas e empacotadoras, foram obtidos junto à Copersucar. Os fretes ferroviários das usinas às empacotadoras também objeto desse estudo, foram calculados a partir de ta

belas da Ferrovias Paulistas S.A. e da Rede Ferroviária Federal S.A.

Pelos resultados obtidos estabeleceram-se os fluxos ótimos de distribuição de açúcar cristal superior das usinas às empacotadoras nas safras 73/74 e 74/75, sendo o transporte rodoviário o meio utilizado em todas as rotas.

As soluções otimizadas apresentaram-se relativamente estáveis frente a diminuições nos fretes, e relativamente instáveis aos acréscimos destes.

O custo total da distribuição otimizada de açúcar cristal superior na safra 73/74 apresentou-se 9,5% inferior ao custo real de distribuição nessa safra, indicando que os fluxos então vigentes poderiam ter sido programados no sentido de se reduzirem os gastos de transporte.

As áreas de mercado de cada empacotadora foram delimitadas com base nos fluxos de transporte, e se apresentaram pouco dispersas nas duas safras, com exceção feita às empacotadoras de Cambé e de Anápolis.

Sob o aspecto do custo de transporte usina-empacotadora, essas duas empacotadoras e a de São Paulo não estariam geograficamente bem localizadas, pois para elas, as diminuições unitárias do custo total, resultantes da remoção do limite de quantidade a ser processada, são maiores do que para as demais empacotadoras.

## CAPÍTULO 2 - INTRODUÇÃO

A agro-indústria açucareira no Brasil teve seu início na fase da colonização, no século XVI. Expandiu-se rapidamente, ainda no período colonial, e se constitui, até hoje, em um dos mais importantes setores da economia brasileira, não só pelo volume da produção, insumos e mão de obra utilizados, como pela renda gerada, sendo uma das principais fontes de divisas para o País.

O açúcar vem apresentando um desempenho dos mais favoráveis na pauta das exportações brasileiras. Para se ter uma idéia, das dezenas de produtos primários, semimanufaturados e manufaturados exportados, o açúcar (na forma de demerara e cristal) correspondeu a 10,1%, 8,9% e 15,8% do valor total das exportações brasileiras nos anos de 1972, 1973 e 1974, respectivamente (Tabela 1). Se a observação se limitasse somente ao total das exportações agrícolas, as porcentagens teriam sido de 17,0%, 15,5% e 31,0%, nos respectivos anos.

Tabela 1 - Valor em Milhões de Dólares e Participação do Açúcar Demerara e Cristal no Total das Exportações Agrícolas e no Total das Exportações Brasileiras, em 1972, 1973 e 1974.

Discriminação	US\$ Milhão F.O.B.			Participação Percentual no Total Geral		
	1972	1973	1974	1972	1973	1974
Açúcar demerara	314,2	454,9	975,6	7,87	7,34	12,24
Açúcar cristal	89,3	97,8	283,1	2,24	1,58	3,56
Total (açúcar)	403,5	552,7	1258,7	10,11	8,92	15,80
Total export. agric.	2376,2	3587,3	4056,7	59,54	57,87	50,91
Total geral export.	3991,2	6199,2	7967,7	100,00	100,00	100,00

Fonte: Banco do Brasil - Carteira do Comércio Exterior - CACEX

O desenvolvimento do setor açucareiro sempre esteve associado ao comportamento do mercado interno e, principalmente, do externo. Sua implantação no século XVI se deu em um período de amplas possibilidades de colocação do produto no mercado internacional. Assim sendo, o setor experimentou uma grande expansão mas, a partir do início do século XVIII, passou a se retrair devido a mudanças nos fatores externos que anteriormente o havia impulsionado. As quantidades produzidas, no final do processo de retração, se ajustaram à demanda do mercado interno, passando a evoluir, a partir daí, conforme o aumento desta, havendo sempre um excedente exportável, conforme as oportunidades existentes. As crises periódicas de superprodução, que historicamente ocorreram no mercado interno do açúcar, levaram o Estado a intervir mais diretamente no setor, criando o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) em 1933.

Ao IAA cabe executar as políticas governamentais relacionadas com o setor açucareiro. Suas atividades buscam manter o equilíbrio entre oferta e procura de açúcar, e a esta-

bilidade de preços. Em cada safra, através do Plano de Safra, são atribuídas cotas de produção e de comercialização às regiões produtoras, Estados e usinas, com base no consumo interno, nas possibilidades de exportação e na produção anterior. O Plano de Safra também apresenta os preços da cana, açúcar e álcool a vigorarem na próxima safra, previamente aprovados pelos organismos econômicos colegiados, como o Conselho de Desenvolvimento Econômico e o Conselho Monetário Nacional. São, também, de responsabilidade do IAA, a exportação do açúcar brasileiro, as especificações e controle da qualidade do açúcar, a promoção da modernização e racionalização da atividade açucareira, e o controle das relações entre fornecedores, usineiros e assalariados.

A indústria açucareira nacional passa por um período de rápida transformação. O Governo tem proporcionado incentivos fiscais e financeiros à fusão e incorporação de usinas e a realocização de cotas de açúcar, assim como a incorporação de novas cotas de fornecimento de cana-de-açúcar aos fornecedores, com vistas à maior produtividade industrial e agrícola. O IAA tem estudado possibilidades de mudanças na comercialização do açúcar, buscando maior racionalidade na distribuição do produto, à medida que promove estudos e projeta o transporte e estocagem de açúcar a granel.

A preocupação crescente atual com a racionalização da atividade açucareira em todos os seus setores, ocorre em uma situação de relativa escassez do produto no mercado mundial. Os países produtores como o Brasil, tem procurado melhorar sua posição no mercado internacional.

### 2.1. Comercialização do Açúcar Paulista

O Estado de São Paulo é o maior produtor brasileiro de açúcar. Os tipos produzidos são: cristal superior, cristal "standard", cristal especial e demerara. Destes, os

dois primeiros destinam-se ao abastecimento do mercado interno, e os dois últimos à exportação. O açúcar cristal superior e o cristal "standard" seguem das usinas aos grandes compradores (refinarias, empacotadoras, indústrias, atacadistas e varejistas); destes, alcançam os consumidores. Os tipos especial e demerara seguem diretamente para o porto, geralmente Santos, o principal escoadouro do açúcar paulista de exportação. A Figura 1 apresenta o fluxograma da comercialização do açúcar paulista. <sup>1/</sup>

A comercialização do açúcar no Estado de São Paulo, como todo o setor açucareiro nacional, é regulamentada pelo IAA. Para a comercialização, o Plano de Safra estabelece: a) cotas básicas mensais de comercialização às Regiões e Estados, e controle da transferência do açúcar entre eles; b) cotas individuais de comercialização às usinas isoladas e cotas globais às cooperativas centralizadoras de vendas, ficando estas responsáveis pela comercialização da sua cota; c) cotas compulsórias mensais de fornecimento às refinarias autônomas.

A Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e de Alcool do Estado de São Paulo (Copersucar) desempenha papel importante no setor açucareiro paulista. Instalada em 1959, como cooperativa de comercialização dos produtos de seus associados, estendeu posteriormente suas atividades para o empacotamento e refino de açúcar, além de promover assistência técnica aos cooperados. No contexto do setor agro-industrial açucareiro sua área de influência é bastante extensa, pois congregava, na safra 73/74, 95,7% das usinas paulistas, bem como usinas dos Es

---

<sup>1/</sup> As porcentagens apresentadas baseiam-se em informações sobre vendas efetuadas pela Copersucar na safra 73/74. Tais porcentagens são semelhantes às das safras anteriores.

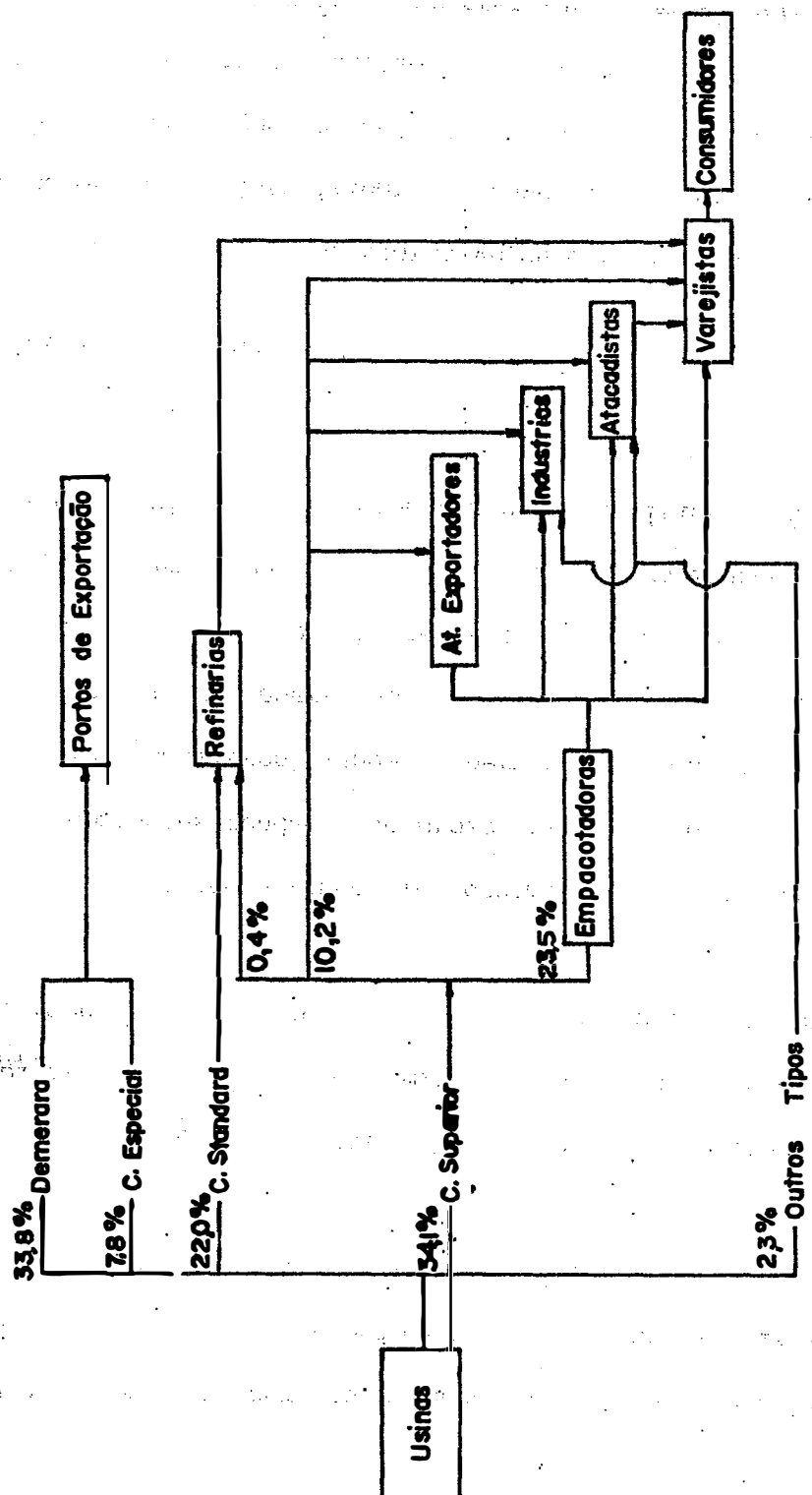


Fig. 1.— Fluxograma da Comercialização do Açúcar no Estado de São Paulo

tados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Rio de Janeiro e Paraná.

A Copersucar é responsável pela comercialização de sua cota global, atribuída pelo Plano de Safra do IAA, assim como pela distribuição da cota de produção por tipos entre as usinas cooperadas.

Geralmente os gastos de comercialização do açúcar são pagos pelo intermediário comprador de açúcar. Quando se trata de transporte de açúcar cristal superior e cristal "standard" das usinas às refinarias e empacotadoras pertencentes à Copersucar, os gastos de transporte são pagos por esta Cooperativa. No que se refere ao carregamento de açúcar para os demais compradores, os gastos são por eles pagos, cabendo à Copersucar indicar de que usina deverá ser retirado o produto.

O transporte do açúcar cristal para o mercado interno é efetuado em sacos de 60 kg, em sua maioria por meio rodoviário, com caminhões de 10 a 32 t de capacidade.

O transporte ferroviário tem sido usado entre usinas e refinarias que dispõem de terminais ferroviários, pois a articulação transporte ferroviário-transporte rodoviário é considerada anti-econômica, tanto pelos fretes mais elevados, como pelo tempo gasto e o custo de transferência.

O açúcar demerara é transportado, compulsoriamente, por ferrovia, em decorrência do acordo firmado entre a Ferrovias Paulistas S.A. (FEPASA) e o IAA. O açúcar é levado das usinas aos armazéns das estações próximas, onde aguardam ordem de embarque do IAA. Esses embarques nas estações, ficam condicionados aos embarques de exportação no porto de Santos, sendo cobrado do IAA, uma taxa de retenção, para pagamento da armazenagem, em adição às tarifas de transporte ferroviário e rodoviário auxiliar.



As localizações geográficas da população, do processamento e do consumo de açúcar, contribuem para a criação de fluxos de comercialização relativamente complexos. Com o aumento das quantidades consumidas de açúcar e do número de usinas e de centros de consumo, torna-se cada vez mais difícil distribuir o açúcar paulista de uma forma economicamente otimizada.

Esse problema tem despertado interesse crescente, tanto por parte do IAA, que vem estudando novas formas de comercializar o produto, como da Copersucar, responsável pela distribuição do açúcar das usinas às unidades empacotadoras e refinadoras.

Dada a atual estrutura de comercialização do açúcar, a racionalização da distribuição do produto pode se ater a três pontos:

- 1) Mudança na tecnologia de transporte;
- 2) Alterações na forma de atribuição de cotas de produção por tipos às usinas; e
- 3) Dadas as atuais cotas de produção por tipos, estabelecer programas de distribuição que minimizam o custo de transporte envolvido.

Quanto ao primeiro aspecto, isto é, mudança de tecnologia de transporte, já se têm tomado providências neste sentido. O transporte do açúcar a granel e a instalação de terminais graneleiros para açúcar, nos principais portos de embarque, é uma alternativa que tem sido posta em prática na comercialização do açúcar para exportação. Por outro lado, a extensão de terminais ferroviários a todas as usinas, conforme planos da FEPASA, deverá contribuir para a utilização do transporte a granel, por meio ferroviário, também para os tipos de açúcar consumidos no mercado interno.

A adoção de um critério de racionalização do transporte na atribuição de cotas de produção por tipos de açúcar, às usinas paulistas, por sua vez, apresenta uma série de

problemas a ser contornados, pois nem todas as usinas têm capacidade técnica de produzir, indiferentemente, qualquer tipo de açúcar, além de outro fator, também bastante importante, que é a preferência do empresário em produzir este ou aquele tipo.

Portanto, a opção de se estabelecer programas ótimos de distribuição, que incorram em custo mínimo de transporte, teria, a curto prazo, maiores possibilidades de ser posta em prática.

Neste aspecto, a Copersucar pode desempenhar papel importante na racionalização da distribuição do açúcar, à medida que procure seguir fluxos ótimos no abastecimento de suas empacotadoras e refinarias coligadas, e também determine a outros compradores o local de onde retirar o açúcar, segundo um programa otimizado de abastecimento.

Este estudo atem-se ao desenvolvimento de uma programação que optimize os fluxos usinas-empacotadoras filiadas à Copersucar, uma vez que por esse canal passa o maior volume do açúcar cristal superior destinado ao abastecimento do mercado interno paulista, que foi de cerca de 23,5% da produção global de açúcar do Estado na safra 73/74.

O estabelecimento de fluxos de máxima racionalização para a transferência do açúcar das usinas às empacotadoras se constitui um meio de otimizar o uso do serviço de transporte, que é escasso no Brasil, além de contribuir para a diminuição dos custos das firmas que comercializam o produto. Também pode melhorar a situação dos consumidores, à medida que uma parte da economia nos custos de transporte reflita nos preços do açúcar ao nível de consumidor.

### 2.3. Objetivos

Os objetivos desse trabalho são:

- 1) Estabelecer um programa de distribuição do açúcar

crystal superior, que minimize o custo de transporte de tal produto das usinas paulistas, filiadas à Copersucar, às empacotadoras pertencentes a essa Cooperativa, em função do volume produzido pelas usinas e as quantidades demandadas na safra 73/74;

2) Comparar, em termos de custo total do transporte, a programação otimizada com a programação estabelecida pela Copersucar para o abastecimento das empacotadoras na safra 73/74;

3) Estabelecer um programa de distribuição do açúcar cristal superior, que minimize o custo de transporte entre as usinas paulistas cooperadas e as empacotadoras da Cooperativa, em função da produção programada pelas usinas para a safra 74/75 e a capacidade instalada das empacotadoras.

## CAPÍTULO 3 - MÉTODO E MATERIAL

### 3.1. Teoria da Distribuição da Produção Espacialmente Dispersa

#### 3.1.1. Introdução

Quando o local de produção de uma mercadoria encontra-se geograficamente separado do local de demanda, a transferência espacial será o elemento que irá unir o mercado produtor com o mercado consumidor.

Este item trata do problema da transferência espacial de produtos e da minimização do custo de transferência. Deste modo: é estudada a função de custo de transferência espacial, sendo dado destaque ao uso de tecnologias alternativas de transporte; é apresentada uma breve discussão sobre superfície de custo de transferência e sua aplicação na alocação da produção em mercados competitivos com base na lei das áreas de mercado.<sup>2/</sup>

---

<sup>2/</sup> A apresentação desses itens baseia-se em BRESSLER e KING, 1970; cap. 6 e 7.

### 3.1.2. Custo de Transferência

O custo de movimentar um produto entre dois pontos separados no espaço, é chamado de custo de transferência.

O custo de transferência contém uma parcela fixa e outra variável. Os custos fixos, também chamados de custos terminais, correspondem aos pagamentos de fatores que independem da distância, tais como carregamento e descarregamento. Os custos variáveis de transferência, também chamados de custos de transporte, relacionam-se diretamente com a distância. Estes podem ser: uma função linear das distâncias, quando o aumento do custo se faz a taxas constantes; uma função curvilínea que cresce a taxas decrescentes com a distância; uma função constante; ou mesmo, uma função "em degraus", quando o custo é fixado para cada intervalo de distância estipulado.

Fatores como a topografia, o tipo de transporte, as características do produto e o conjunto de instituições envolvidas podem vir influenciar as funções de transferência de um produto.

Um fator de particular interesse para o estudo, refere-se ao tipo de transporte. Supondo-se dois tipos alternativos de transporte de uma mercadoria, transporte rodoviário (caminhões com determinadas capacidades) e transporte ferroviário, correspondendo a cada tipo uma função de transferência linear (Figura 2).

O transporte rodoviário apresenta custo fixo relativamente menor que o transporte ferroviário; em compensação, a função de custo de transferência do transporte ferroviário cresce a uma taxa menor que a do rodoviário.

Dentro da distância OD, o transporte rodoviário apresenta-se com um custo menor. A partir da distância D, o uso do transporte ferroviário seria mais econômico.

Quando se dispõe de várias alternativas de transporte, como carroças, caminhões de vários tamanhos, trens e na-

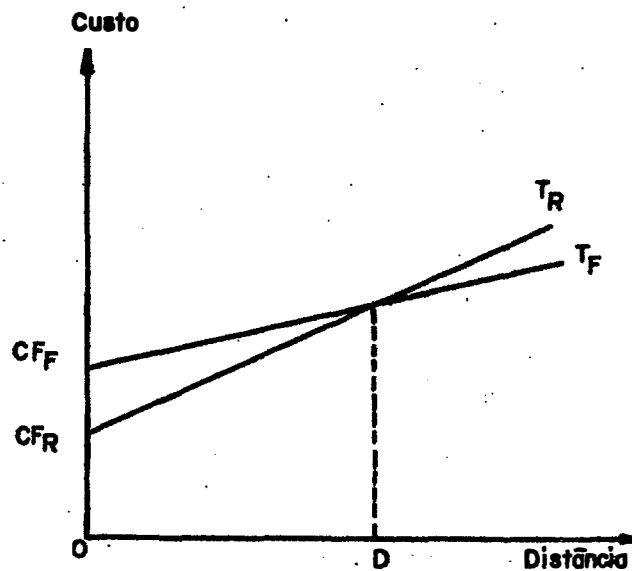


Fig. 2— Relações Custo Distância para Duas Tecnologias de Transporte

Onde:

$CF_R$  é o custo fixo do transporte rodoviário.

$CF_F$  é o custo fixo do transporte ferroviário.

$T_R$  é a função de custo de transporte para o sistema rodoviário.

$T_F$  é a função de custo de transporte para o sistema ferroviário.

$D$  é o ponto de intersecção entre as duas funções.

vios, a poligonal resultante da superposição das funções de custo de transferência dessas modalidades aproxima-se a uma curva crescente a taxas decrescentes.

O uso de diferentes tecnologias de transporte depende das distâncias a serem percorridas. Visando menores custos, usa-se meio de transporte de menor porte quando são pequenas as distâncias a serem percorridas. Com o aumento das distâncias, o tamanho do meio de transporte deve aumentar. Isto envolve um custo fixo mais elevado, mas o custo variável terá taxas de acréscimo com as distâncias, cada vez menores. Um equipamento de grande porte é muito dispendioso para pequenas distâncias, pelo grande investimento que representa. Entretanto, para grandes distâncias, torna-se o mais econômico.

Pode-se concluir que a função de custo de transferência espacial apresenta-se crescente a taxas decrescentes, quando é possível usar tecnologias alternativas de transporte, visando o menor custo para cada distância a ser percorrida.

### 3.1.3. Superfície de Custo de Transferência

Considere-se um mercado A para uma mercadoria que é produzida em firmas espacialmente dispersas em uma área geográfica. Se os custos de movimentar o produto das firmas ao mercado A forem, apenas, função da distância, pode-se estabelecer uma superfície de custo de transferência, cuja ordenada em um ponto é igual ao custo de transferência a partir desse ponto até o mercado A.

Para que o custo de transferência seja função apenas da distância, é necessário pressupor uma área de topografia homogênea, com iguais facilidades de transporte de todos os pontos dessa área ao centro de mercado. Portanto, a superfície de custo de mercado terá secções horizontais circulares, como mostra a Figura 3.

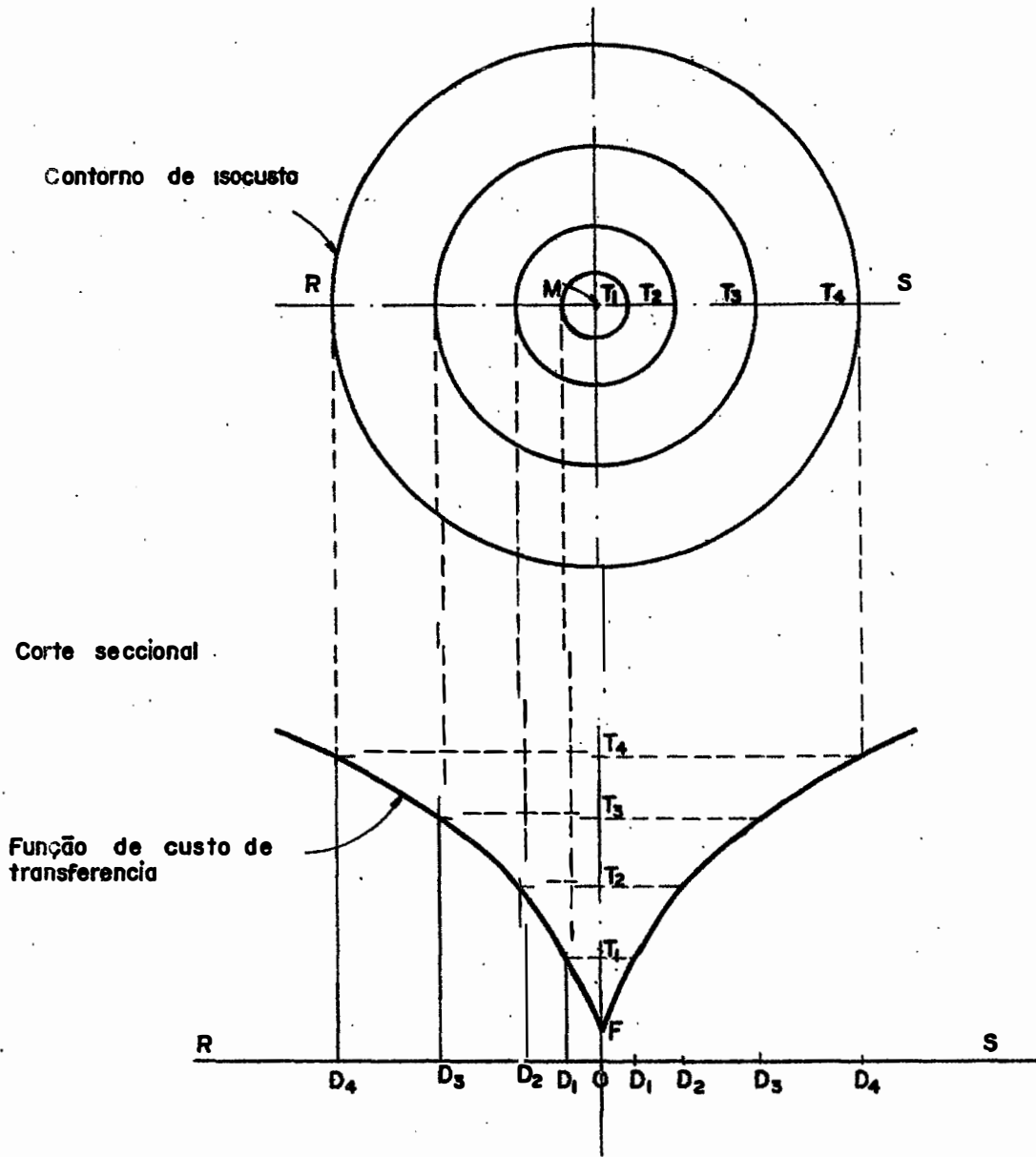


Fig.3— Superfície de Custo de Transferência com Função Custo Curvilínear



Se for considerado que se está adotando diferentes tecnologias de transporte, baseadas nas distâncias a serem percorridas, visando o menor custo de transferência, tem-se que a função custo de transferência será curvilínea, crescendo a taxas decrescentes com as distâncias.

A superfície de custo de transferência pode ser separada em setores pelos contornos de isocusto, que delimitam pontos no plano para os quais se tem o mesmo custo de transferência para o centro do mercado.

A Figura 3 ilustra o mercado A e sua superfície de custo de transferência com os contornos de isocusto, em cortes horizontal e seccional.<sup>3/</sup>

Como os custos de transferência crescem a taxas decrescentes com relação às distâncias, o espaço entre os contornos de isocusto para acréscimos de custo constantes, cresce a taxas crescentes. Na Figura 3, o custo de transferência de cada contorno de isocusto para o mercado A é representado por T, que é função da distância. Nota-se que, mesmo quando as unidades produtivas encontram-se numa área muito próxima ao mercado A, há um custo de transferência OF, correspondente aos custos fixos de transferência da mercadoria.

#### 3.1.4. Alocação da Produção Espacialmente Dispersa em Mercados Competitivos

Sejam dois centros de consumo A e B para uma mercadoria produzida por firmas que se encontram dispersas em uma área geográfica.

Pressupondo-se iguais custos de produção nas firmas, topografia uniforme e competição perfeita entre os mercados, a superfície de custo de transferência apresentará contornos de isocusto circulares.

---

<sup>3/</sup> Fonte da Figura 3: BRESSLER e KING, 1970; p. 112.

A análise da alocação de produção em mercados baseia-se antes na superfície de preço local, do que na superfície de custo de transferência. A superfície de preço local é a "... representação do padrão espacial de preços locais, orientados para um dado mercado, ou um conjunto de mercados"<sup>4/</sup>. O preço local ( $P_L$ ) é definido como "... o preço de mercado menos o custo de transferência do local particular em questão"<sup>5/</sup> ao centro de mercado, desde que os custos de transferência sejam pagos pela firma. O preço local será dado pela relação:

$$P_L = P_M - T$$

Considere-se que o custo de movimentar o produto é uma função curvilínea crescente a taxas decrescentes com as distâncias percorridas. Então:

$$P_L = P_M - f(D) , \text{ com } f'(D) > 0 \text{ e } f''(D) < 0$$

Cada firma deverá enviar seu produto para o mercado onde o preço local for maior, objetivando a minimização das despesas.

A decisão de colocar o produto neste ou naquele mercado baseia-se na lei das áreas de mercado, assim enunciada por BRESSLER e KING: "o limite entre dois mercados competitivos é o lugar dos pontos situados de tal modo que os preços locais (preço de mercado menos custo de transferência) para embarques feitos para os mercados competitivos são iguais"<sup>6/</sup>

Essa lei pode ser representada pela relação:

$$P_A - T_A = P_B - T_B$$

ou

$$P_A - P_B = T_A - T_B ,$$

---

<sup>4/</sup> BRESSLER e KING, 1970; p. 125.

<sup>5/</sup> Ibid; p. 125.

<sup>6/</sup> Ibid; p. 127.

onde  $P$  = preço de mercado;

$T$  = custo de transferência do produto, da firma para o mercado;

$A$  e  $B$  = mercados alternativos.

Sua análise pode ser desenvolvida com as considerações feitas a partir das Figuras 4, 5 e 6. Elas ilustram três situações de mercado <sup>7/</sup>. Na primeira, o preço do produto é o mesmo em dois mercados competitivos  $A$  e  $B$ ; no segundo caso, o preço no mercado  $B$  é mais baixo do que em  $A$ ; e finalmente tem-se o caso em que o preço em  $B$  é muito baixo, comparando-se com o do mercado  $A$ .

Na Figura 4 estão representadas as superfícies de preço-local para os mercados  $A$  e  $B$  e os contornos de isocusto, em cortes seccional e horizontal. A linha de fronteira para cada mercado é definida pelos pontos  $f$  e  $g$ . Nestes pontos, os custos de transferência igualam-se ao preço de mercado, resultando em preços locais iguais a 0 em cada mercado. Para unidades produtivas localizadas fora da área delimitada pelas linhas de fronteira, não seria compensatório abastecer os mercados  $A$  ou  $B$ .

O limite competitivo entre os mercados  $A$  e  $B$  apresentados na Figura 4, situa-se nos pontos onde as diferenças nos custos de transferência é igual à diferença dos preços nos dois mercados.

Como no presente caso os preços são os mesmos nos dois mercados, a saber,  $\underline{a}$  e  $\underline{c}$ , o limite será dado por  $T_A = T_B$ . Se os custos de transferência obedecem a função  $T = f(D)$  para fluxos do produto, nas duas direções, o limite entre os mercados é determinado quando as distâncias aos dois mercados são iguais; esse limite é dado graficamente pela linha  $OO'$ . Qualquer firma situada à direita dessa linha deve enviar seu produto para o mercado  $B$ . As situadas à esquerda, devem enviar seu produto para  $A$ . Enquanto que para uma firma situada sobre a

---

<sup>7/</sup> Fonte das Figuras: BRESSLER e KING, 1970; p. 128.

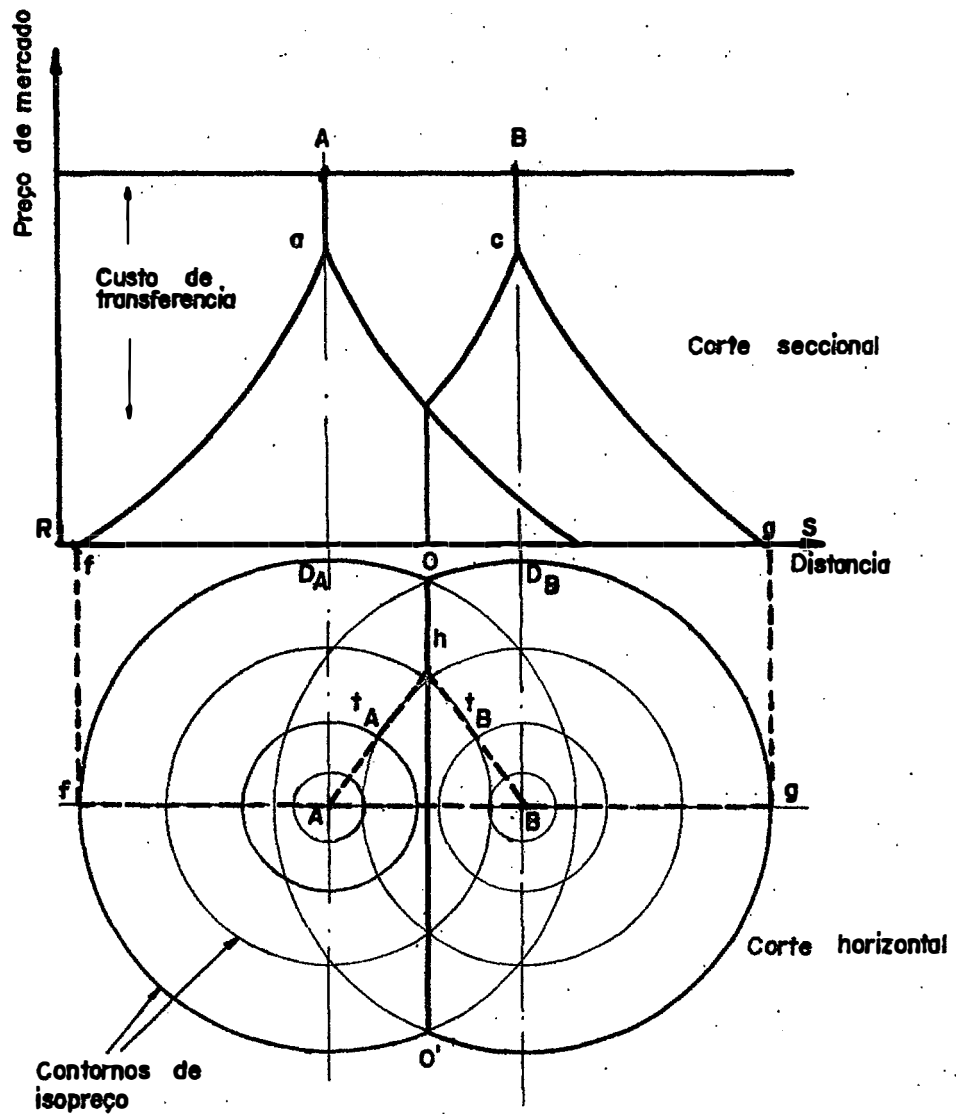


Fig. 4 Superfícies de Preço-Local e Contornos de Isopreço. Preços Iguais em Dois Mercados.

linha de limite  $OO'$  será indiferente abastecer o mercado A ou B, como é o caso da firma situada em  $h$ .

Quando o preço do produto for menor num dos mercados, como na Figura 5, a linha que delimita os mercados aproxima-se do mercado de preço mais baixo. O limite entre os mercados é dado pelo lugar geométrico dos pontos onde os preços locais para venda nos dois mercados são iguais. Continua válida então, a relação que expressa a lei das áreas de mercado:

$$P_A - T_A = P_B - T_B .$$

Em tal situação, o preço  $\underline{d}$  é menor do que o preço  $\underline{a}$ . Neste caso, o limite entre os mercados será dado pela "hipérbole econômica"  $nkl$  no caso da função de custo de transferência ser curvilínea. O ponto  $k$ , situado sobre o limite, possui custo de transferência  $T'_A$  e  $T'_B$  para os mercados A e B respectivamente. A diferença entre esses custos de transferência será a mesma que existe em qualquer ponto ao longo da linha limite de mercado. Como os custos de transferência são uma função curvilínea das distâncias, não se pode afirmar que exista uma diferença constante nas distâncias aos dois mercados, mas que há uma diferença constante apenas em custos de transferência.

A área de mercado definida para A será  $flkn$ ; a área de mercado para B será  $mlkn$ .

Se o preço do produto no mercado B é bastante baixo, como  $\underline{e}$ , na Figura 6, a área de mercado de B poderá ser incluída na área do mercado A. A superfície de preço local em torno de B é uma hipérbole fechada, circundada pelo mercado A.

Generalizando: os limites de mercado serão dados pelo lugar geométrico dos pontos onde a diferença entre os custos de transferência para os dois mercados competitivos for constante e igual à diferença entre os preços de mercado.

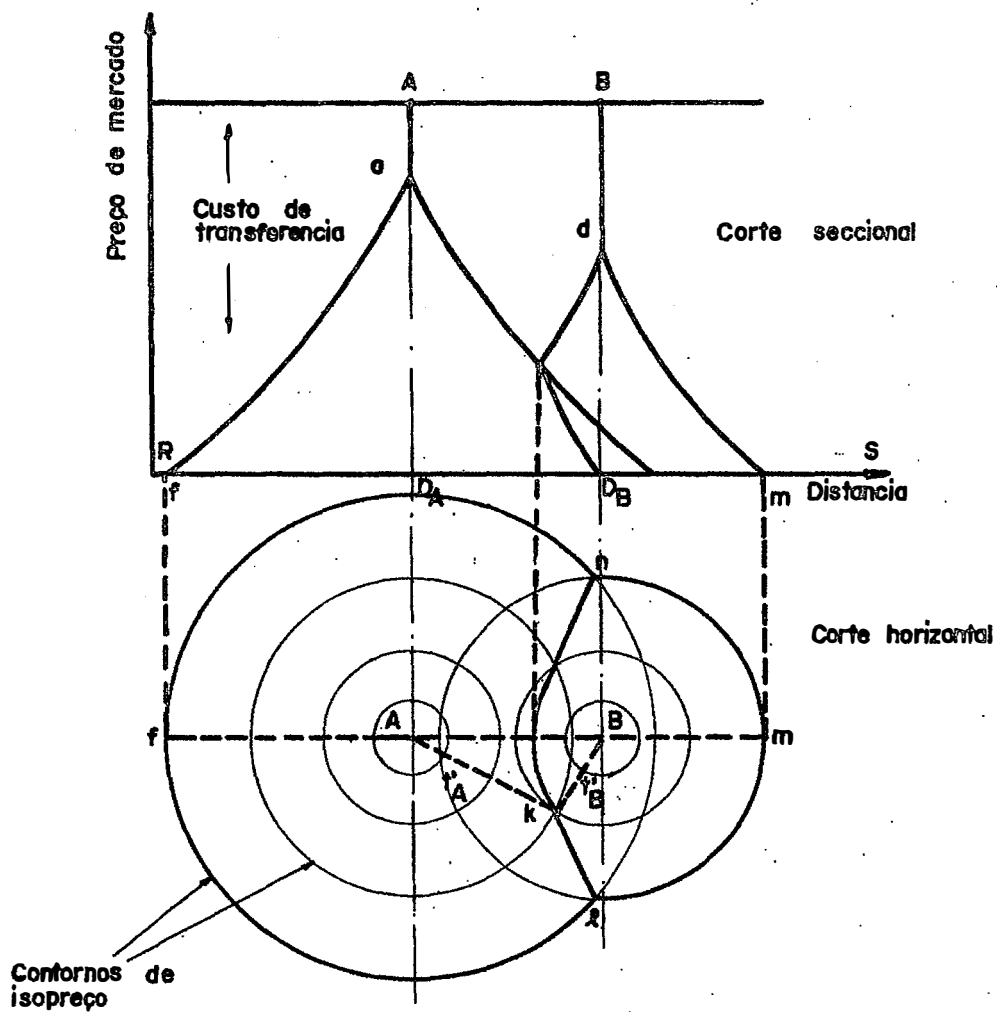


Fig. 5— Superfícies de Preço-Local e Contornos de Isopreço. Preços Diferentes em Dois Mercados.

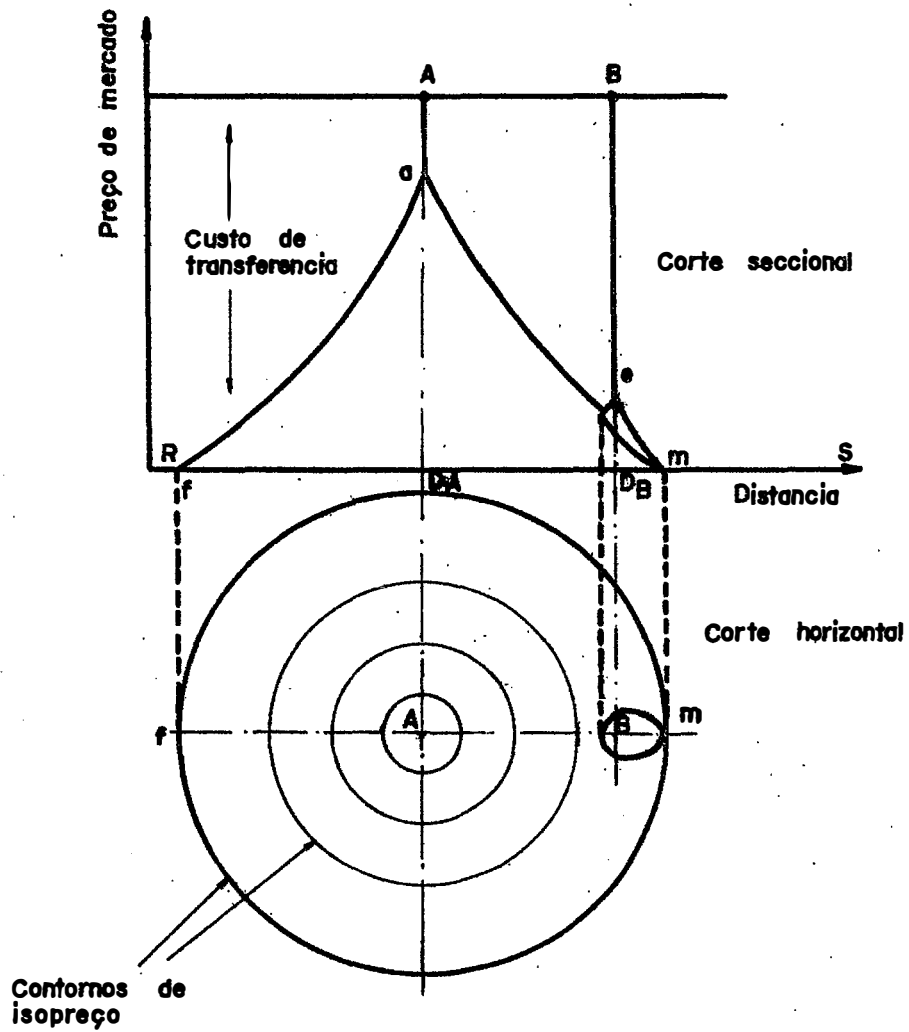


Fig.6 — Superfícies de Preço — Local e Contornos de Isopreço.  
Preços Muito Diferentes em Dois Mercados .

### 3.1.5. Custo de Transferência e Programação Linear

Do que foi estudado no ítem anterior, salienta-se o fato de que as áreas de mercados competitivos são estabelecidas com base nos custos de transferência, que devem ser os menores para os mercados em questão.

Sejam A e B dois mercados alternativos para o produto de uma firma X, e  $T_{XA}$  e  $T_{XB}$  os custos para transferir a mercadoria de X para A e B respectivamente. O limite de mercado será dado pela relação:

$$T_{XA} - T_{XB} = P_A - P_B ,$$

onde  $T_{XA}$  = custo de transferência da mercadoria da firma X para o mercado A;

$T_{XB}$  = custo de transferência da mercadoria da firma X para o mercado B;

$P_A$  = preço do produto no mercado A;

$P_B$  = preço do produto no mercado B.

Se forem considerados dois mercados A e B e duas firmas X e Y, o limite do mercado para cada firma será dado respectivamente por:

$$T_{XA} - T_{XB} = P_A - P_B$$

$$T_{YA} - T_{YB} = P_A - P_B ;$$

onde  $T_{YA}$  = custo de transferência da mercadoria da firma Y para o mercado A;

$T_{YB}$  = custo de transferência da mercadoria da firma Y para o mercado B.

Se a firma X estiver localizada na área do mercado A, e a firma Y na área do mercado B, dados os preços dos dois mercados, ambas conseguirão maiores lucros, ou menores custos de transferência se a firma X enviar o produto para A e a fir-



ma Y para B.

O custo total de transferência dado pela soma dos custos de transferência de cada firma, será o menor possível se, no caso de duas firmas, cada uma delas buscar seu menor custo de transporte.

O custo total mínimo será dado por:

$$Z = T_{XA} \cdot Q_{XA} + T_{YB} \cdot Q_{YB} ,$$

onde  $Q_{XA}$  = quantidade a ser transportada da firma X para o mercado A;

$Q_{YB}$  = quantidade a ser transportada da firma Y para o mercado B.

Considere-se uma nova situação na qual se tem um mercado competitivo para um produto homogêneo, onde muitas firmas produtoras e vários centros alternativos de demanda estão dispersos numa determinada área geográfica. Os limites dos mercados são estabelecidos com base no mínimo custo de transferência envolvido. Assim, pode-se afirmar que a economia regional estará otimizando o uso de seus recursos de transporte, se os gastos totais de transferência espacial forem mínimos. Por outro lado, se existir um órgão responsável pela comercialização do produto, a minimização de seus custos de transferência representa a maximização de seus lucros, dado o nível de produção e mantendo-se constantes os demais fatores que influem nos custos.

À qualquer problema que envolva minimização ou maximização, pode ser aplicada a técnica de programação linear, desde que se possa quantificar o objetivo a ser atingido e as restrições do problema de otimização <sup>8/</sup>.

---

<sup>8/</sup> Para informações acerca da técnica de Programação Linear consultar, por exemplo: HEADY e CANDLER, 1969; FERGUSON, 1969; DORFMAN *et alii*, 1958; DANTZIG, 1966; PUCCINI, 1972 e ESTACIO, 1961.

### 3.2. O Modelo de Transporte na Programação Linear <sup>9/</sup>

#### 3.2.1. Pressuposições do Modelo

Sendo dadas  $m$  regiões produtoras ou firmas para um produto,  $n$  mercados de consumo e conhecidos os custos de transporte de cada firma para cada mercado, o modelo de transporte na programação linear, adaptado ao problema de designação, permite estabelecer a quantidade a ser transportada de cada região de oferta para cada mercado, com um custo de transporte mínimo.

O modelo de transporte possui as seguintes pressuposições teóricas:

- a) as áreas de oferta e demanda são representadas por pontos;
- b) a economia opera sob condições de competição perfeita;
- c) o custo de transporte independe da quantidade a ser transportada, ou seja, não há economias de escala no transporte.

Outras condições, incluídas implicitamente em (b) são:

- d) a oferta e a demanda são perfeitamente inelásticas em cada região, e conhecidas pelos participantes do mercado;
- e) o produto é homogêneo, portanto qualquer região de origem serve da mesma forma qualquer região de destino;
- f) os custos de transporte das regiões de oferta para as de demanda são conhecidos;

---

<sup>9/</sup> O modelo aqui apresentado pode ser encontrado em TAKAYAMA e JUDGE, 1971; DORFMAN et alii, 1958; LANGE, 1967; PUCCINI, 1972 e SNODGRASS e FRENCH, 1957.

g) a diferença entre o preço local do produto na região de oferta e na região de demanda é igual ao custo de transporte entre as regiões.

### 3.2.2. O Modelo Matemático

Seja:

$Z$  = função objetivo a ser minimizada;

$t_{ij}$  = custo de transporte de uma unidade do produto da origem  $i$  para o destino  $j$ ;

$x_{ij}$  = quantidade a ser transportada da origem  $i$  para o destino  $j$ ;

$D_j$  = demanda do produto no destino  $j$ ;

$S_i$  = oferta do produto na origem  $i$ .

O programa ótimo que estabelece as quantidades a serem transportadas, das firmas aos mercados, exige que seja minimizada a equação:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} = T'X, \quad (1)$$

sujeita à:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq D_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

A quantidade a ser transportada para o destino  $D_j$  deve ser maior ou igual à quantidade demandada nesse mercado

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq S_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

A quantidade transportada de uma firma aos mercados deve ser menor ou igual à quantidade ofertada por essa firma

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{para qualquer } ij. \quad (4)$$

Não há valores negativos para as quantidades transportadas

$$\sum_{i=1}^m S_i = \sum_{j=1}^n D_j \quad (5)$$

A soma das quantidades ofertadas deve ser igual à soma das quantidades demandadas.

As restrições (2) e (3) apresentam direções opostas. Há necessidade de reformular uma delas, para aplicação da técnica de programação linear. Assim, a equação (3) assume a forma:

$$- \sum_{j=1}^n x_{ij} \geq - S_i \quad (6)$$

A restrição (5) serve como meio de simplificar o problema, eliminando as desigualdades das equações (2) e (3). Entretanto, essa restrição muitas vezes não é satisfeita. Apesar disto, o modelo de transporte poderá ser aplicado, desde que se crie uma origem ou um destino fictício, conforme o caso, de forma a igualar a oferta total com a demanda total. No caso de se ter a demanda menor que a oferta num dado período de tempo, cria-se um destino para estoque do produto, de tal forma que:

$$\sum_{i=1}^m S_i = \sum_{j=1}^n D_j + \sum_{j=1}^n E_j, \quad (7)$$

onde  $E_j$  representa as demandas de estoque do produto no destino  $j$ <sup>10/</sup>.

---

10/ Para maiores detalhes, ver TAKAYAMA e JUDGE, 1971.

O programa LPS (Linear Programming System) para computadores IBM 360 cria automaticamente essas origens e destinos fictícios.

### 3.2.3. "Tableau" de Programação e Algoritmo da Solução

O modelo de transporte pode ser apresentado na forma de um "tableau" de programação, consistente com as equações (1), (2) e (6) como é apresentado na Tabela 2. Deste quadro constam, ainda, valores duais aos quais se fará referência posteriormente.

O "tableau" apresenta os fluxos de mercadorias das origens  $i$  aos destinos  $j$ , os coeficientes de transferência dados pelas equações (2) e (6), as restrições de demanda ( $D_j$ ) e de oferta ( $S_i$ ), e os valores duais. Os custos unitários de transporte de cada origem para cada destino aparecem na última linha do "tableau".

O problema apresenta  $m+n$  desigualdades referentes às restrições de oferta e demanda, e  $m \cdot n$  atividades que correspondem aos fluxos possíveis da mercadoria. O algoritmo usualmente empregado na solução do problema é o Método Simplex <sup>11/</sup>. Dada uma solução inicial, viável, com  $(n+m-1)$  atividades, pelo processo iterativo do simplex será encontrado o programa ótimo que minimiza o custo total de transporte e satisfaz as restrições (2), (4) e (6). Existirá um programa ótimo, se o número de atividades positivas não exceder o número de equações de restrição. A solução pode não ser única; podem aparecer rotas alternativas para as da solução ótima, o que não altera o custo total desta.

---

<sup>11/</sup> Para esclarecimentos sobre o Método Simplex e sua aplicação ao Modelo Transporte, consultar: DANTZIG, 1951.

Tabela 2 - "Tableau" de Programação Para o Modelo de Transporte

Nº da equação	Fluxos de Mercadoria										Restrições	Valores Duais			
	$x_{11}$	$x_{12}$	$\dots$	$x_{1n}$	$x_{21}$	$x_{22}$	$\dots$	$x_{2n}$	$\dots$	$x_{m1}$			$x_{m2}$	$\dots$	$x_{mn}$
(2)	1				1				$\dots$	1				$\geq D_1$	$V_1$
		1				1								$\geq D_2$	$V_2$
															$\dots$
													1	$\geq D_n$	$V_n$
				1											$U_1$
	-1	-1		$\dots$	-1									$\geq -S_1$	$U_2$
					-1	-1		$\dots$	-1						$\dots$
															$\dots$
										-1	-1	$\dots$	-1	$\geq -S_m$	$U_m$
Custo Unitário	$t_{11}$	$t_{12}$	$\dots$	$t_{1n}$	$t_{21}$	$t_{22}$	$\dots$	$t_{2n}$	$\dots$	$t_{m1}$	$t_{m2}$	$\dots$	$t_{mn}$		

### 3.2.4. Derivação das Condições Ótimas

O modelo tratado no ítem anterior pode ser considerado como um problema de mínimo condicionado onde existem restrições que são desigualdades. As condições para minimização de tal problema, traduzido pelas equações (1), (2), (4) e (6), são dadas pelo teorema de Kuhn-Tucker <sup>12/</sup>.

Para a aplicação do teorema, monta-se primeiramente a seguinte equação de Lagrange, com base nas equações (1), (2), (4) e (6):

$$f(X, V_D, U_S) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^n V_j (D_j - \sum_{i=1}^m x_{ij}) + \sum_{i=1}^m U_i (\sum_{j=1}^n x_{ij} - S_i) \quad (8)$$

onde  $V_j$  e  $U_i$  são os multiplicadores de Lagrange aplicados às restrições de demanda e de oferta, respectivamente;

$$\begin{aligned} V_D &= (V_1, V_2, \dots, V_n) \geq 0 ; \\ U_S &= (U_1, U_2, \dots, U_m) \geq 0 . \end{aligned}$$

Aplicando o teorema de Kuhn-Tucker e derivando em relação a  $X$ ,  $V_D$  e  $U_S$  serão obtidas as condições (9) para que  $X^*$ ,  $V_D^*$  e  $U_S^*$  definam um ponto de sela <sup>13/</sup>.

$$\left. \begin{aligned} \text{a) } \frac{df^*}{dx_{ij}} &= t_{ij} - V_j^* + U_i^* \geq 0 \quad \text{e} \quad \left(\frac{df^*}{dx_{ij}}\right) x_{ij}^* = 0 \quad \text{para } x_{ij}^* \geq 0 \\ \text{b) } \frac{df^*}{dV_j} &= D_j - \sum_{i=1}^m x_{ij}^* \leq 0 \quad \text{e} \quad \left(\frac{df^*}{dV_j}\right) V_j^* = 0 \quad \text{para } V_j^* \geq 0 \\ \text{c) } \frac{df^*}{dU_i} &= \sum_{j=1}^n x_{ij}^* - S_i \leq 0 \quad \text{e} \quad \left(\frac{df^*}{dU_i}\right) U_i^* = 0 \quad \text{para } U_i^* \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

<sup>12/</sup> Consultar também TAKAYAMA e JUDGE, 1971, pp. 49-51.

<sup>13/</sup> O asterisco indica valores das variáveis encontrados na solução ótima.

A interpretação econômica das condições (9) é possível, se os multiplicadores de Lagrange,  $V_j$  e  $U_i$ , passarem a significar, respectivamente, os preços de mercados e de oferta para um produto.

Na condição (9.a), se  $x_{ij}^* > 0$ , então  $t_{ij} - V_j^* - U_i^* = 0$ , ou  $t_{ij} = V_j^* - U_i^*$ . Em termos econômicos, se há fluxos positivos da mercadoria, então o diferencial de preços entre o destino  $j$  e a origem  $i$ , é igual ao custo de transporte entre as regiões. Essa condição é consistente com a competição perfeita, na qual inexistente o lucro. Se  $x_{ij}^* = 0$ , então  $t_{ij} - V_j^* + U_i^* > 0$  ou  $t_{ij} > V_j^* - U_i^*$ . Essa desigualdade fornece informação sobre quanto deveria ser reduzida a tarifa de transporte entre a origem  $i$  e o destino  $j$ , para que um fluxo positivo passasse a existir entre as regiões em questão.

A condição (9.b) permite estudar a existência de excesso de oferta do produto na região de demanda. Se  $V_j^* = 0$ , então  $D_j \leq \sum_{i=1}^m x_{ij}^*$ , isto é, há um excesso de oferta na região  $j$ . Se  $V_j^* > 0$ , então,  $D_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}^*$ , isto é, a região  $j$  tem sido suficientemente abastecida.

A condição (9.c) indica a existência ou não de um excesso de carregamento que sai da região de oferta. Se  $U_i^* = 0$ , então  $\sum_{j=1}^n x_{ij}^* \leq S_i$ , isto é, há um excesso na região  $i$ , com relação aos carregamentos que saem dessa região. Se  $U_i^* > 0$ , então  $\sum_{j=1}^n x_{ij}^* = S_i$ , isto é, se o preço de oferta é positivo, então a oferta regional em  $i$  é igual aos carregamentos que saem dessa região.

Uma condição total ainda pode ser fornecida pela condição (9.a), tomando-se a soma em relação a  $i$  e  $j$  de



$(\frac{df^*}{dx_{ij}^*})x_{ij}^*$ , levando-se em consideração (9.b) e (9.c):

$$\sum_i \sum_j (\frac{df^*}{dx_{ij}^*}) x_{ij}^* = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij}^* - \sum_{j=1}^n V_j^* \sum_{i=1}^m x_{ij}^* + \sum_{i=1}^m U_i^* \sum_{j=1}^n x_{ij}^* = 0$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij}^* = \sum_{j=1}^n V_j^* \sum_{i=1}^m x_{ij}^* - \sum_{i=1}^m U_i^* \sum_{j=1}^n x_{ij}^* \quad (10)$$

Essa condição (10) estabelece que a diferença entre o valor total do produto nas  $j$  regiões de demanda e o valor total nas  $i$  regiões de oferta, deve ser igual ao custo total de transporte. Desta forma, não haverá excessos de produto, que justifiquem o rearranjo dos fluxos existentes. As firmas que ofertam o produto estão recebendo o máximo retorno, e a mercadoria chega aos consumidores ao mínimo custo possível.

Os valores  $V_j$  e  $U_i$  estão associados ao dual do problema de minimização exposto no modelo matemático.

### 3.2.5. Dual do Problema

O problema estudado até agora e apresentado basicamente pelas equações (1), (2), (4) e (6) encontra-se na forma primal. Sua forma dual é dada por:

$$\text{Maximizar: } L = \sum_{j=1}^n D_j V_j - \sum_{i=1}^m S_i U_i \quad (11)$$

$$\text{Sujeito a: } V_j - U_i \leq t_{ij}, \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, m \\ j = 1, 2, \dots, n \end{matrix} \quad (12)$$

$$V_j, U_i \geq 0, \quad \text{para qualquer } i \text{ e } j \quad (13)$$

onde  $L$  = valor total adicionado ao produto pela transferência da origem  $\underline{i}$  ao destino  $\underline{j}$ ;  
 $V_{\underline{j}}$  = valor do produto no destino  $\underline{j}$ ;  
 $U_{\underline{i}}$  = valor do produto na origem  $\underline{i}$ .

O problema de minimizar o custo total de transporte passa a se constituir um problema de maximização do retorno devido à transferência. A solução ótima encontrará valores  $V_{\underline{j}}$  e  $U_{\underline{i}}$  que resultem na maior diferença possível entre o preço do produto total na região de demanda e o preço do produto total na região de oferta, sujeita às restrições de que a diferença entre os preços unitários deve ser menor ou igual ao custo unitário de transporte entre as regiões, e que não existam preços negativos. A maximização entre a diferença do valor do produto no destino e o valor na origem, corresponde à maximização do preço local, discutido no início deste capítulo.

Os valores  $V_{\underline{j}}$  e  $U_{\underline{i}}$  fornecidos pela solução ótima são empregados para estimar os preços diferenciais entre as regiões de demanda e de oferta. Eles representam valores implícitos para o produto, válidos apenas para o estudo em questão, e que podem ou não coincidir com o preço de mercado. "Os valores de  $U_{\underline{i}}$  medem as vantagens comparativas das regiões de oferta, e os valores de  $V_{\underline{j}}$  fornecem os preços diferenciais que correspondem à mais econômica alocação da oferta sob o ponto de vista do custo agregado mínimo de transporte" <sup>14/</sup>. A última coluna da Tabela 2 traz os valores duais de  $U_{\underline{i}}$  e  $V_{\underline{j}}$ .

A restrição (12) apresentada neste item exige, da mesma forma que a restrição (9.a), a existência de competição perfeita nos mercados. Como na solução ótima aparecem os fluxos nos quais o valor adicionado ao produto é igual ao custo de transferência, pode-se concluir que a solução ótima do dual tem o mesmo valor que a solução ótima do primal.

---

<sup>14/</sup> JUDGE e WALLACE, 1958.

### 3.3. Informação Básica

Para a aplicação do modelo de transporte ao problema da distribuição de um produto, três tipos de dados são necessários: oferta do produto nas origens, sua demanda nos centros de consumo e custo de transporte entre as origens e os destinos.

#### 3.3.1. População e Área de Estudo

Do lado da oferta, esta pesquisa abrange 79 usinas do Estado de São Paulo, filiadas à Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e de Alcool do Estado de São Paulo as quais correspondem a 95,7% das usinas em funcionamento no Estado durante a safra 73/74, sendo responsáveis pela produção de 56.026,7 mil sacos de açúcar. Essas usinas estão concentradas nas regiões de Piracicaba e Ribeirão Preto, como mostra a Figura 7. <sup>15/</sup>

A área de demanda interna abrange alguns Estados da região Centro-Sul do Brasil, onde se localizam as empacotadoras da Copersucar, que eram, nas safras em questão, em número de 8: 6 em São Paulo, 1 em Goiás e 1 no Paraná, conforme mostra a Figura 8.

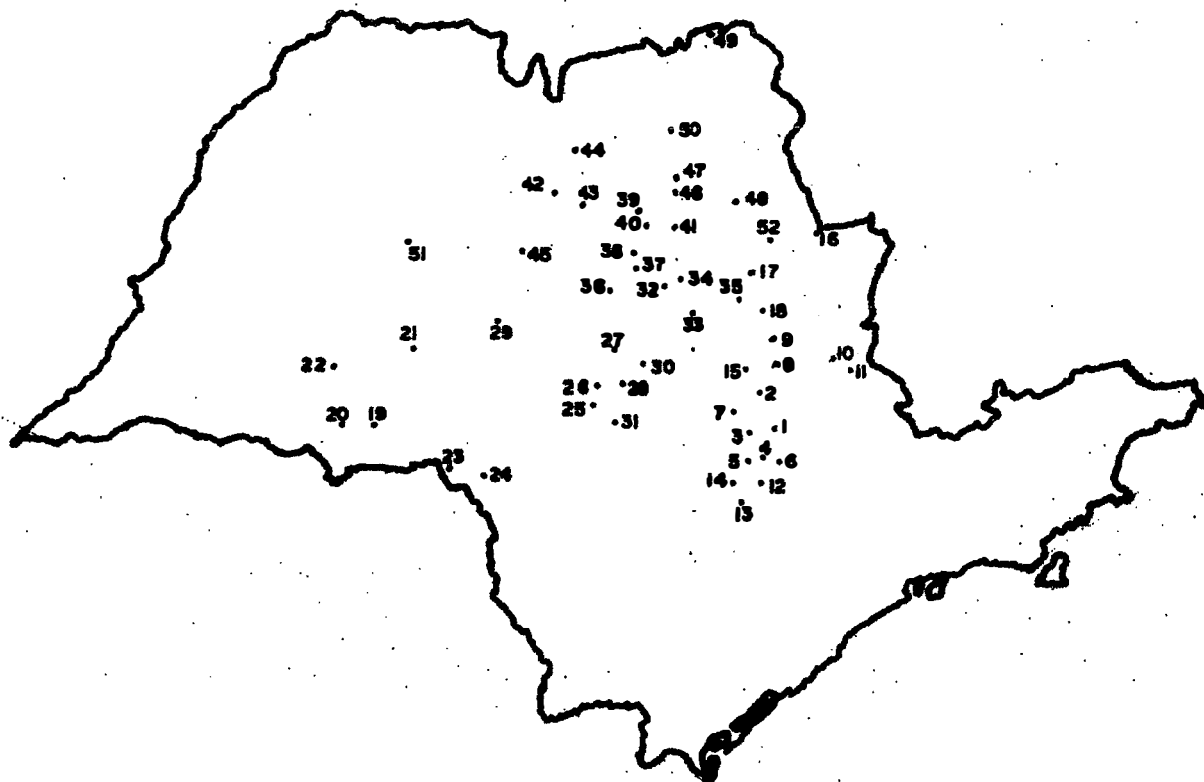
#### 3.3.2. Tipo de Açúcar

Esta pesquisa leva em consideração o açúcar superior, que é o tipo manipulado pelas empacotadoras.

Segundo norma estabelecida pelo IAA, esse tipo deve apresentar as especificações técnicas indicadas na Tabela 3.

---

<sup>15/</sup> Localizou-se as usinas com base em "Endereços das Usinas Produtoras de Açúcar e de Alcool do Estado de São Paulo", Brasil. Instituto do Açúcar e do Alcool, 1972.

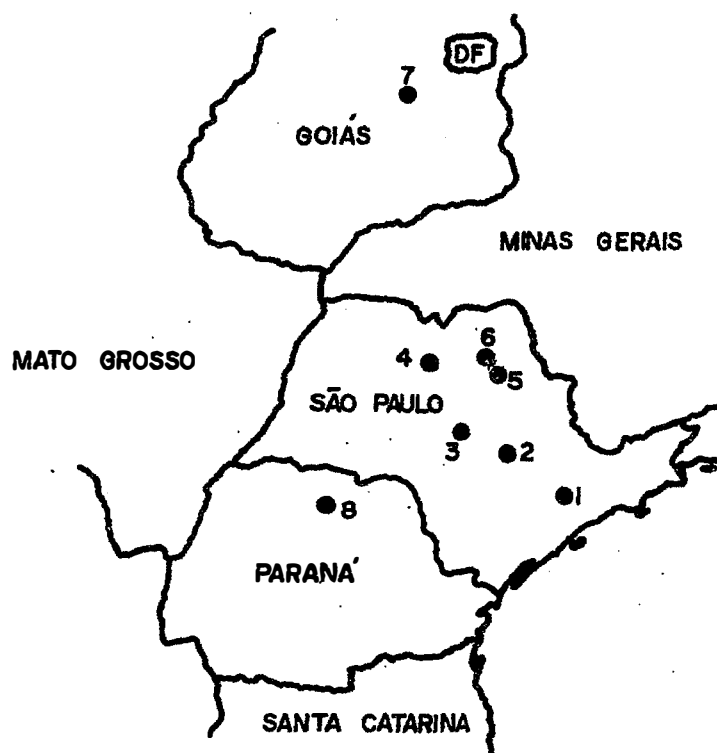


**LEGENDA**

- |                                     |                              |                                  |
|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1. Sta. Bárbara D'Oeste (1,7,8,18)* | 19. Assis (33)               | 35. Descalvado (48)              |
| 2. Iracemópolis (2,9)               | 20. Maracá (32)              | 36. Nova Europa (49)             |
| 3. Rio das Pedras (3,26,27)         | 21. Oriente (34)             | 37. Matão (52)                   |
| 4. Capivari (4,19)                  | 22. Quatá (35)               | 38. Dobrada (57)                 |
| 5. Raffard (16)                     | 23. Ourinhos (37)            | 39. Jaboticabal (56,58)          |
| 6. Elias Fausto (24)                | 24. Ipaucú (36)              | 40. Guariba (55)                 |
| 7. Piracicaba (5,10,11,14,20, 23)   | 25. Lençóis Paulista (38)    | 41. Pradópolis (59)              |
| 8. Araras (13,21,25)                | 26. Macatuba (45)            | 42. Catanduva (62,63)            |
| 9. Leme (6)                         | 27. Jaú (41,42)              | 43. Ariranha (60)                |
| 10. Mogi Guaçu (28)                 | 28. Barra Bonita (39,40)     | 44. Severínia (61)               |
| 11. Itapira (12)                    | 29. Pirajuf (43)             | 45. Novo Horizonte (64)          |
| 12. Porto Feliz (15)                | 30. Dois Córregos (44)       | 46. Sertãozinho (65,71,72,73,74) |
| 13. Boituva (22)                    | 31. São Manoel (46)          | 47. Pontal (66,67,70)            |
| 14. Cerquilha (79)                  | 32. Araraquara (50,53,54)    | 48. Serrana (68,69)              |
| 15. Rio Claro (17)                  | 33. Ibaté (47)               | 49. Igarepava (75)               |
| 16. Mococa (29)                     | 34. Américo Brasiliense (51) | 50. Morro agudo (76)             |
| 17. Sta. Rita do P. Quatro (31)     |                              | 51. Penápolis (77)               |
| 18. Pirassununga (30)               |                              | 52. Sta. Rosa do Viterbo (78)    |

(\*) Entre parênteses estão os números das usinas.

Fig. 7. Localização das Usinas Paulistas Pertencentes à Copersucar - Safra 1973/74.



LEGENDA

- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| 1 - São Paulo  | 5 - Ribeirão Preto |
| 2 - Piracicaba | 6 - Sertãozinho    |
| 3 - Jau        | 7 - Anápolis       |
| 4 - Catanduva  | 8 - Cambé          |

Fig.8-Localização das Empacotadoras da Copersucar

Tabela 3 - Especificações Técnicas do Açúcar  
Cristal Superior

Característica	Unidade	Nível
Umidade	%	< 0,10
Polarização	°S a 20°C	> 99,5
Cor	560 mμ - ICUMSA	< 120
Cinzas	%	< 0,10

Fonte: IAA, 1973.

### 3.3.3. Quantidades Ofertadas

As quantidades ofertadas pelas usinas em 1973/74 foram dadas pela posição final de produção divulgada pelo IAA, sendo especificados os tipos de açúcar conforme informações da Copersucar. Na safra 1974/75, as quantidades ofertadas são as que constam das programações das usinas. Estas quantidades são adotadas na pressuposição de que o plano estabelecido será plenamente cumprido, não ocorrendo nessa safra qualquer fator que altere esse plano <sup>16/</sup>.

### 3.3.4. Quantidades Demandadas

As quantidades demandadas na safra 73/74 são dadas. A demanda das empacotadoras corresponde à quantidade efetivamente empacotada durante a safra, multiplicada por 1,005 na pressuposição de que há uma perda de 0,5% no processo de empacotamento.

Para a programação da safra 74/75, adotou-se a pressuposição de que a quantidade demandada em cada empacotado-

16/ O Apêndice 1 apresenta as quantidades de açúcar superior ofertadas pelas usinas cooperadas nas safras 73/74 e 74/75.

ra seria aquela correspondente à sua capacidade de empacotamento 17/.

### 3.3.5. Transporte

Além da oferta e da demanda nas origens e destinos, os fretes pagos para o transporte da mercadoria entre eles, constituem-se em outro tipo de dado necessário para aplicação do modelo de transporte. Neste trabalho são levadas em consideração as modalidades rodoviária e ferroviária.

#### 3.3.5.1. Transporte Rodoviário

O açúcar é distribuído no mercado interno, em sua maioria, pelo meio rodoviário, através de transportadores autônomos e companhias transportadoras. O transporte de açúcar das usinas cooperadas às empacotadoras da Copersucar é de responsabilidade da Copersucar, sendo que esta cobre o gasto envolvido. São contratados transportadores autônomos, sendo os fretes pagos com base nos custos calculados pela Cooperativa e nas cotações efetuadas entre os transportadores. Os demais compradores, constituídos pelas refinarias, indústrias, unidades varejistas e atacadistas, devem contratar transportadores e pagar os custos de transporte das usinas até sua localização.

#### Usinas-Empacotadoras, Safra 73/74

Para o transporte do açúcar das usinas cooperadas às empacotadoras da Copersucar, na safra 73/74, os fretes considerados no modelo foram os efetivamente pagos pela Cooperativa aos transportadores, dado pela média ponderada dos fre-

---

17/ Os dados de demanda por empacotadora, nas safras 73/74 e 74/75 são mostrados no Apêndice 2.

tes que vigoraram durante a safra 18/. Nas rotas para as quais a Copersucar não dispunha de dados, os fretes foram calculados através de projeção de uma equação ajustada aos dados disponíveis.

Os modelos ajustados foram o linear e o log-log, sendo obtidos os seguintes resultados:

$$\text{Linear: } \hat{y} = 0,2244 + 0,0063 x \quad (R^2 = 0,9121) \quad (13) \\ (40,2342)$$

$$\text{Log-log: } \hat{y} = -2,8189 + 0,5939 \log x \quad (R^2 = 0,8977) \quad (14) \\ (37,0097)$$

onde  $\hat{y}$  é o frete estimado, dado em Cr\$/saco de 60 kg,  $x$  é a distância, dada em km, e os valores de "t" são apresentados entre parênteses abaixo do coeficiente de regressão.

Os dois modelos apresentaram bom ajustamento. Quando se considera que, a partir deles são estimadas distâncias geralmente maiores que as observadas, deve-se optar pelo modelo log-log, pois, conforme aumenta a distância, pode-se usar caminhões com maiores capacidades, o que resulta numa curva de custo de transporte crescente a taxas decrescentes, já discutido no ítem 3.1.2, "Custo de Transferência". Assim, o modelo log-log foi aplicado para se estimar os fretes de açúcar das usinas cooperadas na safra 73/74 às empacotadoras, nos casos em que não se dispunha de dados 19/.

#### Usinas-Empacotadoras, Safra 74/75

Para o transporte de açúcar para as empacotadoras pertencentes à Cooperativa na safra 74/75 adotou-se o esti

---

18/ Ocorreram 2 modificações de frete durante a safra 73/74, sendo uma em 1/1/74 e outra em 15/3/74.

19/ Os fretes entre usinas e empacotadoras na safra 73/74 são mostrados no Apêndice 3.



mado pela Copersucar no início da safra, pressupondo-se que não haverá alterações relativas nos fretes pagos nas várias rotas, rodoviário e ferroviário.

Como para a safra anterior, ajustaram-se equações de regressão aos dados de frete e distância, com o objetivo de estimar os fretes para as rotas não adotadas pela Copersucar. Os modelos linear e log-log ajustados são apresentados a seguir:

$$\text{Linear: } \hat{y} = 0,5888 + 0,0075 x \quad (R^2 = 0,9331) \quad (15) \\ (41,0698)$$

$$\text{Log-log: } \hat{y} = -2,9138 + 0,6956 \log x \quad (R^2 = 0,9605) \quad (16) \\ (54,2491)$$

onde  $\hat{y}$  é o frete estimado, dado em Cr\$/saco de 60 kg,  $x$  é a distância dada em km, e os valores de "t" são apresentados entre parênteses abaixo do coeficiente de regressão.

Adotou-se, pelas razões anteriormente apresentadas, o modelo log-log, sendo, a partir dele, estimados os fretes de transporte de açúcar das usinas cooperadas para as empacotadoras <sup>20/</sup> nos casos em que não se dispunha de dados.

### 3.3.5.2. Transporte Ferroviário

O custo do transporte ferroviário foi obtido através de tabelas da Ferrovias Paulistas S.A. (FEPASA) e da Rede Ferroviária Federal S.A.. O cálculo do custo do transporte ferroviário é bastante demorado e complexo, uma vez que se tem que levar em consideração os seguintes itens: escolha da estação de embarque, escolha das rotas, cálculo do frete rodoviário auxiliar, cálculo das tarifas ferroviárias, frete de entrega.

<sup>20/</sup> Consultar o Apêndice 3.

### Escolha da Estação de Embarque

Segundo tabelas do Transporte Rodoviário Auxiliar, e informações colhidas na FEPASA, as usinas costumam embarcar açúcar em mais de uma estação. Admitiu-se como simplificação, que cada usina envia seu açúcar por apenas uma estação ferroviária, escolhida neste estudo segundo os critérios de proximidade entre usina e estação, boas condições de trânsito rodoviário entre elas, não ocorrência de mudança de bitola durante a rota e minimização do frete entre origem e destino.

### Escolha das Rotas

Definidas as estações de embarque, as rotas foram estabelecidas de forma a se obter sempre o mínimo custo possível, evitando-se também mudança de bitola no percurso.

### Frete Rodoviário Auxiliar (usina-estação de embarque)

Através desse serviço, a mercadoria é levada da usina produtiva até a estação ferroviária.

A FEPASA era responsável pelo transporte rodoviário auxiliar, dispondo, na safra 73/74, de tabela para esse frete. Entretanto, com os constantes reajustes nessas taxas devido aos acréscimos de preço dos derivados do petróleo, esse serviço passou a ser de responsabilidade do vendedor ou do comprador. O transporte rodoviário auxiliar em 1973/74 foi determinado pela média ponderada dos fretes que vigoraram durante a safra. Para 1974/75 foi adotado o frete do início da safra, pressupondo-se que não irão ocorrer modificações nas proporções entre ele e o frete ferroviário.

## Tarifa Ferroviária

Considerou-se como tarifa ferroviária o preço do transporte entre as estações ferroviárias de embarque e desembarque.

A tarifa ferroviária média para a safra 73/74 (dada pela média ponderada das tarifas que vigoraram durante a safra) foi calculada a partir de tabelas ordinárias de frete da FEPASA e da Rede Ferroviária Federal. A primeira incidiu sobre a distância na qual o produto percorre a rede ferroviária estadual; a segunda incidiu sobre a distância na qual o produto percorre a rede federal.

Na safra 74/75 os fretes usados foram os do início da safra.

Deve-se salientar que os fretes da FEPASA adotados no estudo são os chamados fretes ordinários da rede ferroviária. Existem tarifas especiais que visam incentivar durante certo período o transporte de determinado produto em certas regiões, e também os acordos entre a FEPASA e a entidade que contrata o transporte. Em ambos os casos as tarifas são, geralmente, menores que as ordinárias. Para o estudo, a utilização desses fretes especiais se torna impossível, visto sua dependência da ocasião e da política vigente. Assim, pressupôs-se que sobre o transporte de açúcar cristal superior incidem os fretes ordinários da FEPASA e da Rede Federal.

## Frete de Entrega

O frete de entrega cobre a distância entre a estação ferroviária de destino e o destinatário final do produto.

As tabelas da FEPASA apresentam os fretes de entrega em algumas cidades do Brasil e para um período curto da safra 73/74.

Para os destinos que constam dessas publicações o frete médio foi estabelecido aplicando-se aos fretes as variações percentuais ocorridas nos fretes do transporte rodoviário auxiliar durante a safra 73/74, calculando-se, em seguida, sua média ponderada.

Para os destinos não existentes nas tabelas adotou-se como frete de entrega a média dos fretes de 76 cidades brasileiras enumeradas nas tabelas, aplicando-se à ela as variações percentuais ocorridas nos fretes do transporte auxiliar durante a safra 73/74. Calculou-se a seguir a média ponderada dos fretes.

Os fretes ferroviários da safra 74/75 foi o que vigorava no início da safra.

Observe-se aqui, que alguns destinatários possuem terminais ferroviários. Na impossibilidade de se considerar, neste estudo, cada caso em particular, pressupôs-se que o transporte da estação ferroviária ao destinatário final é feita sempre por transporte rodoviário.

#### Cálculo do Frete Ferroviário Total

Esse frete é composto pela soma dos três anteriores, ou seja, do frete rodoviário auxiliar, da tarifa ferroviária e do frete de entrega do produto <sup>21/</sup>. Para as rotas entre usinas e empacotadoras bastante próximas (distâncias menores que 50 km), adotou-se frete ferroviário igual a Cr\$99,99 (saco 60 kg), no intuito de torná-las proibitivas. Isto se deve ao fato de não ser considerado economicamente viável para pequenas distâncias o transporte ferroviário e suas articulações com o transporte rodoviário auxiliar.

---

<sup>21/</sup> O Apêndice 4 apresenta os fretes ferroviários utilizados nessa pesquisa. As tabelas utilizadas em seu cálculo encontram-se citadas no mesmo Apêndice.

## 2.4. Especificação do Modelo

Neste trabalho, o modelo utilizado é uma aplicação direta do modelo de transporte tradicional. Por ele foram estabelecidos programas para distribuição do açúcar cristal superior das usinas às empacotadoras pertencentes à Copersucar nas safras 73/74 e 74/75, em atendimento aos objetivos 1 e 3 respectivamente, sendo o transporte rodoviário e o ferroviário as modalidades alternativas de transferência do açúcar.

A formulação matemática do modelo é a mesma da apresentada no capítulo da Teoria Básica, com a diferença única, de que são consideradas duas modalidades de transporte.

### 2.4.1. Apresentação Matemática

O problema apresenta-se como: minimizar o custo total de transporte

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{f=1}^s t_{ij}^f x_{ij}^f, \quad (17)$$

onde  $t_{ij}^f$  = custo de transporte de uma unidade do produto de origem  $\underline{i}$  para o destino  $\underline{j}$  pelo meio de transporte  $\underline{f}$ ;  
 $x_{ij}^f$  = quantidade do produto transportado pelo meio  $\underline{f}$  da origem  $\underline{i}$  ao destino  $\underline{j}$ .

Sujeito a

$$\sum_{f=1}^s \sum_{j=1}^n x_{ij}^f \leq S_i \quad (i=1, \dots, m) \quad (18)$$

ou seja, a quantidade de açúcar fornecida pela origem  $\underline{i}$  ao destino  $\underline{j}$ , através do meio de transporte  $\underline{f}$ , deve ser menor ou igual à oferta de açúcar na origem  $\underline{i}$ ;

$$\sum_{f=1}^s \sum_{i=1}^m x_{ij}^f \geq D_j \quad (j=1, \dots, n) \quad (19)$$

ou seja, a quantidade total de açúcar ofertada através dos meios de transporte, deve ser igual ou maior que a demanda existente em  $D_j$ ;

$$x_{ij}^f \geq 0 \quad (\text{para qualquer } i, j \text{ e } f) \quad (20)$$

isto é, não há fluxos negativos do produto.

#### 2.4.2. Aplicação do Modelo aos Dados

A oferta e a demanda neste modelo, são tomadas como dadas, isto é, perfeitamente inelásticas na safra em questão, e perfeitamente conhecidas.

Deve-se ressaltar que, no modelo de transporte, trabalha-se com oferta e demanda no ponto, isto é, não se computam os gastos de reunião e/ou distribuição dentro de uma região onde estão dispersas as unidades de produção e/ou demanda. No que se refere a este modelo, tal problema não existe uma vez que as usinas podem ser tomadas como pontos de oferta (Apêndice 1), assim como as empacotadoras são consideradas como pontos de demanda (Apêndice 2).

No caso dos fretes, o rodoviário é o efetivamente adotado pela Copersucar na safra 73/74 e no início da safra 74/75 (Apêndice 3), e o ferroviário é dado pelas tarifas oficiais durante a safra 73/74 e no início da safra 74/75 (Apêndice 4), não apresentando eles distorções que possam provocar alterações nos resultados.

Aplicando-se o modelo aos dados da safra 73/74, tem-se: (a)  $s = 2$ , isto é, as alternativas de transporte são duas, a rodoviária e a ferroviária; (b)  $m = 79$ , isto é, o número de origens são 79; (c)  $n = 8$ , isto é, são 8 o número de

empacotadora que recebem o açúcar superior. Assim sendo, a matriz de programação será formada por  $(79 + 8) = 87$  linhas e  $(2 \times 79 \times 8) = 1.264$  colunas.

O modelo aplicado aos dados da safra 74/75 resulta nos seguintes números para seus índices: (a)  $s = 2$ ; (b)  $m = 75$ ; (c)  $n = 8$ , sendo que a matriz de programação será composta por  $(75 + 8) = 83$  linhas e  $(2 \times 75 \times 8) = 1.200$  colunas.

## CAPÍTULO 4 - RESULTADOS

### 4.1. Introdução

Para a determinação dos programas de distribuição de açúcar superior das usinas para as empacotadoras processou-se os dados em computador modelo IBM 360. O programa utilizado foi o LPS, que pelo Método Simplex determina a solução ótima e apresenta, além desta, uma análise pós-ótima da solução.

O tempo de processamento foi de cerca de 49 minutos para a programação da safra 1973/74 e de 48 minutos para a safra 1974/75, sendo executadas durante o cálculo 225 e 198 interações respectivamente, até se obter a solução ótima.

Os resultados obtidos foram detalhados segundo os itens: Fluxos de Distribuição, Modalidade de Transporte, Custo de Transporte e Análise de Pós-Otimização. Esses itens são desenvolvidos neste Capítulo.

### 4.2. Fluxos de Distribuição

Objetivando estabelecer os fluxos de distribuição de açúcar das usinas paulistas filiadas à Copersucar às



empacotadoras desta entidade, utilizou-se a técnica de Programação Linear, que fornece no caso, os fluxos que acarretam o mínimo custo total de transporte. As Tabelas 4 e 5 apresentam esses fluxos ótimos para as safras 1973/74 e 1974/75, bem como o resíduo da produção que não é enviado às empacotadoras, e que se encontra, portanto, nas usinas, à disposição de outros compradores. As usinas foram numeradas de 1 a 79, sendo indicada, ao lado, a sua localização.

Na Safra 1973/74, as usinas cooperadas localizadas em Piracicaba (nºs 5 e 14), Porto Feliz, Raffard, Santa Bárbara D'Oeste (18), Maracai, Assis, Araraquara (50, 53), Matão, Ariranha e Santa Rosa do Viterbo não produziram o açúcar cristal superior, sendo, portanto, eliminadas da lista de possíveis fornecedores das empacotadoras. Na Safra 1974/75, houve modificação no quadro dos associados da Copersucar, sendo que as usinas localizadas em Maracai, Assis, Sertãozinho (71) e Morro Agudo, se desligaram da Cooperativa. Outras usinas, como as localizadas em Piracicaba (5, 14), Porto Feliz, Raffard e Matão, programaram a produção de açúcar cristal superior, enquanto que este tipo de açúcar não consta da programação das usinas de Barra Bonita (40), Jaú (42), Araraquara (50, 53), Américo Brasiliense, Pradópolis, Ariranha e Sertãozinho (73, 74).

Da observação das Tabelas 4 e 5, nota-se que, na maioria dos casos, as usinas deveriam mandar toda a sua produção de açúcar superior para as empacotadoras, ou alternativamente dispor desse açúcar a outros compradores; os fluxos propostos que envolvem os dois tipos de possibilidades foram em nº de 4 na safra 1973/74 e de 6 na safra 1974/75.

Para sua melhor visualização, os fluxos apresentados nos quadros foram colocados em mapas (Figuras 9 e 10). Como se nota nessas figuras, a maioria das empacotadoras deveriam ser abastecidas por usinas de localização bem próxima à sua, exceção feita às empacotadoras de Anápolis, Cambé e São Paulo.

Analisando-se os resultados, de forma a estabele

**abela 4 - Fluxos Ótimos de Distribuição do Açúcar Cristal Superior das Usinas Paulistas Filiadas à Copersucar às Empacotadoras dessa Cooperativa - Safra 1973/74**  
**Unidade: sacco de 60 kg**

Usina	EMPACOTADORA										Produção	Sobra
	Nº	Local	São Paulo	Piracicaba	Jaú	Catanduba	Rib. Preto	Sertãozinho	Cambá	Anápolis		
1	Stz. Bárbara D'Oeste	84.089	-	-	-	-	-	-	-	84.089	84.089	0
2	Itacemópolis	-	299.415	-	-	-	-	-	-	299.415	299.415	0
3	Rio das Pedras	-	344.086	-	-	-	-	-	-	344.086	344.086	0
4	Capivari	189.945	-	-	-	-	-	-	-	189.945	189.945	0
5	Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Leme	-	-	-	-	-	-	-	-	0	319.432	319.432
7	Stz. Bárbara D'Oeste	315.672	-	-	-	-	-	-	-	315.672	315.672	0
8	Stz. Bárbara D'Oeste	248.000	-	-	-	-	-	-	-	248.000	248.000	0
9	Itacemópolis	1.347.870	97.780	-	-	-	-	-	-	1.445.650	1.445.650	0
10	Piracicaba	-	171.955	-	-	-	-	-	-	171.955	171.955	0
11	Piracicaba	-	248.220	-	-	-	-	-	-	248.220	248.220	0
12	Itapira	5.591	-	-	-	-	-	-	-	5.591	5.591	0
13	Araras	-	-	-	-	-	-	-	-	0	263.234	263.234
14	Piracicaba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Porto Feliz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Rafard	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Rio Claro	124.529	-	-	-	-	-	-	-	124.529	124.529	0
18	Stz. Bárbara D'Oeste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Capivari	171.275	-	-	-	-	-	-	-	171.275	171.275	0
20	Piracicaba	-	338.080	-	-	-	-	-	-	338.080	338.080	0
21	Araras	-	-	-	-	-	-	-	-	0	125.684	125.684
22	Boituva	178.354	-	-	-	-	-	-	-	178.354	178.354	0
23	Piracicaba	-	137.006	-	-	-	-	-	-	137.006	137.006	0
24	Ellas Fausto	374.020	-	-	-	-	-	-	-	374.020	374.020	0
25	Araras	239.758	-	-	-	-	-	-	-	239.758	588.040	348.284
26	Rio das Pedras	-	82.740	-	-	-	-	-	-	82.740	82.740	0
27	Rio das Pedras	-	78.306	-	-	-	-	-	-	78.306	78.306	0
28	Mogi Guaçu	148.554	-	-	-	-	-	-	-	148.554	148.554	0
29	Mooca	-	-	-	-	-	-	-	-	0	21.268	21.268
30	Pirassununga	-	-	-	-	-	-	-	-	0	369.040	369.040
31	Stz. Rita de Passo Quatro	-	-	-	-	-	-	-	-	0	182.357	182.357
32	Maracá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	Assis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Oriente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	Quatá	-	-	-	-	-	-	164.024	-	164.024	164.024	0
36	Itapicuru	-	-	-	-	-	-	89.034	-	89.034	89.034	0
37	Ourinhos	-	-	-	-	-	-	40.134	-	40.134	40.134	0
38	Lençóis Paulista	-	-	-	-	-	-	604.869	-	604.869	604.869	0
39	Barra Bonita	-	-	34.350	-	-	-	555.200	-	555.200	555.200	0
40	Barra Bonita	-	-	59.155	-	-	-	-	-	34.350	34.350	0
41	Jaú	-	-	234.059	-	-	-	-	-	58.155	69.155	0
42	Jaú	-	-	11.660	-	-	-	-	-	234.059	234.059	0
43	Pirajuf	-	-	-	-	-	-	82.898	-	82.898	82.898	0
44	Dois Córregos	-	-	432.808	-	-	-	-	-	432.808	432.808	0
45	Mecatuba	-	-	786.455	-	-	-	-	-	786.455	786.455	0
46	São Manoel	-	-	298.556	-	-	-	-	-	298.556	298.556	0
47	Ibaté	-	-	14.665	-	-	-	-	-	14.665	820.814	808.148
48	Descalvado	-	-	-	-	-	-	35.859	-	35.859	35.859	0
49	Novo Europa	-	-	-	-	-	-	87.921	-	87.921	87.921	0
50	Araraquara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51	Américo Brasileiro	-	-	88.630	-	-	-	-	-	88.630	88.630	0
52	Matão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53	Araraquara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	Araraquara	-	-	-	-	-	-	218.770	-	218.770	218.770	0
55	Guariba	-	-	-	-	-	-	-	545.699	545.699	949.779	404.080
56	Jaboticabal	-	-	-	231.340	-	-	-	33.928	265.268	265.268	0
57	Dobrada	-	-	-	-	-	-	-	-	0	324.205	324.205
58	Jaboticabal	-	-	-	-	-	-	-	214.806	214.806	214.806	0
59	Pradópolis	-	-	-	-	-	-	-	-	0	877.350	877.350
60	Ariranha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61	Severina	-	-	-	226.125	-	-	-	-	226.125	226.125	0
62	Catanduba	-	-	-	316.132	-	-	-	-	316.132	316.132	0
63	Catanduba	-	-	-	172.001	-	-	-	-	172.001	172.001	0
64	Novo Horizonte	-	-	-	149.028	-	-	-	-	149.028	149.028	0
65	Sertãozinho	-	-	-	-	-	-	-	-	0	133.047	133.047
66	Pontal	-	-	-	-	-	-	-	-	0	204.548	204.548
67	Pontal	-	-	-	-	-	-	-	-	0	57.017	57.017
68	Serrana	-	-	-	-	703.713	-	-	-	703.713	703.713	0
69	Serrana	-	-	-	-	-	-	-	-	0	188.925	188.925
70	Pontal	-	-	-	-	-	-	-	-	0	134.072	134.072
71	Sertãozinho	-	-	-	113.666	-	417.235	-	-	530.901	530.950	49
72	Sertãozinho	-	-	-	454.030	-	-	-	-	454.030	454.030	0
73	Sertãozinho	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.350	1.350
74	Sertãozinho	-	-	-	-	-	191.831	-	-	191.831	191.831	0
75	Igarapava	-	-	-	-	-	-	-	6.925	6.925	6.925	0
76	Morro Agudo	-	-	-	-	-	-	-	-	0	288.322	288.322
77	Penápolis	-	-	-	-	-	-	23.862	-	23.862	256.063	232.201
78	Stz. Rosa do Viterbo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
79	Cerquilha	269.810	-	-	-	-	-	-	-	269.810	269.810	0
<b>TOTAL</b>		<b>3.705.475</b>	<b>1.775.598</b>	<b>1.960.338</b>	<b>1.094.828</b>	<b>1.271.409</b>	<b>609.066</b>	<b>1.901.571</b>	<b>801.358</b>	<b>13.119.441</b>	<b>18.398.055</b>	<b>5.278.614</b>

**Tabela 5 - Fluxos Ótimos de Distribuição do Açúcar Cristal Superior das Usinas Paulistas Filiadas à Copersucar às Empacotadoras dessa Cooperativa - Safra 1974/75**

Unidade: saco de 60 kg

Usina	EMPACOTADORA									Total	Produção	Sobra
	Nº Local	São Paulo	Piracicaba	Jaú	Catanduba	R.R. Preto	Sertãozinho	Camby	Andópolis			
1.Sta. Bárbara D'Oeste	83.710	-	-	-	-	-	-	-	-	83.710	83.710	0
2.Iracemópolis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	200.055	200.055
3.Rio das Pedras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	348.165	348.165
4.Capivár	260.140	-	-	-	-	-	-	-	-	260.140	260.140	0
5.Piracicaba	644.565	46.965	-	-	-	-	-	-	-	691.530	741.631	147.081
6.Leme	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	235.654	235.654
7.Sta. Bárbara D'Oeste	482.462	-	-	-	-	-	-	-	-	482.462	462.462	0
8.Sta. Bárbara D'Oeste	166.667	-	-	-	-	-	-	-	-	166.667	196.667	0
9.Iracemópolis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.021.706	1.021.706
10.Piracicaba	-	178.377	-	-	-	-	-	-	-	178.377	178.377	0
11.Piracicaba	-	415.268	-	-	-	-	-	-	-	415.268	415.268	0
12.Itapira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	425.084	425.084
13.Araras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	213.113	213.113
14.Piracicaba	-	406.147	-	-	-	-	-	-	-	406.147	406.147	0
15.Porto Feliz	541.678	-	-	-	-	-	-	-	-	541.678	541.678	0
16.Raffard	547.230	-	-	-	-	-	-	-	-	547.230	547.230	0
17.Rio Claro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	181.265	181.265
18.Sta. Bárbara D'Oeste	470.728	-	-	-	-	-	-	-	-	470.728	470.728	0
19.Capivár	282.117	-	-	-	-	-	-	-	-	282.117	282.117	0
20.Piracicaba	-	350.243	-	-	-	-	-	-	-	350.243	350.243	0
21.Araras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	251.932	251.932
22.Boituna	191.750	-	-	-	-	-	-	-	-	191.750	191.750	0
23.Piracicaba	131.131	-	-	-	-	-	-	-	-	131.131	131.131	0
24.Elias Fausto	268.601	-	-	-	-	-	-	-	-	268.601	268.601	0
25.Araras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.591.847	1.591.847
26.Rio das Pedras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	186.131	186.131
27.Rio das Pedras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	115.114	115.114
28.Mogi-Guaçu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	154.258	154.258
29.Mococa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	146.774	146.774
30.Pirassununga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	450.550	450.550
31.Sta. Rita do Pass Quatro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	214.423	214.423
34.Oriente	-	-	-	-	-	-	168.553	-	-	168.553	168.553	0
36.Quatá	-	-	-	-	-	-	183.014	-	-	183.014	183.014	0
38.Ipaçuá	-	-	-	-	-	-	88.147	-	-	88.147	88.147	0
37.Ourinhos	-	-	-	-	-	-	527.195	-	-	527.195	527.195	0
38.Lençóis Paulista	-	-	-	-	-	-	868.465	-	-	868.465	868.465	0
39.Berra Bonita	-	-	163.790	-	-	-	-	-	-	163.790	163.790	0
40.Berra Bonita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
41.Jaú	-	-	285.094	-	-	-	-	-	-	285.094	285.094	0
42.Jaú	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
43.Pirajuf	-	-	-	-	-	-	117.962	-	-	117.962	117.962	0
44.Dois Córregos	-	-	328.291	-	-	-	-	-	-	328.291	328.291	0
45.Macatuba	-	-	937.708	-	-	-	-	-	-	937.708	937.708	0
46.São Manoel	-	-	68.117	-	-	-	-	-	-	85.117	298.038	212.921
47.Ibaté	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	689.688	689.688
48.Desativado	-	-	-	-	-	-	165.385	-	-	165.385	165.385	0
49.Nova Europa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	196.219	196.219
50.Araraquara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
51.Americo Brasiliense	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
52.Matão	-	-	-	157.274	-	-	-	-	-	157.274	157.274	0
53.Araraquara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
54.Araraquara	-	-	-	-	-	-	87.269	-	-	87.269	283.368	196.077
55.Guaribe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	725.493	725.493
56.Jaboticabal	-	-	-	208.650	-	-	-	-	-	208.650	325.928	117.078
57.Dobrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	238.893	238.893
58.Jaboticabal	-	-	-	-	-	-	-	59.765	-	59.765	411.579	351.824
59.Pradópolis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
60.Ariranha	-	-	-	-	-	-	-	168.676	-	168.676	168.676	0
61.Severina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
62.Catanduba	-	-	-	208.087	-	-	-	-	-	208.087	209.087	0
63.Catanduba	-	-	-	235.639	-	-	-	-	-	235.639	235.639	0
64.Novo Horizonte	-	-	-	189.150	-	-	-	-	-	189.150	189.150	0
65.Sertãozinho	-	-	-	-	-	178.027	-	-	-	178.027	297.478	121.451
66.Portal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	367.221	367.221
67.Portal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	173.795	173.795
68.Serrana	-	-	-	-	698.924	-	-	-	-	698.924	698.924	0
69.Serrana	-	-	-	-	101.078	-	-	-	-	101.078	227.741	126.665
70.Portal	-	-	-	-	-	-	268.401	-	-	268.401	266.401	0
72.Sertãozinho	-	-	-	-	-	-	557.572	-	-	557.572	557.572	0
73.Sertãozinho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
74.Sertãozinho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
75.Igarapava	-	-	-	-	-	-	-	571.569	-	571.569	571.569	0
77.Penápolis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	232.962	232.962
78.Sta. Rosa do Vitorino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	517.538	517.538
79.Cerquilha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	207.119	207.119
<b>Total</b>	<b>4.000.000</b>	<b>1.400.000</b>	<b>1.800.000</b>	<b>1.000.000</b>	<b>800.000</b>	<b>1.000.000</b>	<b>2.200.000</b>	<b>800.000</b>	<b>13.000.000</b>	<b>23.369.112</b>	<b>23.369.112</b>	<b>10.368.112</b>

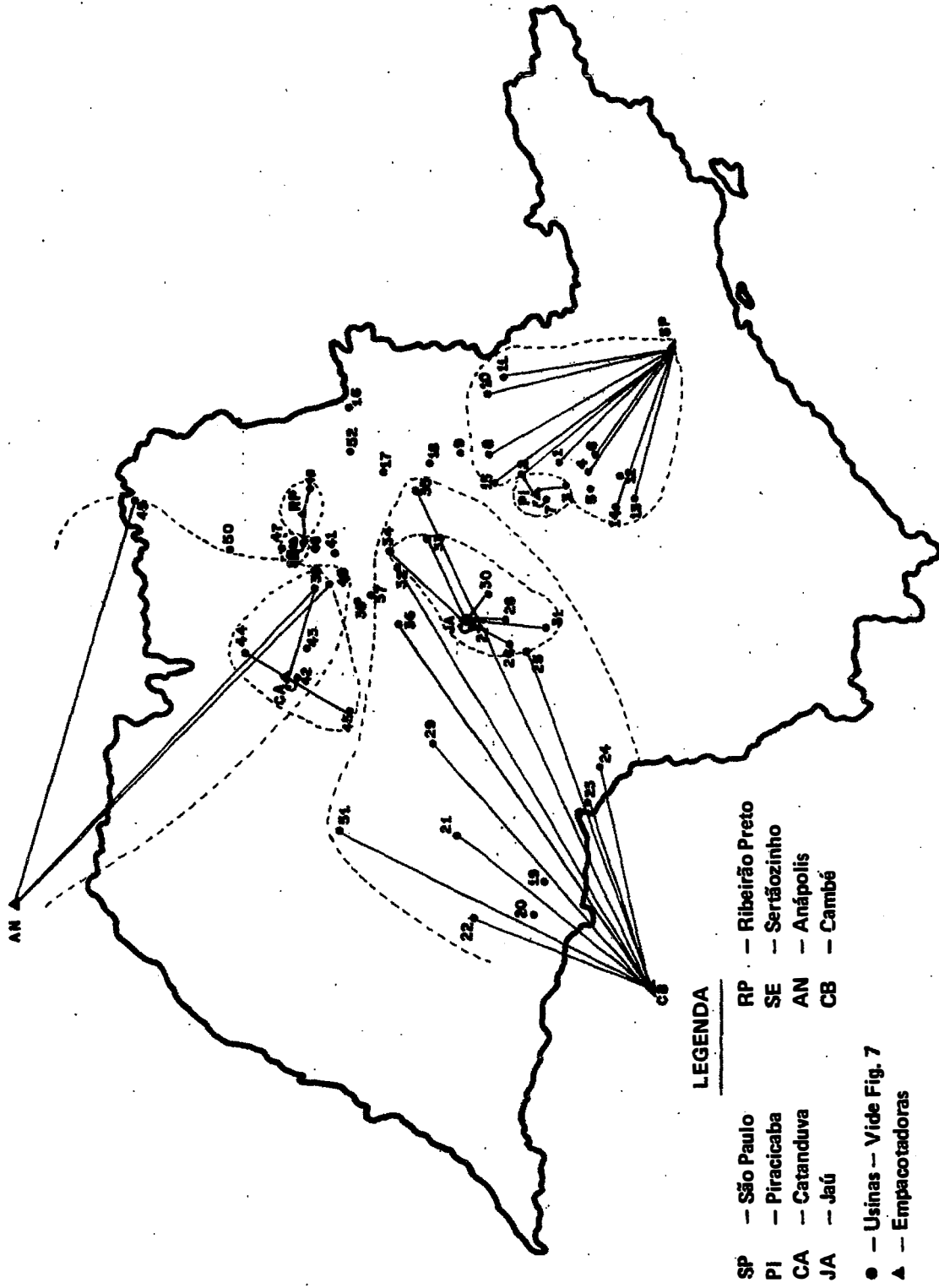


Fig. 9 — Fluxos Ótimos de Distribuição de Açúcar Cristal Superior Entre as Usinas e as Empacotadoras Pertencentes à Companhia Saffra 73/74.

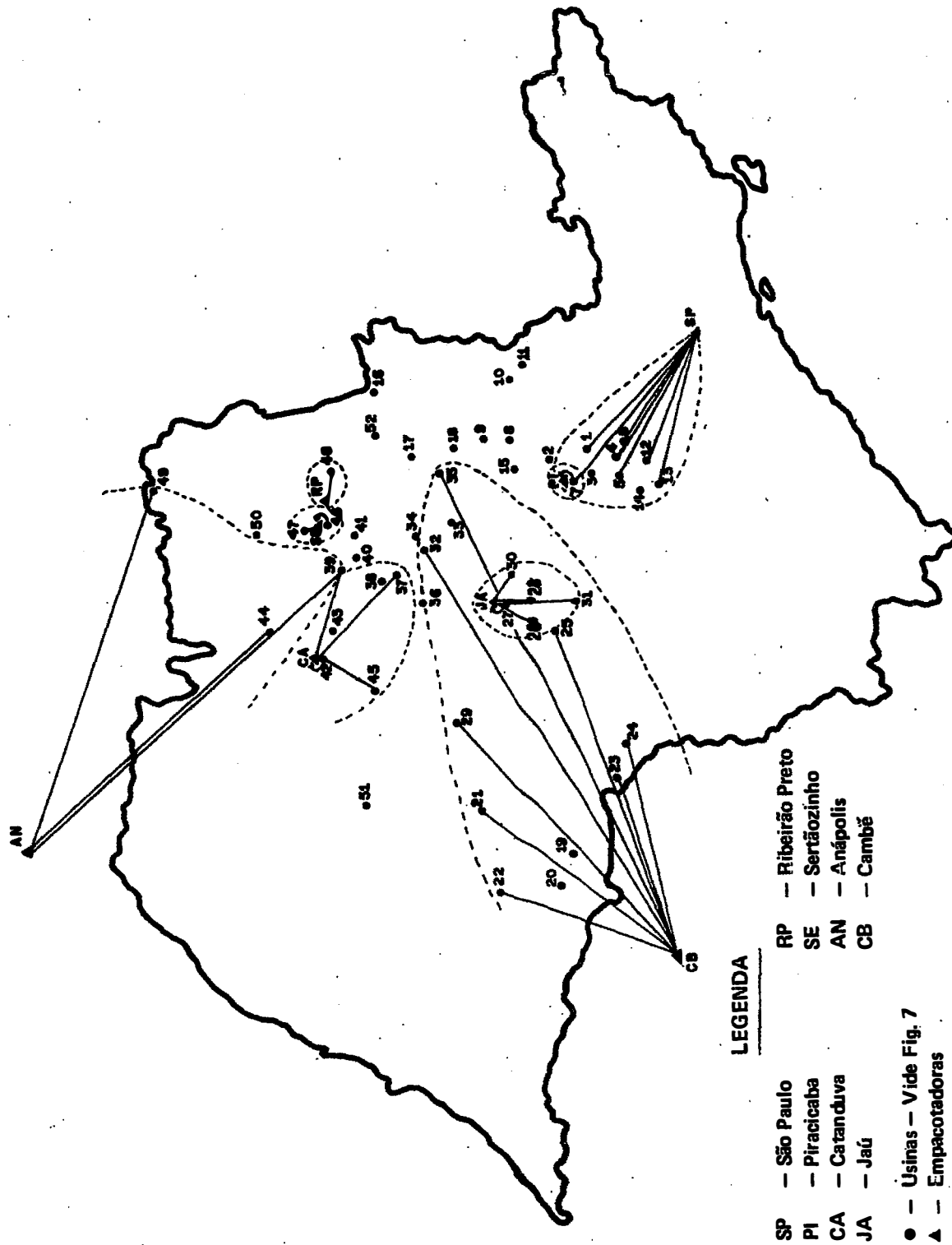


Fig. 10 — Fluxos Ótimos de Distribuição de Açúcar Cristal Superior Entre as Usinas e as Empacotadoras Pertencentes à Copercucar—Safrá 74/75.

cer as áreas de mercado correspondentes a cada empacotadora na safra 1973/74 (linhas pontilhadas da Figura 9), nota-se que as superfícies que possuem como centro as empacotadoras de Ribeirão Preto, Sertãozinho e Piracicaba tem unidades abastecedoras pouco dispersas, uma vez que se dispõe de açúcar suficiente na própria região dessas empacotadoras. As superfícies de Catanduva, Jaú e São Paulo, também se apresentam bem delimitadas, devendo-se salientar o fato de que a superfície correspondente à empacotadora de São Paulo prolonga-se em direção à de Piracicaba, apesar de não haver superposição de superfícies. A produção do município de Iracemápolis abastece, indiferentemente às empacotadoras de São Paulo e de Piracicaba, uma vez que se encontra no limite entre os dois mercados.

As superfícies de mercado que tem como centro de demanda as empacotadoras de Anápolis e de Cambé se superpõem às outras superfícies; a de Cambé, particularmente, apresenta grande dispersão das unidades, e envolve totalmente a região de Jaú. Isso possivelmente está se constituindo num componente importante no custo total de transporte.

Deve-se salientar que na região paranaense próxima à Cambé existem usinas cooperadas que poderiam abastecer a empacotadora, o que viria acarretar uma diminuição do custo total de transporte. Entretanto, a produção dessas usinas está bem aquém da demanda da empacotadora <sup>22/</sup>.

Outra alternativa para a diminuição dos custos de transporte, seria a de que as usinas cooperadas localizadas em Assis e Maracá, passassem a produzir açúcar do tipo superior.

O incremento da produção de açúcar superior na região próxima à empacotadora de Cambé se faz necessário para a diminuição do custo total de transporte. A Copersucar deveria atentar para o problema, uma vez que a empacotadora de Cambé vem se tornando bastante importante pela expansão que sua produção

---

<sup>22/</sup> Esta pesquisa não levou em consideração essas usinas, uma vez que estuda apenas a distribuição do produto das usinas do Estado de São Paulo.

tem experimentado nos últimos anos.

A superfície correspondente à empacotadora de Anápolis se estende até a localidades próximas a Ribeirão Preto superpondo-se, em parte, à superfície da empacotadora de Catanduva. Também neste caso, a compra de açúcar produzido no próprio Estado de Goiás e em regiões próximas à empacotadora viria determinar uma menor área de influência desta, e um decréscimo no custo de transporte.

Para a safra 1974/75, aparecem algumas modificações nas superfícies de influência das empacotadoras, em função de modificações nas programações de produção das usinas.

Apenas duas empacotadoras superpõem totalmente suas superfícies de influência em outras, ou seja, a de Cambé e a de São Paulo. Para as demais, essas áreas se tornaram um tanto menores (Figura 10).

A empacotadora de Piracicaba passa a ser abastecida de açúcar por usinas do próprio município, uma vez que usinas como as de nºs 5 e 14, localizadas em Piracicaba, incluíram em sua programação a produção de açúcar superior. Assim, para a safra 1974/75, as usinas de outros municípios não precisariam enviar açúcar para Piracicaba, como indicaram os fluxos ótimos da safra 1973/74.

Para a empacotadora de São Paulo, o número de origens decresceu, mostrando também uma diminuição de sua área de oferta. Para esta safra, os fluxos ótimos indicam uma concorrência entre as empacotadoras de Piracicaba e de São Paulo pelo açúcar das usinas localizadas em Piracicaba. Deve-se ressaltar que a oferta desse tipo de açúcar se apresenta mais do que suficiente para abastecer as empacotadoras, mesmo que estas processem a quantidade máxima de sua capacidade; portanto a concorrência existente entre essas empacotadoras deve se apresentar mais intensa quanto ao aspecto referente à época de abastecimento, o que pode ser contornado por um órgão centralizador de comercialização, como a Copersucar.

As áreas de influência das empacotadoras de Ribeirão Preto, Sertãozinho, Jaú e Catanduva apresentaram-se bem delimitadas. A área de mercado da empacotadora de Anápolis limita-se com a de Catanduva, sendo que as usinas localizadas em Jaboticabal situam-se no limite entre os dois mercados para a safra 1974/75.

A empacotadora de Cambé é a que apresenta maior superfície de influência, recebendo açúcar nas regiões de Araraquara, Jaú e do Sudoeste do Estado. Nota-se que, nesta safra, as usinas que deveriam enviar açúcar para Jaú não deveriam abastecer, simultaneamente, a empacotadora de Cambé, como ocorreu no programa ótimo para a safra 1973/74, indicando que não deveria haver influência da empacotadora de Cambé sobre o abastecimento de Jaú.

#### 4.3. Modalidade de Transporte

Em todas as rotas, o transporte rodoviário foi o meio utilizado na transferência de açúcar das usinas para as empacotadoras, tanto na safra 1973/74 como na 1974/75.

Essa solução já era esperada, uma vez que em todas as rotas o transporte rodoviário apresentava um valor menor que o ferroviário.

A alternativa ferroviária foi incluída para que se dispusesse, através da análise de pós-otimização, de informações acerca das modificações necessárias nos fretes, para que o transporte ferroviário fosse o utilizado nas rotas da solução ótima.

Os resultados indicaram que as diminuições necessárias para que o transporte ferroviário se tornasse competitivo ao rodoviário deveriam ser de cerca de 100% no mínimo.

Entretanto, com a crescente crise de combustíveis derivados do petróleo, e com a efetivação dos planos da re



de ferroviária paulista de estender terminais ferroviários a todas as usinas, a relação entre os fretes ferroviário e rodoviário deverá se modificar, merecendo um estudo mais detalhado que verifique a viabilidade econômica do transporte do açúcar superior das usinas às empacotadoras por meio ferroviário.

#### 4.4. Custo de Transporte

A solução ótima para a safra 1973/74 apresenta um custo total de transporte de Cr\$12.660.801,00 sendo que 13.119.441 sacos de açúcar deveriam ser transportados das usinas às empacotadoras. Comparando-se esta cifra com o custo médio de transporte efetivamente gasto nesta safra, que foi de Cr\$1,0568 por saco, tem-se como resultado uma economia de Cr\$1.203.971,10 (9,5%) o que vem demonstrar que os fluxos reais podem ser reprogramados no sentido de se reduzirem as despesas de transporte.

Para a safra 1974/75 estabeleceu-se um programa ótimo de distribuição que resultará num custo total de Cr\$19.369.190,45, na pressuposição de que o valor dos fretes não será alterado durante a safra.

Um tipo de análise que pode ser feita sobre o custo de transporte é aquela fornecida pela coluna intitulada "reduced cost" da saída do computador. Essa coluna apresenta significado econômico para todas as variáveis que, na solução ótima, apresentem-se em seu limite superior ou inferior, pois o "reduced cost" indica de quanto diminuiria o custo total por unidade de medida se a restrição limitante de cada variável fosse removida.

A Tabela 6 apresenta informações sobre o "reduced cost" referente à safra 1973/74. No caso das empacotadoras, se os limites fixados de processamento fossem aumentados ou diminuídos, haveria uma redução no custo total em todas elas. Deve-se salientar que para as empacotadoras de São Paulo, Cambé e

Tabela 6 - Redução no Custo Total por Saco Adicional Produzido ou Processado em Usinas e Empacotadoras Pertencentes à Copersucar - Safra 73/74.

Unidade Produtiva		Redução no custo total por saco de açúcar produzido ou processado (Cr\$/saco de 60 kg)	Unidade Produtiva		Redução no custo total por saco de açúcar produzido ou processado (Cr\$/saco de 60 kg)
<u>Usina</u>			<u>Usina</u>		
Nº	Localização		Nº	Localização	
1	Sta. Bárbara D'Oeste	- 0,249 *	46	São Manoel	- 0,294 *
2	Iracemápolis	- 0,094 *	47	Ibaté	0,000 ***
3	Rio das Pedras	- 0,094 *	48	Descalvado	- 0,226 *
4	Capivari	- 0,093 *	49	Nova Europa	- 0,013 *
6	Leme	0,000 **	51	Américo Brasiliense	- 0,063 *
7	Sta. Bárbara D'Oeste	- 0,249 *	54	Araraquara	- 0,109 *
8	Sta. Bárbara D'Oeste	- 0,249 *	55	Guariba	0,000 ***
9	Iracemápolis	- 0,044 *	56	Jaboticabal	- 0,051 *
10	Piracicaba	- 0,213 *	57	Dobrada	0,000 **
11	Piracicaba	- 0,292 *	58	Jaboticabal	- 0,051 *
12	Itapira	- 0,044 *	59	Pradópolis	- 0,080 **
13	Araras	0,000 **	61	Severina	- 0,165 *
17	Rio Claro	- 0,017 *	62	Catanduva	- 0,798 *
19	Capivari	- 0,093 *	63	Catanduva	- 0,736 *
20	Piracicaba	- 0,186 *	64	Novo Horizonte	- 0,165 *
21	Araras	0,000 **	65	Sertãozinho	0,000 **
22	Boituva	- 0,235 *	66	Pontal	0,000 **
23	Piracicaba	- 0,094 *	67	Pontal	0,000 **
24	Elias Fausto	- 0,139 *	68	Serrana	0,035 *
25	Araras	0,000 ***	69	Serrana	0,000 **
26	Rio das Pedras	- 0,016 *	70	Pontal	0,000 **
27	Rio das Pedras	- 0,016 *	71	Sertãozinho	0,000 ***
28	Mogi-Guaçu	- 0,066 *	72	Sertãozinho	- 0,121 *
29	Mococa	0,000 **	73	Sertãozinho	0,000 **
30	Pirassununga	0,000 **	74	Sertãozinho	- 0,056 *
31	Sta. Rita do P. Quatro	- 0,194 **	75	Igarapava	- 0,173 *
34	Oriente	- 0,511 *	76	Morro Agudo	0,000 **
35	Quatã	- 0,629 *	77	Penápolis	0,000 ***
36	Ipauçu	- 0,682 *	79	Cerquilha	- 0,162 *
37	Ourinhos	- 0,756 *	<u>Empacotadora</u>		
38	Lençóis Paulista	- 0,142 *		São Paulo	- 1,299
39	Barra Bonita	- 0,519 *		Piracicaba	- 0,447
40	Barra Bonita	- 0,519 *		Jaú	- 0,903
41	Jaú	- 0,550 *		Catanduva	- 0,970
42	Jaú	- 0,605 *		Ribeirão Preto	- 0,484
43	Pirajuí	- 0,320 *		Sertãozinho	- 0,261
44	Dois Córregos	- 0,419 *		Anápolis	- 2,820
45	Macatuba	- 0,370 *		Cambé	- 2,057

\* Indica que na solução ótima a quantidade encontra-se no limite superior.

\*\* Indica que na solução ótima a quantidade encontra-se no limite inferior.

\*\*\* Indica que na solução ótima a quantidade encontra-se no nível intermediário.

Anápolis, que se encontram fora da região produtora de açúcar, a remoção dos limites fixados para seu abastecimento, acarreta uma redução unitária no custo total, superior à que ocorre com as outras empacotadoras. Esse fato vem dar a indicação de que, sob o aspecto do custo de transporte usina-empacotadora, a localização dessas empacotadoras não é a mais adequada, se elas forem abastecidas apenas por usinas paulistas cooperadas. No caso da empacotadora de São Paulo, não há possibilidade de ser ela abastecida por usinas mais próximas que as existentes, fato este que não ocorre com a de Anápolis e a de Cambé.

A possível transferência de quantidades a serem processadas, destas, para outras empacotadoras, levaria a uma diminuição do custo total de transporte de açúcar superior entre usinas e empacotadoras.

Para as usinas nas quais toda a produção é mandada para as empacotadoras, haverá, em todos os casos, uma redução no custo total se uma unidade a mais pudesse sair dessa usina, ou seja, se ela produzisse mais açúcar superior do que efetivamente produziu. Para algumas usinas, a diminuição do custo total por unidade a ser acrescentada à produção, resulta em um decréscimo do custo total, sensivelmente mais alto que o de outras usinas. Essas usinas são as da região sudeste do Estado, que, pelo fluxo ótimo, abastecem a empacotadora de Cambé, as da região próxima à empacotadora de Catanduva, e as usinas próximas à empacotadora de Jaú. Se essas usinas aumentassem sua produção, com relação às demais, poderia haver uma diminuição no custo total.

Portanto, se o objetivo for o de buscar uma diminuição do custo de transporte do açúcar superior das usinas para as empacotadoras, atenção especial deve ser dada às empacotadoras citadas, no sentido de transferir parte da quantidade processada nessas unidades para outras empacotadoras, ou então de aumentar a produção de açúcar em regiões próximas a essas empacotadoras.

Quanto às usinas que apresentam um valor no "reduced cost" relativamente elevado em termos negativos, a atenção deveria ser voltada para aumentar sua capacidade de produção de açúcar cristal superior, uma vez que disso resultaria uma diminuição do custo total de transporte entre usinas e empacotadoras.

Para as usinas em que a solução ótima indica que não se mande nenhuma quantidade de seu açúcar para as empacotadoras, na maioria dos casos, um decréscimo na quantidade a ser mandada resultaria numa redução de custo de Cr\$0,00/unidade.

Para a programação proposta para a safra 1974/75, a solução ótima tem os valores do "reduced cost" apresentados no Quadro 7. As empacotadoras de São Paulo, Cambé e Anápolis foram as que apresentaram os valores negativos mais altos, como aconteceu para os resultados da safra 1973/74. A empacotadora de Catanduva também mostrou um aumento no seu "reduced cost" com relação à safra anterior.

Isto vem mostrar novamente que sob o aspecto da minimização do custo de transporte de açúcar superior da usina para as empacotadoras, essas três localizações de empacotadoras não são as mais adequadas, devendo haver uma redução no custo total com a transferência de parte de quantidades a serem empacotadas nelas, para outras empacotadoras do Estado. Entretanto, uma reprogramação na quantidade empacotada por empacotadora deveria levar em conta, também, o custo de transporte entre esta unidade e os centros de consumo.

Para as usinas localizadas em Oriente, Quatã, Ipauçu e Ourinhos que servem a empacotadora de Cambé, o aumento da quantidade de açúcar superior em sua programação, viria reduzir o custo total de transporte, em valores relativamente mais altos que as demais. Atenção especial deveria ser dada a essas usinas no sentido de se modificar sua programação visando o aumento da produção do tipo de açúcar cristal superior.

Tabela 7 - Redução no Custo Total por Saco Adicional Produzido ou Processado em Usinas e Empacotadoras Pertencentes à Copersucar - Safra 74/75.

Unidade Produtiva		Redução no custo total por sacco de açúcar produzido ou processado (Cr\$/saco de 60 kg)	Unidade Produtiva		Redução no custo total por sacco de açúcar produzido ou processado (Cr\$/saco de 60 kg)
<u>Usina</u>			<u>Usina</u>		
Nº	Localização		Nº	Localização	
1	Sta. Bárbara D'Oeste	- 0,292 *	41	Jaú	- 0,388 *
2	Iracemápolis	0,000 **	43	Pirajuf	- 0,404 *
3	Rio das Pedras	- 0,080 **	44	Dois Córregos	- 0,194 *
4	Capivari	- 0,016 *	45	Maçatuba	- 0,118 *
5	Piracicaba	0,000 ***	46	São Manoel	0,000 ***
6	Leme	0,000 **	47	Ibaté	0,000 **
7	Sta. Bárbara D'Oeste	- 0,292 *	48	Descalvado	- 0,225 *
8	Sta. Bárbara D'Oeste	- 0,292 *	49	Nova Europa	0,000 **
9	Iracemápolis	0,000 **	52	Matão	- 0,182 *
10	Piracicaba	- 0,087 *	54	Araraquara	0,000 ***
11	Piracicaba	- 0,190 *	55	Guariba	0,000 **
12	Itapira	0,000 **	56	Jaboticabal	0,000 ***
13	Araras	0,000 **	57	Dobrada	0,000 **
14	Piracicaba	- 0,269 *	58	Jaboticabal	0,000 ***
15	Porto Feliz	- 0,319 *	61	Severinia	- 0,230 *
16	Raffard	0,016 *	62	Catanduva	- 1,147 *
17	Rio Claro	0,000 **	63	Catanduva	- 1,066 *
18	Sta. Bárbara D'Oeste	- 0,292 *	64	Novo Horizonte	- 0,192 *
19	Capivari	- 0,016 *	65	Sertãozinho	0,000 ***
20	Piracicaba	- 0,051 *	66	Pontal	0,00
21	Araras	0,000 **	67	Pontal	0,
22	Boituva	- 0,267 *	68	Serrana	- 0,128 *
23	Piracicaba	0,000 *	69	Serrana	0,000 ***
24	Elias Fausto	- 0,098 *	70	Pontal	- 0,058 *
25	Araras	0,000 **	72	Sertãozinho	- 0,357 *
26	Rio das Pedras	0,000 **	75	Igarapava	- 0,251 *
27	Rio das Pedras	0,000 **	77	Penápolis	0,000 **
28	Mogi-Guaçu	0,000 **	78	Sta. Rosa do Viterbo	- 0,397 **
29	Mococa	- 0,756 **	79	Cerquilha	0,000 **
30	Pirassununga	0,000 **	<u>Empacotadora</u>		
31	Sta. Rosa do Viterbo	0,000 **		São Paulo	- 1,852
34	Oriente	- 0,763 *		Piracicaba	- 0,356
35	Quatá	- 0,981 *		Jaú	- 0,824
36	Ipauçu	- 1,078 *		Catanduva	- 1,335
37	Ourinhos	- 1,208 *		Ribeirão Preto	- 0,706
38	Lençóis Paulista	- 0,064 *		Sertãozinho	- 0,523
39	Barra Bonita	- 0,344 *		Anápolis	- 4,858
				Cambé	- 3,218

\* Indica que a solução está no limite superior.

\*\* Indica que a solução está no limite inferior.

\*\*\* Indica que a solução está no nível intermediário.

#### 4.5. Análise Pós-Ótima da Solução

##### 4.5.1. Safra 73/74

As Tabelas 8, 9, 10 e 11 apresentam os principais aspectos da análise de pós-otimização da programação estabelecida para a safra 1973/74.

A Tabela 8 mostra o aumento do custo total por unidade de açúcar transportada em rotas alternativas, dado em Cr\$/saco de 60 kg, e também os limites de quantidade para os quais os aumentos especificados são válidos.

Deve-se observar que nesse quadro aparecem, na coluna "aumento do custo total", valores positivos, nulos ou asterisco. Os valores positivos, como o que aparece para a rota de Iracemápolis (2) - São Paulo, indicam que a cada saco de açúcar que foi mandado de Iracemápolis para a empacotadora de São Paulo, o custo total de transporte aumentará em Cr\$0,05/saco, até uma quantidade total de 299.415 sacos. Valores nulos indicam que apesar da rota em questão não ter entrado na solução ótima, ela se constitui numa rota de uso indiferente, pois se substituir outra que consta da solução ótima não provocará qualquer aumento no custo total de transporte. Nessa categoria situam-se as rotas: Araras (13 e 21) - São Paulo, Sertãozinho (73) - Ribeirão Preto.

O asterisco marcado em algumas rotas, na coluna "aumento do custo total" está representando o fato de, pela rota em questão, já se estar transportando o limite máximo da produção de açúcar superior da usina envolvida, não sendo possível, portanto, qualquer acrêscimo na quantidade a ser transportada por ela.

As rotas que acarretam um pequeno aumento no custo total, caso forem usadas, estão marcadas com um sinal "+" na coluna "Aumento do Custo Total". Na impossibilidade de se atender o programa ótimo proposto, elas seriam as mais indica-

Tabela 8 Aumento no Custo Total por Saco de Açúcar Transportado por Meio Rodoviário em Rotas Alternativas e Respectivo Limite de Quantidade-Safra 1973/74

Table with columns: USINA (Localização, Nº), EMPACOTADORA (São Paulo, Piracicaba, Rib.Preto, Jaú, Catanduba, Serfidozinho, Andrépolis, Cambé) and rows for various sugar mills like Sta. Bárbara D'Oeste, Itacampolís, Rio das Pedras, Capivarí, Leme, etc.

. : Indica que a atividade se encontra no limite máximo permitido.

+ : Indica rotas alternativas que acarretam aumentos unitários menores que Cr\$0,20/saco de 60 kg no custo total de transporte.

A : Aumento no custo total (Cr\$/saco 60 kg).

B : Quantidade limite para a qual o aumento é válido (sacos 60 kg).

das para substituir qualquer uma das rotas da solução ótima, até os limites de quantidade correspondentes ao aumento unitário do custo total, quando não existem rotas de uso indiferente.

Uma outra observação que poderia ser feita a respeito desse quadro é a de que as rotas Iracemápolis (9) - Piracicaba e Iracemápolis (9) - São Paulo são substituídas entre si, pois todo o açúcar superior produzido pela usina 9 deveria ser enviado a esses dois destinos. Assim a cada unidade adicional que for transportada para São Paulo, deverá haver uma diminuição da quantidade enviada para Piracicaba. Para compensar, outras usinas que enviam açúcar para São Paulo e para Piracicaba deveriam, respectivamente, diminuir e aumentar suas remessas para essas localidades. O mesmo fato ocorre com as rotas de Jaboticabal (56) - Catanduva e Jaboticabal (56) - Anápolis.

Deve-se salientar, ainda, que para algumas rotas existentes na solução ótima, como Araras (25) - São Paulo, Ibaté - Jaú, Sertãozinho (71) - Ribeirão Preto, Penápolis - Cambé, Sertãozinho (71) - Sertãozinho e Guariba - Anápolis, há sobras de açúcar na usina, que se usadas em outras rotas acarretariam o custo indicado no quadro 7.

A Tabela 9 mostra a variação unitária no custo total se for deixado de transportar açúcar em cada uma das rotas dadas pela solução ótima.

Na coluna correspondente à variação unitária do custo total, aparecem valores positivos ou nulos. Os valores positivos indicam que se uma unidade do produto deixar de ser transportada pela rota em questão, haverá um aumento no custo total igual ao valor indicado na tabela. Esse aumento unitário será válido até que a quantidade transportada atinja o limite dado pela coluna ao lado. Assim, a cada saco de 60 kg que deixar de ser transportado pela rota Elias Fausto (24) - São Paulo, haverá um acréscimo de Cr\$0,139 no custo total, até que a quantidade transportada por essa rota baixe de



Tabela 9 - Variações Unitárias no Custo Total de Transporte da Programação Ótima Resultantes de Diminuições nas Quantidades Transportadas de Açúcar e Respectiveos Limites de Quantidade Safra 73/74.

R O T A	Varição Uni	Quantidade limite	R O T A	Varição Uni	Quantidade limite
	tária	na qual a variação		tária	na qual a variação
	do Custo	unitária do custo		do Custo	unitária do custo
	Total	total é válida		Total	total é válida
	(Cr\$/sc.60kg)	(sacos de 60 kg)		(Cr\$/sc.60kg)	(sacos de 60 kg)
Sta. Bárbara D'Oeste (1) - SP <sup>1/</sup>	0,249	0	Barra Bonita (40)	- JA 0,519	0
Sta. Bárbara D'Oeste (7) - SP	0,249	0	Dois Corregos (44)	- JA 0,419	0
Sta. Bárbara D'Oeste (8) - SP	0,249	0	Macatuba (45)	- JA 0,261	762.593
Boituva (22)	- SP 0,235	0	São Manoel (46)	- JA 0,205	274.694
Cerquilha (79)	- SP 0,162	0	Américo Brasiliense (51)	- JA 0,019	64.768
Elias Fausto (24)	- SP 0,139	27.736	Ibaté (47)	- JA 0,020	0
Capivari (4)	- SP 0,093	0	Catanduva (62)	- CA 0,763	282.204
Capivari (19)	- SP 0,093	0	Catanduva (63)	- CA 0,701	138.073
Mogi-Guaçu (28)	- SP 0,066	0	Severinia (61)	- CA 0,002	192.197
Iracenópolis (9)	- SP 0,010	1.210.864	Novo Horizonte (64)	- CA 0,165	115.100
Itapira (12)	- SP 0,044	0	Jaboticabal (56)	- CA 0,104	92.865
Rio Claro (17)	- SP 0,017	0	Sertãozinho (74)	- SE 0,039	78.165
Araras (25)	- SP 0,000	0	Sertãozinho (71)	- SE 0,015	36.795
Piracicaba (11)	- PI 0,208	*	Igarapava (75)	- AN 0,127	-397.155
Piracicaba (10)	- PI 0,129	*	Jaboticabal (56)	- AN 0,002	-192.197
Piracicaba (20)	- PI 0,147	*	Jaboticabal (58)	- AN 0,051	0
Iracenópolis (2)	- PI 0,050	*	Guariba (55)	- AN 0,018	545.699
Rio das Pedras (3)	- PI 0,094	0	Oturinhos (37)	- CB 0,754	372.668
Piracicaba (23)	- PI 0,010	*	Ipauçu (36)	- CB 0,682	0
Iracenópolis (9)	- PI 0,142	-26.749	Quatã (35)	- CB 0,629	0
Rio das Pedras (26)	- PI 0,016	0	Oriente (34)	- CB 0,511	0
Rio das Pedras (27)	- PI 0,016	0	Pirajuí (43)	- CB 0,320	0
Sertãozinho (72)	- RP 0,015	36.795	Descalvado (48)	- CB 0,226	0
Serrana (68)	- RP 0,035	703.664	Lençóis Paulista (38)	- CB 0,020	540.535
Sertãozinho (71)	- RP 0,000	112.316	Araraquara (54)	- CB 0,041	204.105
Jaú (42)	- JA 0,512	-12.206	Nova Europa (49)	- CB 0,013	0
Jaú (41)	- JA 0,457	210.197	Penápolis (77)	- CB 0,019	0
Barra Bonita (39)	- JA 0,519	0			

<sup>1/</sup> SP, PI, RP, JA, CA, AN e CB são empacotadoras de São Paulo, Piracicaba, Ribeirão Preto, Jaú, Catanduva, Anápolis e Cambé, respectivamente.

374.020 para 27.736 sacos. No caso da rota Santa Bárbara D'Oeste (1) - São Paulo, haverá um acréscimo de Cr\$0,249 por saco de 60 kg que deixe de ser transportado por essa rota, até que essa rota seja completamente posta de lado (coluna da quantidade igual a 0,0).

Valores nulos na coluna do preço indicam que não haverá decréscimo nem acréscimo no custo total por unidade a ser transportada nessa rota, até a quantidade limite indicada na coluna ao lado.

Deve-se ressaltar que não aparecem valores negativos na coluna "variação unitária do custo total", indicando que nenhuma rota poderia ser alterada de maneira a diminuir o custo total de transporte.

As Tabelas 10 e 11 mostram o comportamento das variáveis em questão, frente ao acréscimo e à diminuição dos fretes.

Na primeira e na segunda colunas da Tabela 10, aparecem o número e a localização das usinas cooperadas que produziram açúcar na safra 1973/74; as colunas seguintes são encabeçadas pelas empacotadoras, sendo que para cada uma delas aparecem o frete atual, limite mínimo do frete a partir do qual a quantidade dada pela solução ótima se modifica e a quantidade máxima permitida se o frete atual passar para o limite mínimo do frete. Para a rota Iracemápolis (2) - São Paulo, por exemplo, se o frete baixar de Cr\$1,255 para Cr\$1,205 por saco de 60 kg, a quantidade a ser transportada por essa rota deverá aumentar de 0 (zero) para 299.415 sacos de açúcar.

Comparando-se as colunas "Frete Atual" e "Limite Mínimo do Frete", ocorrem as seguintes situações na Tabela 10:

a) uma diminuição no frete eleva a quantidade transportada por essa rota. Como se pode observar, em muitos casos uma pequena diminuição no frete faz com que uma quantidade considerável de sacos passe para aquela rota. Os casos em que

Tabela 10 - Variações nas Quantidades Transportadas Frente a Diminuições nos Fretes Rodoviários - Safra 73/74.

USINA	Localização	EMPACOTADORA																							
		São Paulo			Piracicaba			Ribeirão Preto			Jatú			Catanduva			Sorotózino			Anápolis			Cambé		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
1.Sta. Bárbara D'Oeste	1,050	•	84 099 0,517	0,198	84 099	1,368	0,226	84 099	1,326	0,694	-14 665	1,769	0,721	84 099	1,463	0,012	84 099	3,402	2,671	84 099	2,440	1,808	23 862		
2.Irrecmópolis	1,265	1,205+	299 415 0,353	•	299 415	1,284	0,390	113 666	1,193	0,809	14 666	1,662	0,878	231 340	1,333	0,167	299 415	3,330	2,726	299 415	2,411	1,963	23 862		
3.Rio das Pedras	1,303	1,205+	344 086 0,353	•	344 086	1,436	0,390	113 666	1,264	0,809	14 666	1,666	0,878	231 340	1,500	0,167	344 086	3,357	2,726	344 086	2,392	1,863	23 862		
4.Capinzal	1,206	•	199 945 0,609	0,364	97 780	1,428	0,361	113 666	1,346	0,810	14 666	1,838	0,877	199 945	1,432	1,168	199 945	3,460	2,727	199 945	2,349	1,964	23 862		
6.Leme	1,371	1,299+	239 756 0,629	0,447	97 780	1,099	0,484	113 666	1,469	0,903	14 666	1,766	0,970	231 340	1,174	0,261	391 432	3,171	2,620	319 432	2,568	2,057	23 862		
7.Sta. Bárbara D'Oeste	1,080	•	316 672 0,539	0,198	97 780	1,369	0,236	113 666	1,326	0,654	14 666	1,769	0,721	231 340	1,453	0,912	316 672	3,402	2,671	316 672	2,440	1,808	23 862		
8.Sta. Bárbara D'Oeste	1,050	•	248 000 0,449	0,188	97 780	1,418	0,238	113 666	1,354	0,654	14 666	1,769	0,721	231 340	1,490	0,012	248 000	3,402	2,571	248 000	2,440	1,808	23 862		
9.Irrecmópolis	1,255	1,113	1445 650 0,403	0,393+	234 786	1,260	0,440	113 666	1,183	0,859	14 666	1,862	0,926	231 340	1,716	0,217	346 284	3,339	2,776	346 284	2,411	2,013	23 862		
10.Piracicaba	1,215	1,068	171 965 0,234	•	171 965	1,367	0,271	113 666	1,303	0,650	14 666	1,626	0,767	171 965	1,428	0,048	171 965	3,323	2,607	171 965	2,334	1,844	23 862		
11.Piracicaba	1,215	1,007	248 220 0,166	•	248 220	1,368	0,192	113 666	1,260	0,611	14 666	1,626	0,678	231 340	1,461	-0,031	248 220	3,323	2,626	248 220	2,334	1,785	23 862		
12.Jatú	1,265	•	6 591 0,919	0,403	6 591	1,508	0,440	6 591	1,449	0,659	6 591	1,646	0,926	6 591	1,599	0,217	6 591	3,391	2,758	6 591	2,620	2,013	5 591		
13.Aras	1,299	1,299+	239 756 0,678	0,447	97 780	1,137	0,484	113 666	1,303	0,803	14 666	1,668	0,970	231 340	1,211	0,281	293 234	3,216	2,820	263 234	2,536	2,057	23 862		
17.Rio Claro	1,262	•	124 529 0,672	0,430	97 780	1,326	0,467	113 666	0,999	0,868	14 666	1,489	0,853	124 529	1,392	0,244	124 529	3,241	2,903	124 529	2,437	2,040	23 862		
19.Capinzal	1,206	•	171 275 0,609	0,364	97 780	1,531	0,361	113 666	1,469	0,810	14 666	1,838	0,877	171 275	1,592	0,168	171 275	3,480	2,727	171 275	2,349	1,964	23 862		
20.Piracicaba	1,260	1,113	338 080 0,261	•	338 080	1,404	0,268	113 666	1,342	0,717	14 666	1,666	0,784	231 340	1,468	0,076	338 080	3,348	2,834	338 080	2,334	1,871	23 862		
21.Aras	1,299	1,299+	125 684 0,678	0,447	97 780	1,137	0,484	113 666	1,286	0,903	14 666	1,668	0,970	125 684	1,211	0,261	125 684	3,216	2,820	125 684	2,536	2,057	23 862		
22.Sotuns	1,084	•	178 354 0,806	0,212	97 780	1,558	0,249	113 666	1,428	0,668	14 666	1,932	0,735	178 354	1,629	0,028	178 354	3,649	2,585	178 354	2,334	1,822	23 862		
23.Piracicaba	1,216	1,206+	137 006 0,353	•	137 006	1,318	0,390	113 666	1,251	0,809	14 666	1,626	0,878	137 006	1,383	0,167	137 006	3,323	2,726	137 006	2,334	1,863	23 862		
24.Elias Furtado	1,160	•	374 020 0,744	0,308	97 780	1,618	0,345	113 666	1,472	0,764	14 666	1,990	0,931	231 340	1,607	0,122	346 284	3,497	2,681	346 284	2,376	1,918	23 862		
25.Aras	1,299	1,299+	318 062 0,678	0,447	97 780	1,137	0,484	113 666	1,229	0,903	14 666	1,668	0,970	231 340	1,211	0,261	346 284	3,216	2,820	346 284	2,536	2,057	23 862		
26.Rio das Pedras	1,303	1,283+	62 740 0,431	•	62 740	1,367	0,468	62 740	1,303	0,987	14 666	1,695	0,954	62 740	1,432	0,245	62 740	3,357	2,804	62 740	2,392	2,041	23 862		
27.Rio das Pedras	1,303	1,283+	78 306 0,431	•	78 306	1,367	0,468	78 306	1,303	0,887	14 666	1,695	0,954	78 306	1,432	0,245	78 306	3,357	2,804	78 306	2,392	2,041	23 862		
28.Mogi Guaçu	1,233	•	148 554 1,024	0,381	97 780	1,387	0,418	113 666	1,498	0,837	14 666	1,931	0,904	148 554	1,432	0,189	148 554	3,321	2,754	148 554	2,607	1,991	23 862		
29.Mozão	1,658	1,299+	21 268 1,392	0,447	21 268	1,008	0,484	21 268	1,669	0,903	14 666	1,773	0,970	21 268	1,039	0,261	21 268	3,134	2,620	21 268	2,702	2,057	21 268		
30.Pirnassununga	1,441	1,299+	233 786 0,039	0,447	97 780	0,873	0,484	113 666	1,303	0,903	14 666	1,646	0,970	231 340	1,054	0,261	389 040	3,129	2,820+	369 040	2,392	2,057	23 862		
31.Sta. Rita do Passa Quatro	1,677	1,493+	0 1,108	0,641	0	0,878	0,484	113 666	1,303	1,097	0	1,635	1,164	0	0,908	0,466	0	3,046	3,014+	0	2,529	2,261	0		
34.Oriente	2,368	0,788	164 024 1,899	-0,064	97 780	1,990	-0,027	113 666	1,367	0,392	14 666	1,646	0,469	164 024	2,044	-0,260	164 024	3,131	2,399	164 024	1,646	•	164 024		
35.Quanf	2,631	0,870	88 034 2,420	-0,182	88 034	2,561	-0,149	•	88 034	1,936	0,274	14 666	1,866	0,341	88 034	2,604	-0,368	88 034	3,431	2,191	88 034	1,428	•	88 034	
36.Igaporá	1,922	0,670	40 134 1,737	-0,236	40 134	1,984	-0,199	40 134	1,359	0,221	14 666	1,866	0,288	40 134	2,036	-0,421	40 134	3,945	2,138	40 134	1,376	•	40 134		
37.Quirinhas	2,018	0,545	232 201 1,909	-0,307	97 780	2,141	-0,270	113 666	1,658	0,149	14 666	2,048	0,216	231 340	2,187	-0,493	232 201	3,785	2,066	232 201	1,303	•	504 869		
38.Limópolis Paulista	1,872	1,167	232 201 1,197	0,306	97 780	1,558	0,342	113 666	0,781	0,781+	14 666	1,684	0,828	231 340	1,618	0,119	232 201	3,346	2,678	232 201	1,916	•	565 200		
39.Barr. Bonito	1,829	0,780	34 350 1,215	-0,072	34 350	1,346	-0,035	34 350	0,384	•	34 350	1,624	0,481	34 350	1,412	-0,258	34 350	3,223	2,301	34 350	2,060	1,538	23 862		
40.Serra Bonita	1,829	0,780	59 155 1,215	-0,072	59 155	1,346	-0,035	59 155	0,384	•	59 155	1,432	0,451	59 155	1,412	-0,258	59 155	3,223	2,301	59 155	2,060	1,538	23 862		
41.Jatú	1,977	0,749	234 059 1,280	-0,103	97 780	1,346	-0,006	113 666	0,353	•	234 059	1,321	0,420	231 340	1,412	-0,289	234 059	3,160	2,270	234 059	1,864	1,507	23 862		
42.Jatú	1,977	0,694	11 660 1,170	-0,168	11 660	1,303	-0,121	11 660	0,298	•	11 660	1,321	0,365	11 660	1,371	-0,344	11 660	3,180	2,215	11 660	1,994	1,482	11 660		
43.Pirajú	2,161	0,979	82 898 1,622	0,127	82 898	1,677	0,184	82 898	0,946	0,583	14 666	1,316	0,650	82 898	1,618	-0,069	82 898	3,138	2,500	82 898	1,737	•	82 898		
44.Dona Olímpia	1,956	0,680	233 756 1,148	0,029	97 780	1,277	0,066	113 666	0,464	•	432 808	1,461	0,551	231 340	1,346	-0,166	417 236	3,229	2,401	432 808	2,096	1,638	23 862		
45.Matucaba	1,936	0,929	239 756 1,260	0,077	97 780	1,428	0,114	113 666	0,633	•	788 456	1,684	0,600	231 340	1,492	-0,109	417 236	3,253	2,460	546 699	1,946	1,697	23 862		
46.Sto. Manuel	1,762	1,005	239 756 1,074	0,153	97 780	1,468	0,190	113 666	0,609	•	298 666	1,527	0,678	231 340	1,531	-0,033	298 666	3,278	2,626	298 666	1,968	1,783	23 862		
47.Ibiti	1,622	1,299	239 756 1,999	0,477	97 780	1,034	0,484	113 666	0,903	0,984+	38 627	1,103	0,970	231 340	1,113	0,261	417 236	3,053	2,800	546 699	2,362	2,057	23 862		
48.Destacado	1,713	1,073	35 859 1,089	0,221	35 859	0,973	0,258	35 859	1,050	0,667	14 666	1,333	0,744	35 859	1,054	0,036	35 859	2,960	2,594	35 859	1,831	•	35 859		
49.Novo Europa	1,689	1,266	87 921 1,441	0,434	87 921	1,296	0,471	87 921	1,094	0,890	14 666	1,779	0,957	87 921	1,132	0,248	87 921	3,115	2,807+	87 9					

diminuições menores que 10% levam à inclusão de determinado fluxo na solução ótima estão assinalados com um sinal "+" na coluna "Limite Mínimo do Frete";

b) mesmo que o frete permaneça constante, poderá haver um aumento na quantidade transportada pela rota em questão. Como exemplo, temos o caso do fluxo Araras (13) - São Paulo, para o qual, mesmo que o frete fique a Cr\$1,299, uma quantidade máxima de 239.756 sacos de 60 kg poderá ser transportada, sem que isso altere o custo total da solução ótima. Isso se deve ao fato dessa rota ser alternativa de uso indiferente para a solução ótima, o mesmo ocorrendo com Araras (21) - São Paulo e Sertãozinho (73) - Ribeirão Preto;

c) em alguns casos aparecem valores negativos na coluna do preço mínimo; isto indica que o frete deveria atingir valores negativos para que a quantidade estipulada na coluna ao lado passasse a fazer parte da solução ótima;

d) os asteriscos que aparecem na coluna do preço mínimo indicam que mesmo com diminuição muito grande do frete, não seria possível aumentar a quantidade transportada por essa rota, uma vez que a quantidade atual que por ela segue, corresponde à produção total da usina origem.

Na coluna da quantidade aparecem valores positivos e valores nulos. Os valores positivos estão indicando que quando o frete atual baixar para o limite mínimo de frete, deverá ocorrer um aumento da atividade na solução ótima; os valores nulos mostram que, mesmo que ocorra a diminuição especificada para o frete, nenhuma quantidade será acrescida à rota.

Da apreciação dessa Tabela pode-se concluir sobre a estabilidade da solução ótima frente a diminuição do preço. Como se observa em alguns casos, um pequeno decréscimo no frete provocaria uma modificação na quantidade da solução ótima, sendo pequeno o número de rotas onde ocorre essa situação. Isso indica que a solução ótima é relativamente estável

à diminuição nos fretes, para a maioria das rotas.

Por outro lado, o grande número de rotas substitutas para as da solução ótima, quando ocorrem decréscimos nos fretes, indica muitas possibilidades para as quais, uma modificação no custo de transporte, contribuiria para o decréscimo do custo mínimo.

O comportamento da quantidade programada das rotas da solução ótima frente ao aumento no frete pode ser analisado pela Tabela 11. Um acréscimo no frete, conforme mostram as colunas 1 e 2 da tabela, tem como consequências:

a) a quantidade transportada baixa para o valor especificado na coluna 3 (valores positivos e menores que os apresentados na solução ótima);

b) a rota é excluída da solução ótima (valores nulos ou negativos na coluna da quantidade);

c) a quantidade mínima será excessivamente grande em valores negativos (asterisco na coluna da quantidade).

Da análise geral do aumento no valor do frete necessário para que haja uma modificação na solução ótima, conclui-se que para a maioria das rotas os acréscimos necessários nos fretes são relativamente pequenos. Marcados com um sinal "+" na coluna "Limite Máximo do Frete", encontram-se as rotas da solução ótima nas quais um acréscimo menor que 10% levam a uma diminuição na quantidade transportada. Isto indica uma instabilidade relativa da solução ótima frente aos acréscimos nos fretes unitários. Deve-se salientar aqui, que o grande número de rotas alternativas pode estar causando essa instabilidade, pois para qualquer rota programada que não possa ser atendida, dispõe-se de muitas outras alternativas.

Tabela 11 - Variações nas Quantidades Transportadas pelos Fluxos Ótimos Frente a Aumentos nos Fretes Rodoviários - Safra 73/74.

R O T A	Frete	Frete	Quantidade quando o frete atingir o máximo (sacos de 60 kg)	R O T A	Frete	Frete	Quantidade quando o frete atingir o máximo (sacos de 60 kg)
	Atual	Máximo			Atual	Máximo	
	Cr\$	Cr\$			Cr\$	Cr\$	
Sta. Bárbara D'Oeste (1) - SP <sup>1/</sup>	1,050	1,300	0	Jauú (42)	- JA 0,298	0,811	-12.202
Capivari (4) - SP	1,206	1,300 <sup>+</sup>	0	Dois Córregos (44)	- JA 0,484	0,904	0
Sta. Bárbara D'Oeste (7) - SP	1,050	1,300	0	Macatuba (45)	- JA 0,533	0,795	762.694
Sta. Bárbara D'Oeste (8) - SP	1,050	1,300	0	São Manoel (46)	- JA 0,609	0,815	274.694
Iracemópolis (9) - SP	1,255	1,266 <sup>+</sup>	1.210.864	Ibaté (47)	- JA 0,903	0,924 <sup>+</sup>	0
Itapira (12) - SP	1,255	1,300	0	Américo Brasiliense (51) - JA	0,804	0,860 <sup>+</sup>	64.768
Rio Claro (17) - SP	1,282	1,300 <sup>+</sup>	0	Jaboticabal (56)	- CA 0,919	1,024	- 92.865
Capivari (19) - SP	1,206	1,300 <sup>+</sup>	0	Severinia (61)	- CA 0,805	0,808 <sup>+</sup>	192.197
Boituva (22) - SP	1,064	1,300	0	Catanduba (62)	- CA 0,172	0,936	282.204
Elias Fausto (24) - SP	1,160	1,300	27.736	Catanduba (63)	- CA 0,234	0,936	138.073
Araras (25) - SP	1,299	1,299 <sup>+</sup>	0	Novo Horizonte (64)	- CA 0,805	0,971	115.100
Mogi-Guaçu (28) - SP	1,233	1,300 <sup>+</sup>	0	Sertãozinho (71)	- SE 0,261	0,277 <sup>+</sup>	- 36.795
Cerquilha (79) - SP	1,137	1,300	0	Sertãozinho (74)	- SE 0,205	0,245	78.165
Iracemópolis (2) - PI	0,353	0,404	*	Guariba (55)	- AN 2,820	2,839 <sup>+</sup>	545.699
Rio das Pedras (3) - PI	0,353	0,448	0	Jaboticabal (56)	- AN 2,769	2,772 <sup>+</sup>	-192.197
Iracemópolis (9) - PI	0,403	0,546	-26.749	Jaboticabal (58)	- AN 2,769	2,821 <sup>+</sup>	0
Piracicaba (10) - PI	0,234	0,364	*	Igarapava (75)	- AN 2,647	2,775 <sup>+</sup>	-397.155
Piracicaba (11) - PI	0,155	0,364	*	Oriente (34)	- CB 1,546	2,058	0
Piracicaba (20) - PI	0,261	0,409	*	Quatã (35)	- CB 1,428	2,058	0
Piracicaba (23) - PI	0,353	0,364 <sup>+</sup>	*	Ipauçu (36)	- CB 1,375	2,058	0
Rio das Pedras (26) - PI	0,431	0,448 <sup>+</sup>	0	Ourinhos (37)	- CB 1,303	2,058	372.668
Rio das Pedras (27) - PI	0,431	0,448 <sup>+</sup>	0	Lençóis Paulista (38)	- CB 1,915	1,915 <sup>+</sup>	540.535
Serrana (68) - RP	0,449	0,485	703.664	Pirajuí (43)	- CB 1,737	2,058	0
Sertãozinho (71) - RP	0,484	0,484 <sup>+</sup>	112.316	Descalvado (48)	- CB 1,831	2,058	0
Sertãozinho (72) - RP	0,363	0,379 <sup>+</sup>	36.795	Nova Europa (49)	- CB 2,044	2,058 <sup>+</sup>	0
Barra Bonita (39) - JA	0,384	0,904	0	Araraquara (54)	- CB 1,948	1,990 <sup>+</sup>	204.105
Barra Bonita (40) - JA	0,384	0,904	0	Penápolis (77)	- CB 2,057	2,077 <sup>+</sup>	0
Jauú (41) - JA	0,353	0,811	210.197				

<sup>1/</sup> SP, PI, JA, CA, RP, SE, AN e CB são as empacotadoras de São Paulo, Piracicaba, Jauú, Catanduba, Ribeirão Preto, Sertãozinho, Anápolis e Cambé, respectivamente.

+ Indica rotas que se modificariam se os fretes aumentassem de menos de 10%.

#### 4.5.2. Safra 74/75

As Tabelas 12 e 13 resumem alguns dos aspectos da análise de pós-otimização para a programação ótima do transporte de açúcar superior na safra 1974/75.

A Tabela 12 mostra a variação unitária que ocorreria no custo total de transporte devido a modificações nas quantidades ótimas a serem transportadas. Da análise da Tabela verifica-se que, para qualquer acréscimo ou decréscimo nas quantidades transportadas pelo fluxo ótimo haverá um custo positivo por unidade adicional em todas as rotas, exceto um acréscimo na rota da usina 5, localizada em Piracicaba, para a empacotadora de São Paulo, que se trata, no caso, de uma rota de uso indiferente.

A Tabela 13 mostra as modificações na solução ótima, causadas por um aumento ou uma diminuição nos fretes atualmente pagos pelo transporte de açúcar. Como se nota, acréscimos relativamente pequenos nos preços, ocasionaram a exclusão de certas rotas da programação otimizada, ou então, a diminuição da quantidade transportada, indicando certa instabilidade da solução em relação aos acréscimos dos fretes. Diminuições nos preços para as rotas pelas quais não se está transportando o máximo permitido (marcadas com \*), também acarretariam modificações na solução.

A Tabela 14 mostra o aumento no custo total por unidade adicional em rotas alternativas. Se não fosse possível seguir os fluxos dados pela solução ótima, deveria ser escolhida, nesta Tabela, as rotas alternativas para as programadas.

Tabela 12 - Variações Unitárias no Custo Total de Transporte Resultantes de Variações Unitárias nas Quantidades Transportadas pelos Fluxos Ótimos e Respectivos Limites de Quantidade-Safra 1974/75

R O T A	Decrêscimo de uma unidade transportada		Acrêscimo de uma unidade transportada	
	Custo	Quantidade	Custo	Quantidade
	Unitário (Cr\$/sc.60kg)	Limite (saco 60kg)	Unitário (Cr\$/sc.60kg)	Limite (saco 60 kg)
Sta. Bárbara D'Oeste ( 1) - SP <sup>1/</sup>	0,292	0	*	83.710
Capivari ( 4) - SP	0,016	113.059	*	260.140
Piracicaba ( 5) - SP	0,019	544.585	0	675.716
Sta. Bárbara D'Oeste ( 7) - SP	0,292	335.381	*	482.462
Sta. Bárbara D'Oeste ( 8) - SP	0,292	48.586	*	195.667
Porto Feliz (15) - SP	0,319	394.798	*	541.879
Raffard (16) - SP	0,016	400.149	*	547.238
Sta. Bárbara D'Oeste (18) - SP	0,292	323.647	*	470.728
Capivari (19) - SP	0,016	135.056	*	282.117
Boituva (22) - SP	0,267	44.669	*	191.750
Piracicaba (23) - SP	0,000	0	*	131.131
Elias Fausto (24) - SP	0,098	121.520	*	268.601
Piracicaba ( 5) - PI	0,080	- 81.166	0,051	197.046
Piracicaba (10) - PI	0,087	32.296	*	179.377
Piracicaba (11) - PI	0,190	268.187	*	415.268
Piracicaba (14) - PI	0,269	259.066	*	405.147
Piracicaba (20) - PI	0,051	203.162	*	350.243
Barra Bonita (39) - JA	0,344	0	*	163.790
Jaú (41) - JA	0,358	72.173	*	285.094
Dois Córregos (44) - JA	0,194	115.370	*	328.291
Macatuba (45) - JA	0,118	724.797	*	937.708
São Manoel (46) - JA	0,343	0	0,118	298.038
Matão (52) - CA	0,182	40.196	*	157.274
Jaboticabal (56) - CA	0,038	40.174	0,182	325.928
Catanduva (62) - CA	1,147	92.009	*	209.087
Catanduva (63) - CA	1,066	119.561	*	235.639
Novo Horizonte (64) - CA	0,192	72.072	*	189.150
Serrana (68) - RP	0,128	572.259	*	698.924
Serrana (69) - RP	0,027	101.076	0,019	101.076
Sertãozinho (65) - SE	0,055	0	0,058	297.478
Pontal (70) - SE	0,058	144.950	*	266.401
Sertãozinho (72) - SE	0,102	456.496	*	557.572
Jaboticabal (58) - AN	0,000	0	0,027	59.755
Severina (61) - AN	0,038	- 40.174	*	168.676
Igarapava (75) - AN	0,251	219.745	*	571.569
Oriente (34) - CB	0,763	0	*	166.553
Quatã (35) - CB	0,981	0	*	183.014
Ipauçu (36) - CB	1,078	0	*	86.147
Ourinhos (37) - CB	1,208	331.118	*	527.195
Lençóis Paulista (38) - CB	0,064	673.378	*	866.455
Pirajui (43) - CB	0,404	0	*	117.962
Desçalvado (48) - CB	0,225	0	*	165.385
Araraquara (54) - CB	0,037	0	0,064	283.366

1/ SP = São Paulo; PI = Piracicaba; JA = Jaú; CA = Catanduva; RP = Ribeirão Preto; SE = Sertãozinho; AN = Anápolis; CB = Cambé.

\* Indica que é transportada pela rota em questão a quantidade total do açúcar produzido pela usina.



Tabela 13 - Variações nas Quantidades Transportadas pelos Fluxos Ótimos Frente a Modificações nos Fretes Rodoviários - Safra 74/75.

R O T A	Preço Atual	Preço Máximo	Quantidade se o	Preço Mínimo	Quantidade se o
	(Cr\$/sc.60kg)	(Cr\$/sc.60kg)	preço atingir o máximo (saco de 60 kg)	(Cr\$/sc.60kg)	preço atingir o mínimo (saco de 60 kg)
Sta. Bárbara D'Oeste (1) - SP <sup>1/</sup>	1,560	1,853	0	*	83.710
Capivari (4) - SP	1,836	1,853 <sup>+</sup>	113.059	*	260.140
Piracicaba (5) - SP	1,852	1,872 <sup>+</sup>	544.585	1,852 <sup>+</sup>	675.716
Sta. Bárbara D'Oeste (7) - SP	1,560	1,853	335.381	*	482.462
Sta. Bárbara D'Oeste (8) - SP	1,560	1,853	48.586	*	195.667
Porto Feliz (15) - SP	1,533	1,853	394.798	*	541.879
Raffard (16) - SP	1,836	1,853 <sup>+</sup>	400.149	*	547.230
Sta. Bárbara D'Oeste (18) - SP	1,560	1,853	323.647	*	470.728
Capivari (19) - SP	1,836	1,853 <sup>+</sup>	135.036	*	282.117
Boituva (22) - SP	1,585	1,853	44.669	*	191.750
Piracicaba (23) - SP	1,852	1,852 <sup>+</sup>	0	*	131.131
Elias Fausto (24) - SP	1,754	1,853 <sup>+</sup>	121.520	*	268.601
Piracicaba (5) - PI	0,356	0,437	81.166	0,305	197.046
Piracicaba (10) - PI	0,269	0,357	32.296	*	179.377
Piracicaba (11) - PI	0,166	0,357	268.187	*	415.268
Piracicaba (14) - PI	0,087	0,357	258.066	*	405.147
Piracicaba (20) - PI	0,305	0,357	203.162	*	350.243
Barra Bonita (39) - JA	0,408	0,825	0	*	163.790
Jaú (41) - JA	0,436	0,825	72.163	*	285.094
Dois Córregos (44) - JA	0,630	0,825	115.370	*	328.291
Macatuba (45) - JA	0,706	0,825	724.787	*	937.708
São Manoel (46) - JA	0,824	1,168	0	0,706	298.038
Matão (52) - CA	1,153	1,336	40.196	*	157.274
Jaboticabal (56) - CA	1,335	1,374 <sup>+</sup>	40.174	1,153	325.928
Catanduva (62) - CA	0,188	1,336	92.009	*	209.087
Catanduva (63) - CA	0,269	1,336	118.561	*	235.639
Novo Horizonte (64) - CA	1,143	1,336	72.072	*	189.150
Serrana (68) - RP	0,578	0,707	572.259	*	698.924
Serrana (69) - RP	0,706	0,734 <sup>+</sup>	101.076	0,687 <sup>+</sup>	101.076
Sertãozinho (65) - SE	0,523	0,579	0	0,465	297.478
Pontal (70) - SE	0,465	0,524	144.950	*	266.401
Sertãozinho (72) - SE	0,166	0,269	456.496	*	557.572
Jaboticabal (58) - AN	4,858	4,858 <sup>+</sup>	0	4,831 <sup>+</sup>	59.755
Severinia (61) - AN	4,628	4,667 <sup>+</sup>	40.174	*	168.676
Igarapava (75) - AN	4,607	4,859 <sup>+</sup>	219.745	*	571.569
Oriente (34) - CB	2,455	3,219	0	*	166.553
Quatã (35) - CB	2,237	3,219	0	*	183.014
Ipauçu (36) - CB	2,140	3,219	0	*	86.147
Ourinhos (37) - CB	2,010	3,219	331.118	*	527.195
Lençóis Paulista (38) - CB	3,154	3,219 <sup>+</sup>	670.378	*	866.455
Pirajuí (43) - CB	2,281	3,219	0	*	117.962
Descalvado (48) - CB	2,993	3,219 <sup>+</sup>	0	*	165.385
Araraquara (54) - CB	3,218	3,256 <sup>+</sup>	0	3,154 <sup>+</sup>	283.366

<sup>1/</sup> SP = São Paulo; PI = Piracicaba; JA = Jaú; CA = Catanduva; RP = Ribeirão Preto; SE = Sertãozinho; AN = Anápolis; CB = Cambé.

\* Indica que se está transportando a quantidade máxima permitida para a rota.

+ Indica rotas que sairiam ou entrariam na solução ótima se os fretes aumentassem ou diminuíssem de 10%, respectivamente.

Tabela 14 - Rotas Alternativas para a Solução Ótima - Safra 74/75 <sup>1/</sup>

R O T A		Aumento do Custo Total Cr\$/saco 60kg	Quantidade Limite saco 60kg	R O T A		Aumento do Custo Total Cr\$/saco 60kg	Quantidade Limite saco 60kg
Iracemópolis (2)	- SP <sup>2/</sup>	0,072	200 055	Serrana (68)	- CA	0,429	126 665
Piracicaba (5)	- SP	0,000	675 716	Pontal (70)	- CA	0,469	121 451
Leme (6)	- SP	0,281	235 654	Sta.Rita P.Quadro (31)	- RP	0,230	101 076
Iracemópolis (9)	- SP	0,072	544 585	Guariba (55)	- RP	0,437	101 076
Piracicaba (10)	- SP	0,087	179 377	Jaboticabal (56)	- RP	0,283	101 076
Piracicaba (11)	- SP	0,190	415 268	Jaboticabal (58)	- RP	0,367	101 076
Itapira (12)	- SP	0,072	425 084	Sertãozinho (65)	- RP	0,072	101 076
Araras (13)	- SP	0,150	213 113	Pontal (66)	- RP	0,118	101 076
Piracicaba (14)	- SP	0,269	405 147	Pontal (67)	- RP	0,130	101 076
Rio Claro (17)	- SP	0,119	191 285	Serrana (69)	- RP	0,019	101 076
Piracicaba (20)	- SP	0,131	350 243	Pontal (70)	- RP	0,082	101 076
Araras (21)	- SP	0,150	251 932	Sertãozinho (72)	- RP	0,102	101 076
Araras (25)	- SP	0,150	544 585	Sta.Rosa Viterbo (75)	- RP	0,397	101 076
Rio das Pedras (26)	- SP	0,158	186 131	Jaboticabal (56)	- SE	0,183	17 078
Rio das Pedras (27)	- SP	0,158	115 114	Jaboticabal (58)	- SE	0,278	176 027
Mogi Guaçu (28)	- SP	0,032	154 258	Sertãozinho (65)	- SE	0,058	297 478
Pirassununga (30)	- SP	0,408	450 550	Pontal (66)	- SE	0,055	176 027
Iracemópolis (2)	- PI	0,080	49 965	Pontal (67)	- SE	0,068	173 795
Rio das Pedras (3)	- PI	0,080	49 965	Serrana (68)	- SE	0,429	126 665
Capivari (4)	- PI	0,484	49 965	Serrana (69)	- SE	0,413	126 665
Piracicaba (5)	- PI	0,051	197 046	Matão (52)	- AN	0,401	59 755
Iracemópolis (9)	- PI	0,153	49 965	Araraquara (54)	- AN	0,445	59 755
Rio Claro (17)	- PI	0,410	49 965	Guariba (55)	- AN	0,105	59 755
Capivari (19)	- PI	0,484	49 965	Jaboticabal (56)	- AN	0,000	59 755
Piracicaba (23)	- PI	0,080	49 965	Dobrada (57)	- AN	0,219	59 755
Rio das Pedras (26)	- PI	0,195	49 965	Jaboticabal (58)	- AN	0,027	59 755
Rio das Pedras (27)	- PI	0,195	49 965	Novo Horizonte (64)	- AN	0,365	59 755
Lençóis Paulista (38)	- JA	0,343	85 117	Sertãozinho (65)	- AN	0,162	59 755
São Manoel (46)	- JA	0,118	298 038	Pontal (66)	- AN	0,162	59 755
Ibaté (47)	- JA	0,483	85 117	Pontal (67)	- AN	0,162	59 755
Araraquara (54)	- JA	0,368	85 117	Serrana (68)	- AN	0,456	59 755
Ibaté (47)	- CA	0,319	208 850	Serrana (69)	- AN	0,328	59 755
Nova Europa (49)	- CA	0,452	196 219	Pontal (70)	- AN	0,220	59 755
Araraquara (54)	- CA	0,181	196 219	Sertãozinho (72)	- AN	0,499	59 755
Guariba (55)	- CA	0,268	208 850	Penápolis (77)	- AN	0,415	59 755
Jaboticabal (56)	- CA	0,182	325 928	Jau (41)	- CB	0,419	87 289
Dobrada (57)	- CA	0,268	208 850	Dois Córregos (44)	- CB	0,485	87 289
Jaboticabal (58)	- CA	0,181	208 850	Macatuba (45)	- CB	0,118	87 289
Severínia (61)	- CA	0,038	168 676	São Manoel (46)	- CB	0,037	87 289
Sertãozinho (65)	- CA	0,435	121 451	Nova Europa (49)	- CB	0,187	87 289
Pontal (66)	- CA	0,476	208 850	Araraquara (54)	- CB	0,064	283 366
Pontal (67)	- CA	0,068	173 795	Penápolis (77)	- CB	0,212	87 289

<sup>1/</sup> Neste quadro estão apresentadas as rotas que, se adotadas, acarretariam um aumento no custo total inferior a Cr\$0,50 por saco de 60 kg transportado.

<sup>2/</sup> SP = São Paulo; PI = Piracicaba; JA = Jau; CA = Catanduva; RP = Ribeirão Preto; SE = Sertãozinho; AN = Anápolis; CB = Cambé.

## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

Analisando-se as áreas de mercado das empacotadoras e o preço-sombra destas, concluiu-se que as empacotadoras de Cambé, de Anápolis e de São Paulo não estariam bem localizadas sob o ponto de vista da minimização do custo de transporte de açúcar cristal superior das usinas às empacotadoras, pois:

1. as superfícies de mercado para essas empacotadoras apresentaram-se extensas e com grande dispersão de unidades fornecedoras;

2. para essas empacotadoras o custo total diminuiria em valores maiores que para as demais se fossem reduzidas as quantidades processadas;

3. para as usinas que deveriam abastecer Cambé, as diminuições no custo total de transporte resultantes do aumento de sua produção de açúcar apresentaram-se maiores que as verificadas para as demais usinas relacionadas nas programações ótimas.

Assim sendo, se fosse aumentada a produção de açúcar cristal superior em usinas próximas às empacotadoras de Cambé, de Anápolis e de São Paulo, e/ou diminuída as quantidades empacotadas nelas, haveria um decréscimo no custo total de transporte nas programações otimizadas.

Deve-se ressaltar que essa conclusão baseia-se unicamente no transporte de açúcar entre as usinas e as empacotadoras. Para um estudo mais completo sobre o assunto deveria ser incluída a distribuição de açúcar das empacotadoras para os centros de consumo.

As soluções apresentaram-se relativamente estáveis frente a diminuições nos fretes, e relativamente instáveis aos acréscimos destes, pois:

1. acréscimos menores que 10% nos fretes levaram a modificações em um número considerável de rotas;
2. diminuições menores que 10% nos fretes acarretaram modificações em poucas rotas das soluções otimizadas;
3. as soluções ótimas apresentaram poucas rotas alternativas de uso indiferente.

O transporte rodoviário foi a modalidade utilizada em todas as rotas, sendo necessárias diminuições maiores que 100% nos fretes ferroviários das rotas de custo mínimo para que esta modalidade concorresse com a rodoviária. A crise crescente de combustíveis derivados do petróleo e a efetivação de planos de se estender terminais ferroviários para todas as usinas deverão acarretar uma mudança na situação.

Comparando-se o valor do custo total de transporte da solução otimizada e o custo real para a safra 73/74, tem-se que, se a programação otimizada tivesse sido adotada nesta safra, haveria uma economia de 9,5% nas despesas de transporte, o que vem demonstrar que os fluxos vigentes poderiam ser reprogramados no sentido de se reduzir para a Cooperativa os gastos em transporte.

## SUMMARY

The present study deals with the optimization of transportation flows of crystal sugar produced by the State of São Paulo sugar mills which are members of the COPERSUCAR (Sugar & Alcohol Cooperative), and sent to the Copersucar packing units. The importance of rationalizing this flow is realized when one considers that during the 1973/74 harvest season the volume of sugar sent to these packing units amounted to 23.5% of total production in the State of São Paulo. From this, it can be foreseen that optimization of the distribution flows of this sugar may result in considerable reduction in the transportation costs involved.

The method employed for the optimization of the distribution of sugar was the linear programming transportation model. Adapting this model to the designation problem, allows the determination of the alternative markets (packing units) to which the producers (sugar mills) should send their production, as well as, implicitly, establishes market areas of each packing unit.

The basic data for the application of this model, that is, the supply of crystal sugar per sugar mill, the demand for crystal sugar per packing unit and the highway transportation freights between the sugar mills and the packing units, were obtained at the Copersucar. The railway freight

from the sugar mills to the packing units object of this study were calculated based on price lists of Ferrovias Paulistas S.A. and Rede Ferroviária Federal S.A.

Optimum flows of distribution of crystal sugar from sugar mills to packing units during the 73/74 and 74/75 harvest seasons were established from the results obtained, highway transportation being the means utilized in all routes.

The optimized solutions were relatively stable with respect to decreases and relatively unstable with respect to increases in freight costs.

Total cost of the optimized distribution of crystal sugar in the 73/74 harvest season was 9.5% lower than the actual distribution cost in that season, which indicates that it could have been programmed so as to reduce transportation charges.

Market areas of each packing unit were delimited based on transportation flows and were not much dispersed in the two seasons, with the exception of the packing units of Cambé and Anápolis. In terms of transportation cost from sugar-mill to packing unit, these two packing units and the São Paulo unit, also, are not geographically well located since unit decreases in total cost resulting from removal of limit on amount to be processed are higher for them than for the other packing units.

BIBLIOGRAFIA

- AMARO, Antonio A., José F.G. da SILVA, M. Candida C. PERES e Donald W. LARSON, 1973. "Desenvolvimento da Citricultura e Localização de Novas Indústrias para Processamento no Estado de São Paulo". Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Deptº de Ciências Sociais Aplicadas, Piracicaba, Série Pesquisa, nº 21, 78 p.
- BAWDEN, D.L. e R.C. HAIDACHER, 1970. "Conceptual and Empirical Issues in Estimating Transfer Charges". American Journal of Agricultural Economics. Wisconsin, 18:60-69.
- BRASIL. Instituto do Açúcar e do Alcool, 1972. Endereços das Usinas Produtoras de Açúcar e de Alcool do Estado de São Paulo.
- BRASIL. Instituto do Açúcar e do Alcool, 1973. Resolução nº 2074 de 30 de maio de 1973 - Aprova o Plano de Safra de 1973/74.
- BRASIL. Instituto do Açúcar e do Alcool, 1974. Posição Final da Safra 73/74.

BRESSLER, R.G. Jr. e R.A. KING, 1970. Markets Prices and Interregional Trade. New York, Wiley, 426 p.

DANTZIG, G.B., 1951. "Application of the Simplex Method to a Transportation Problem". In: KOOPMANS, T.G. ed. Activity Analysis of Production and Allocation, New York, p. 359 - 373.

DANTZIG, G.B., 1958. Linear Programming and Extensions. New Jersey, Princeton University Press, 632 p.

DORFMAN, R., P.A.SAMUELSON e R.SOLOW, 1958. Linear Programming and Economic Analysis. New York, McGraw-Hill, 527 p.

ESTACIO, F.B.S., 1961. Técnicas de Programação Linear. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 214 p.

FERGUSON, C.E., 1969. Microeconomy Theory. Homewood, Illinois, Richard D. Irwin, 521 p.

FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, fev. 1974. Distâncias Quilométricas das Estações da FEPASA aos Respectives Entroncamentos. Circular DIRCO nº 14-74.

FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, set. 1974. Quadro de Distâncias Quilométricas para Aplicação de Tarifas.

FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, set. 1973. Serviço Rodoviário Auxiliar.

FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, mar. 1973. Serviço Rodoviário Auxiliar. Circular DIRCO nº 48-73.

FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, jan. 1974. Serviço Rodoviário Auxiliar. Circular DIRCO nº 04-74.



- FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, fev. 1974. Serviço Rodoviário Auxiliar. Circular DIRCO nº 19-74.
- FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, mar. 1974. Serviço Rodoviário Auxiliar. Circular DIRCO nº 39-74.
- FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, abr. 1974. Serviço Rodoviário Auxiliar. Circular DIRCO nº 62-74.
- FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, fev. 1973. Tarifa Quilométrica de Passageiros, Animais e Mercadorias.
- FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, mar. 1974. Tarifa Quilométrica de Passageiros, Animais e Mercadorias.
- FERROVIAS PAULISTAS S.A., São Paulo, mar. 1974. Transporte de Mercadorias em Lotação de Vagão - Novas Razões Quilométricas. Circular DIRCO nº 42-74.
- FIGUEIREDO, Nelly M.S. de, J.F.S. da SILVA e E.M. NEVES, 1974. "Minimização de Custo do Transporte de Álcool". Boletim Agricultura em São Paulo, Secretaria da Agricultura, Instituto de Economia Agrícola, São Paulo, Tomo I, p. 177-198.
- HEADY, Earl O. e W. CANDLER, 1969. Linear Programming Methods. 6a. ed., USA., The Iowa State University Press, 597 p.
- HURT, Verner G. e T.E. TRAMEL, 1966. "Alternative Formulations of the Transshipment Problem". Journal of Farm Economics, Wisconsin, 47:763-773.
- JOHSUA, Isaac, 1966. "Application de la programmation linéaire à la production sucrière cubaine". Études Rurales, École Pratique des Hautes Études nº 33, Sorbonne, p. 43-57.

- JUDGE, G.G. e T.D. WALLACE, 1958. "Estimation of Spacial Price Equilibrium Models". Journal of Farm Economics, Wisconsin, 40:801-820.
- LANGE, Oskar, 1967. Introdução à Econometria, 2a. ed., Tradução da 2a. ed. polonesa. Brasil, Fundo de Cultura, 374 p.
- PRADO JR., Caio, 1967. História Econômica do Brasil, 10a. ed., São Paulo, Ed. Brasiliense; 354 p.
- PUCCINI, A.L., 1972. Introdução à Programação Linear. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 252 p.
- QUEDA, Oriovaldo, 1972. A Intervenção do Estado e a Agro - Indústria Açucareira Paulista. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 173 p. (tese de doutoramento).
- REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A., Brasil (1973). Tarifas Gerais 5.
- REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A., Brasil (1974). Tarifas Gerais 6.
- SÃO PAULO, Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1972. Desenvolvimento da Agricultura Paulista. São Paulo, 319 p.
- SÃO PAULO, Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1974. Prognóstico 74/75, São Paulo, 198 p.
- SNODGRASS, M.M. e C.E. FRENCH, 1957. "Simplified Presentation of Transportation Problem Procedure in Linear Programming". Journal of Farm Economics, Wisconsin, 36:40-47.
- TAKAYAMA, T. e G.G.JUDGE, 1971. Spatial and Temporal Price and Allocation Models. Amsterdam, North Holland, 528 p.

WALKER, F.E., 1964. Transportation and Spatial Equilibrium Models for Inter-Regional Analysis. Apresentado em Southern Farm Management Research Committee Workshop, New Orleans, 21 p.

A P Ê N D I C E

APÊNDICE 1 — OFERTA DE AÇUCAR

Tabela 1 - Quantidade Produzida Açúcar Superior na Safra 1973/74 e Quantidade Programada para a Safra 1974/75 - Usinas Cooperadas de São Paulo.

Unidade: saco de 60 kg

U s i n a		Safra 1973/74	Safra 1974/75
Nº	Localização		
1	Sta. Bárbara D'Oeste	84.099	83.710
2	Iracemápolis	299.415	200.055
3	Rio das Pedras	344.086	348.166
4	Capivari	199.945	260.140
5	Piracicaba	0	741.631
6	Leme	319.432	235.654
7	Sta. Bárbara D'Oeste	315.672	482.462
8	Sta. Bárbara D'Oeste	248.000	195.669
9	Iracemápolis	1.445.650	1.021.706
10	Piracicaba	171.965	179.377
11	Piracicaba	246.220	415.268
12	Itapira	5.591	425.084
13	Araras	263.234	213.113
14	Piracicaba	0	405.147
15	Porto Feliz	0	541.879
16	Rafard	0	547.230
17	Rio Claro	124.529	191.285
18	Sta. Bárbara D'Oeste	0	470.728
19	Capivari	171.275	282.117
20	Piracicaba	338.080	350.243
21	Araras	125.684	251.932
22	Boituva	178.354	191.750
23	Piracicaba	137.006	131.131
24	Elias Fausto	374.020	268.601
25	Araras	586.040	1.591.847
26	Rio das Pedras	62.740	186.131
27	Rio das Pedras	78.306	115.114

Tabela 1 (continuação)

Unidade: Saco de 60 kg

U s i n a		Safra 1973/74	Safra 1974/75
Nº	Localização		
28	Mogi-Guaçu	146.554	154.258
29	Mococa	21.268	146.774
30	Pirassununga	369.040	450.550
31	Sta. Rita do P.Quatro	182.357	214.423
32	Maracai	0	---
33	Assis	0	---
34	Oriente	164.024	166.558
35	Quatã	88.034	183.014
36	Ipauçu	40.134	86.147
37	Ourinhos	604.869	527.195
38	Lençóis Paulista	555.200	866.455
39	Barra Bonita	34.350	163.790
40	Barra Bonita	59.155	0
41	Jaú	234.059	285.094
42	Jaú	11.660	0
43	Pirajuí	82.898	117.962
44	Dois Córregos	432.808	328.291
45	Macatuba	786.455	937.708
46	São Manoel	298.556	298.038
47	Ibaté	820.814	689.686
48	Descalvado	35.859	165.385
49	Nova Europa	87.921	196.219
50	Araraquara	0	0
51	Américo Brasiliense	88.650	0
52	Matão	0	157.274
53	Araraquara	0	0
54	Araraquara	218.770	283.366
55	Guariba	949.779	725.493
56	Jaboticabal	265.268	325.928
57	Dobrada	324.205	238.893
58	Jaboticabal	214.806	411.579

Tabela 1 (continuação)

Unidade: Saco de 60 kg

U s i n a		Safr a 1973/74	Safr a 1974/75
Nº	Localização		
59	Pradópolis	877.350	0
60	Ariranha	0	0
61	Severina	226.125	168.676
62	Catanduva	316.132	209.087
63	Catanduva	172.001	235.639
64	Novo Horizonte	149.028	189.150
65	Sertãozinho	133.047	297.478
66	Pontal	204.548	367.221
67	Pontal	57.017	173.795
68	Serrana	703.713	698.924
69	Serrana	188.925	227.741
70	Pontal	134.072	266.401
71	Sertãozinho	530.950	---
72	Sertãozinho	454.030	557.572
73	Sertãozinho	1.350	0
74	Sertãozinho	191.831	0
75	Igarapava	6.925	571.569
76	Morro Agudo	288.322	---
77	Penápolis	256.063	232.962
78	Sta. Rosa do Viterbo	646.188	517.536
79	Cerquilha	269.810	207.119



APÊNDICE 2 — DEMANDA DE AÇUCAR

Tabela 1 - Quantidades Demandadas pelas Empacotadoras  
nas Safras 73/74 e 74/75

Unidade: Saco de 60 kg

Empacotadora	Safra 1973/74	Safra 1974/75
São Paulo	3.705.475	4.000.000
Piracicaba	1.775.598	1.400.000
Jaú	1.960.338	1.800.000
Catanduva	1.094.626	1.000.000
Ribeirão Preto	1.271.409	800.000
Sertãozinho	609.066	1.000.000
Cambé	1.901.371	2.200.000
Anápolis	801.358	800.000

Fonte: Copersucar.

APÊNDICE 3 - FRETES RODOVIÁRIOS ENTRE  
AS USINAS PAULISTAS FILIADAS À COPERSUCAR  
E AS EMPACOTADORAS

Tabela 1 - Fretes Rodoviários entre as Usinas Paulistas filiadas à Copersucar e as Empacotadoras - Safra 73/74.

Unidade: Cr\$/saco 60 kg

Nº	LOCALIZAÇÃO	E M P A C O T A D O R A S							
		São Paulo	Piracicaba	Rib. Preto	Jaú	Catanduva	Cambé	Anápolis	Sertãozinho
1	Santa Bárbara D'Oeste	1,050	0,517	1,388	1,325	1,759	2,440	3,402	1,453
2	Iracemápolis	1,255	0,353	1,264	1,193	1,662	2,411	3,330	1,333
3	Rio das Pedras	1,303	0,353	1,436	1,264	1,698	2,392	3,357	1,500
4	Capivari	1,206	0,609	1,428	1,346	1,838	2,349	3,480	1,492
5	Piracicaba	1,215	0,298	1,363	1,255	1,625	2,334	3,323	1,424
6	Leme	1,371	0,829	1,099	1,468	1,766	2,588	3,171	1,174
7	Santa Bárbara D'Oeste	1,050	0,533	1,388	1,325	1,759	2,440	3,402	1,453
8	Santa Bárbara D'Oeste	1,050	0,449	1,416	1,354	1,759	2,440	3,402	1,480
9	Iracemápolis	1,255	0,403	1,260	1,193	1,662	2,411	3,330	1,716
10	Piracicaba	1,215	0,234	1,367	1,303	1,625	2,334	3,323	1,428
11	Piracicaba	1,215	0,155	1,396	1,260	1,625	2,334	3,323	1,461
12	Itapira	1,255	0,919	1,508	1,449	1,465	2,620	3,391	1,569
13	Araras	1,299	0,678	1,137	1,303	1,698	2,536	3,216	1,211
14	Piracicaba	1,215	0,090	1,367	1,193	1,625	2,334	3,323	1,428
15	Porto Feliz	1,034	0,863	1,607	1,416	1,922	2,343	3,576	1,666
16	Rafard	1,206	0,623	1,492	1,428	1,838	2,349	3,480	1,554
17	Rio Claro	1,282	0,572	1,325	0,999	1,488	2,437	3,241	1,392
18	Santa Bárbara D'Oeste	1,050	0,449	1,420	1,338	1,759	2,440	3,402	1,484
19	Capivari	1,206	0,609	1,531	1,468	1,838	2,349	3,480	1,592
20	Piracicaba	1,260	0,261	1,404	1,342	1,695	2,334	3,346	1,468
21	Araras	1,299	0,678	1,137	1,286	1,698	2,536	3,216	1,211
22	Boituva	1,064	0,805	1,569	1,428	1,932	2,334	3,649	1,629
23	Piracicaba	1,215	0,353	1,316	1,251	1,625	2,334	3,323	1,383
24	Elias Fausto	1,160	0,744	1,546	1,472	1,990	2,375	3,497	1,607
25	Araras	1,299	0,678	1,137	1,229	1,698	2,536	3,216	1,211
26	Rio das Pedras	1,303	0,431	1,367	1,303	1,695	2,392	3,357	1,432
27	Rio das Pedras	1,303	0,431	1,367	1,303	1,695	2,392	3,357	1,432
28	Mogi Guaçu	1,233	1,024	1,367	1,468	1,831	2,607	3,321	1,432
29	Mococa	1,658	1,392	1,009	1,669	1,773	2,702	3,134	1,089
30	Pirassununga	1,441	1,039	0,973	1,303	1,546	2,392	3,129	1,054
31	Sta. Rita do P. Quatro	1,577	1,108	0,678	1,303	1,535	2,528	3,045	0,908
32	Maracá	1,734	2,156	2,308	1,622	1,800	1,303	3,451	2,354
33	Assis	2,285	2,156	2,308	1,622	1,800	1,215	3,389	2,354
34	Oriente	2,386	1,889	1,990	1,367	1,546	1,546	3,131	2,044
35	Quatã	2,531	2,420	2,561	1,935	1,865	1,428	3,431	2,604
36	Ipauçu	1,922	1,737	1,984	1,359	1,984	1,375	3,845	2,035
37	Ourinhos	2,016	1,909	2,141	1,558	2,048	1,303	3,785	2,187
38	Lençóis Paulista	1,872	1,197	1,558	0,781	1,684	1,915	3,346	1,618
39	Barra Bonita	1,889	1,215	1,346	0,384	1,432	2,060	3,223	1,412
40	Barra Bonita	1,889	1,215	1,346	0,384	1,432	2,060	3,223	1,412

Tabela 1 (Continuação)

Unidade: Cr\$/saco 60 kg

U S I N A S		E M P A C O T A D O R A S							
NR	LOCALIZAÇÃO	São Paulo	Piracicaba	Rib. Preto	Jaú	Catanduva	Cambé	Anápolis	Sertãozinho
41	Jaú	1,977	1,260	1,346	0,353	1,321	1,964	3,160	1,412
42	Jaú	1,977	1,170	1,303	0,298	1,321	1,964	3,160	1,371
43	Pirajuí	2,181	1,622	1,677	0,946	1,316	1,737	3,138	1,618
44	Dois Córregos	1,958	1,146	1,277	0,484	1,461	2,098	3,229	1,346
45	Maracatuba	1,935	1,260	1,428	0,533	1,684	1,948	3,253	1,492
46	São Manoel	1,762	1,074	1,468	0,609	1,527	1,968	3,278	1,531
47	Ibatê	1,622	1,099	1,034	0,903	1,103	2,352	3,053	1,113
48	Descalvado	1,713	1,099	0,973	1,050	1,333	1,831	2,960	1,054
49	Nova Europa	1,889	1,441	1,206	1,094	1,179	2,044	3,115	1,132
50	Araraquara	1,702	1,183	0,852	0,811	1,009	1,948	2,985	0,903
51	Américo Brasiliense	1,945	1,206	0,823	0,840	1,034	2,013	3,026	0,756
52	Matão	2,035	1,329	1,146	0,999	0,811	2,369	2,876	0,875
53	Araraquara	1,702	1,142	0,952	0,811	1,009	1,948	2,985	0,973
54	Araraquara	1,702	1,229	0,973	0,835	1,024	1,948	2,985	0,994
55	Guariba	2,029	1,342	0,805	1,039	1,074	2,383	2,820	0,635
56	Jaboticabal	2,085	1,354	0,712	1,074	0,919	2,550	2,769	0,533
57	Dobrada	2,038	1,338	0,863	1,054	1,074	2,420	2,876	0,663
58	Jaboticabal	2,085	1,441	0,762	1,174	1,024	2,550	2,769	0,594
59	Pradópolis	1,971	1,468	0,564	1,206	1,260	2,501	2,926	0,492
60	Aricanha	2,019	1,592	1,034	1,233	0,309	2,331	2,848	1,193
61	Severina	2,193	1,759	0,919	1,468	0,805	2,431	2,657	0,988
62	Catanduva	2,035	1,581	1,084	1,299	0,172	2,285	2,785	1,146
63	Catanduva	2,085	1,614	1,099	1,303	0,234	2,285	2,785	1,165
64	Novo Horizonte	2,232	1,864	1,408	1,519	0,805	2,171	2,858	1,464
65	Sertãozinho	1,990	1,539	0,579	1,453	1,170	2,668	2,848	0,413
66	Pontal	1,990	1,554	0,609	1,468	1,193	2,668	2,848	0,449
67	Pontal	1,990	1,558	0,616	1,472	1,197	2,601	2,848	0,458
68	Serrana	1,925	1,476	0,449	1,388	1,286	2,601	2,928	0,609
69	Serrana	1,925	1,516	0,533	1,428	1,238	2,601	2,928	0,678
70	Pontal	1,990	1,424	0,549	1,436	1,156	2,668	2,848	0,374
71	Sertãozinho	1,905	1,453	0,484	1,404	1,118	2,588	2,838	0,261
72	Sertãozinho	1,895	1,441	0,363	1,350	1,069	2,588	2,838	0,155
73	Sertãozinho	1,905	1,492	0,484	1,404	1,118	2,588	2,838	0,384
74	Sertãozinho	1,899	1,484	0,467	1,396	1,108	2,588	2,838	0,205
75	Igarapava	2,308	1,892	1,188	1,848	1,695	2,868	2,647	1,215
76	Morro Agudo	2,085	1,666	0,805	1,584	1,379	2,712	2,908	0,672
77	Penápolis	2,473	1,838	1,737	1,468	1,260	2,057	2,970	1,698
78	Santa Rosa do Viterbo	1,771	1,234	0,762	1,539	1,554	2,671	3,098	0,883
79	Cerquillo	1,137	0,623	1,607	1,396	2,019	2,193	3,451	1,666

Tabela 2 - Fretes Rodoviários entre as Usinas Paulistas filiadas à Coper  
sucar e as Empacotadoras - Safra 74/75

Unidade: Cr\$/saco 60 kg

Nº	LOCALIZAÇÃO	E M P A C O T A D O R A S							
		São Paulo	Piracicaba	Rib. Preto	Juá	Catanduva	Cambé	Anápolis	Sertãozinho
1	Santa Bárbara D'Oeste	1,560	0,681	2,163	2,049	2,854	4,188	6,182	2,282
2	Iracemápolis	1,924	0,436	1,939	1,811	2,672	4,131	6,029	2,064
3	Rio das Pedras	2,010	0,436	2,252	1,939	2,740	4,091	6,086	2,369
4	Capivari	1,836	0,824	2,237	2,087	3,006	4,006	6,347	2,355
5	Piracicaba	1,852	0,356	2,117	1,924	2,603	3,977	6,015	2,230
6	Leme	2,133	1,183	1,645	2,311	2,868	4,487	5,693	1,779
7	Santa Bárbara D'Oeste	1,560	0,706	2,163	2,049	2,854	4,188	6,182	2,282
8	Santa Bárbara D'Oeste	1,560	0,578	2,215	2,102	2,854	4,188	6,182	2,333
9	Iracemápolis	1,924	0,509	1,932	1,811	2,672	4,131	6,029	2,774
10	Piracicaba	1,852	0,269	2,125	2,010	2,603	3,977	6,015	2,237
11	Piracicaba	1,852	0,166	2,178	1,932	2,603	3,977	6,015	2,296
12	Itapira	1,924	1,335	2,384	2,274	3,019	4,553	6,158	2,498
13	Araras	2,002	0,936	1,713	2,010	2,740	4,383	5,787	1,844
14	Piracicaba	1,852	0,087	2,125	1,811	2,603	3,977	6,015	2,237
15	Porto Feliz	1,533	1,241	2,568	2,215	3,167	3,994	6,552	2,679
16	Rafard	1,836	0,847	2,355	2,237	3,006	4,006	6,347	2,469
17	Rio Claro	1,971	0,766	2,049	1,472	2,347	4,182	5,840	2,170
18	Santa Bárbara D'Oeste	1,560	0,578	2,223	2,072	2,854	4,188	6,182	2,340
19	Capivari	1,836	0,824	2,427	2,311	3,006	4,006	6,347	2,540
20	Piracicaba	1,932	0,305	2,193	2,079	2,733	3,977	6,063	2,311
21	Araras	2,002	0,936	1,713	1,979	2,740	4,383	5,787	1,844
22	Boituva	1,585	1,143	2,498	2,237	3,186	3,977	6,709	2,610
23	Piracicaba	1,852	0,436	2,033	1,916	2,603	3,977	6,015	2,155
24	Elias Fausto	1,754	1,042	2,455	2,318	3,299	4,057	6,385	2,568
25	Araras	2,002	0,936	1,713	1,876	2,740	4,383	5,787	1,844
26	Rio das Pedras	2,010	0,551	2,125	2,010	2,733	4,091	6,086	2,245
27	Rio das Pedras	2,010	0,551	2,125	2,010	2,733	4,091	6,086	2,245
28	Mogi Guaçu	1,884	1,516	2,125	2,311	2,993	4,525	6,010	2,245
29	Mococa	2,665	2,170	1,489	2,686	2,881	4,720	5,614	1,628
30	Pirassununga	2,260	1,542	1,427	2,010	2,455	4,091	5,604	1,568
31	Sta. Rita do P. Quatro	2,512	1,662	0,936	2,010	2,434	4,366	5,430	1,317
34	Oriente	4,080	3,103	3,299	2,125	2,455	2,455	5,609	3,405
35	Quatã	4,372	4,148	4,432	3,192	3,058	2,237	6,243	4,520
36	Ipauçu	3,167	2,814	3,287	2,110	3,287	2,140	7,134	3,386
37	Ourinhos	3,349	3,141	3,594	2,477	3,411	2,010	7,004	3,684
38	Lençóis Paulista	3,071	1,819	2,477	1,103	2,713	3,154	6,063	2,589
39	Barra Bonita	3,103	1,852	2,087	0,480	2,245	3,436	5,801	2,208
40	Barra Bonita	3,103	1,852	2,087	0,480	2,245	3,436	5,801	2,208

Tabela 2 (Continuação)

Unidade: Cr\$/saco 60 kg

U S I N A S		E M P A C O T A D O R A S							
Nº	LOCALIZAÇÃO	São Paulo	Piracicaba	Rib. Preto	Jaú	Catanduva	Cambé	Anápolis	Sertãozinho
41 -	Jaú	3,274	1,932	2,087	0,436	2,041	3,249	5,669	2,208
42 -	Jaú	3,274	1,770	2,010	0,356	2,041	3,249	5,669	2,133
43 -	Pirajuí	3,672	2,596	2,699	1,381	2,033	2,814	5,624	2,589
44 -	Dois Córregos	3,237	1,729	1,963	0,630	2,296	3,509	5,816	2,087
45 -	Maracatuba	3,192	1,932	2,237	0,706	2,713	3,218	5,865	2,355
46 -	São Manoel	2,861	1,603	2,311	0,824	2,420	3,255	5,918	2,427
47 -	Ibaté	2,596	1,645	1,533	1,307	1,654	4,011	5,445	1,671
48 -	Descalvado	2,767	1,645	1,427	1,560	2,064	2,993	5,252	1,568
49 -	Nova Europa	3,103	2,260	1,836	1,637	1,787	3,405	5,575	1,704
50 -	Araraquara	2,747	1,795	1,222	1,153	1,489	3,218	5,303	1,307
51 -	Américo Brasiliense	3,211	1,836	1,173	1,202	1,533	3,343	5,389	1,062
52 -	Matão	3,386	2,056	1,729	1,472	1,153	4,046	5,077	1,260
53 -	Araraquara	2,747	1,721	1,390	1,153	1,489	3,218	5,303	1,427
54 -	Araraquara	2,747	1,876	1,427	1,192	1,516	3,218	5,303	1,463
55 -	Guariba	3,374	2,079	1,143	1,542	1,603	4,074	4,963	1,192
56 -	Jaboticabal	3,485	2,102	0,989	1,603	1,335	4,410	4,858	0,706
57 -	Dobrada	3,393	2,072	1,241	1,568	1,603	4,148	5,077	1,241
58 -	Jaboticabal	3,485	2,260	1,073	1,779	1,516	4,410	4,858	0,801
59 -	Pradópolis	3,262	2,311	0,754	1,836	1,932	4,311	5,181	0,643
60 -	Arianha	3,355	2,540	1,533	1,884	0,373	3,971	5,020	1,811
61 -	Severina	3,696	2,854	1,335	2,311	1,143	4,171	4,628	1,454
62 -	Catanduva	3,485	2,519	1,620	2,002	0,188	3,878	4,889	1,729
63 -	Catanduva	3,485	2,582	1,645	2,010	0,269	3,878	4,889	1,762
64 -	Novo Horizonte	3,773	2,940	2,200	2,405	1,143	3,654	5,041	2,304
65 -	Sertãozinho	3,299	2,441	0,778	2,282	1,770	4,650	5,020	0,523
66 -	Pontal	3,299	2,469	0,824	2,311	1,811	4,650	5,020	0,578
67 -	Pontal	3,299	2,477	0,836	2,318	1,819	4,515	5,020	0,591
68 -	Serrana	3,173	2,326	0,578	2,163	1,979	4,515	5,186	0,824
69 -	Serrana	3,173	2,398	0,706	2,237	1,892	4,515	5,186	0,936
70 -	Pontal	3,299	2,230	0,730	2,252	1,746	4,650	5,020	0,465
72 -	Sertãozinho	3,116	2,260	0,451	2,095	1,594	4,487	5,000	0,166
73 -	Sertãozinho	3,135	2,355	0,630	2,193	1,679	4,487	5,000	0,480
74 -	Sertãozinho	3,122	2,340	0,604	2,178	1,662	4,487	5,000	0,230
75 -	Igarapava	3,925	3,109	1,803	3,025	2,733	5,062	4,607	1,852
77 -	Penápolis	4,255	3,006	2,814	2,311	1,932	3,430	5,273	2,740
78 -	Santa Rosa do Viterbo	2,868	1,884	1,103	2,453	2,455	4,650	5,432	1,241
79 -	Carquião	1,887	0,989	2,498	2,215	3,167	3,878	6,503	2,672

APÊNDICE 4 - FRETES FERROVIÁRIOS ENTRE  
AS USINAS PAULISTAS FILIADAS À COPERSUCAR  
E AS EMPACOTADORAS



Tabela 1 - Fretes Ferroviários entre as Usinas Paulistas filiadas a Copersucar e as Empacotadoras - Safra 73/74\*

Unidade: Cr\$/saco 60 kg

U S I N A S		E M P A C O T A D O R A S							
Nº	LOCALIZAÇÃO	São Paulo	Piracicaba	Jaú	Catanduva	Rib. Preto	Sertãozinho	Anápolis	Cambé
1	Santa Bárbara D'Oeste	2,938	99,99 <sup>(**)</sup>	2,328	2,918	3,158	3,158	6,748	5,308
2	Iracemópolis	3,081	99,99	2,591	2,701	3,301	3,181	6,841	5,331
3	Rio das Pedras	2,718	99,99	2,511	3,101	3,268	3,388	6,868	5,308
4	Capivari	2,646	99,99	2,496	2,966	3,206	3,316	6,866	5,276
5	Piracicaba	2,838	99,99	2,511	3,101	3,268	3,508	6,968	5,388
6	Leme	3,282	99,99	2,322	2,792	3,502	3,382	6,962	5,382
7	Santa Bárbara D'Oeste	2,938	99,99	2,328	2,918	3,158	3,158	6,748	5,308
8	Santa Bárbara D'Oeste	2,938	99,99	2,328	2,918	3,331	3,571	7,031	5,451
9	Iracemópolis	3,083	99,99	2,593	2,703	3,346	3,586	7,046	5,466
10	Piracicaba	2,878	99,99	2,448	3,038	3,268	3,508	6,968	5,388
11	Piracicaba	2,878	99,99	2,448	3,088	3,268	3,508	6,968	5,388
12	Itapira	2,958	99,99	2,763	3,353	2,413	2,643	6,423	5,423
13	Araras	2,952	99,99	2,202	2,672	3,392	3,262	6,892	5,302
14	Piracicaba	2,878	99,99	2,448	3,088	3,268	3,508	6,968	5,388
15	Porto Feliz	2,477	99,99	2,907	3,877	3,737	3,797	7,297	4,447
16	Rafard	2,592	99,99	2,792	3,382	3,152	3,262	6,812	5,222
17	Rio Claro	2,955	99,99	1,975	2,565	3,395	3,265	6,895	5,225
18	Santa Bárbara D'Oeste	2,935	99,99	2,328	2,918	3,364	3,604	7,064	5,484
19	Capivari	2,598	99,99	2,798	3,388	3,158	3,268	6,818	5,228
20	Piracicaba	2,878	99,99	2,448	3,088	3,268	3,508	6,968	5,388
21	Araras	2,952	99,99	2,202	2,672	3,392	3,262	6,892	5,302
22	Boituva	2,422	99,99	2,852	3,822	3,682	3,742	7,242	4,392
23	Piracicaba	2,941	99,99	2,512	3,101	3,331	3,571	7,031	5,451
24	Elias Fausto	2,598	99,99	2,798	3,388	3,158	3,368	6,818	5,228
25	Araras	2,952	99,99	2,202	2,672	3,392	3,263	6,892	5,302
26	Rio das Pedras	2,718	99,99	2,511	3,101	3,268	3,388	6,868	5,308
27	Rio das Pedras	2,718	99,99	2,511	3,101	3,268	3,388	6,868	5,308
28	Mogi Guaçu	3,066	2,436	2,906	3,496	2,436	2,676	6,486	5,566
29	Mococa	3,771	2,786	3,621	4,151	2,441	2,551	6,621	6,141
30	Pirassununga	3,522	2,082	2,442	3,032	3,742	3,622	7,032	5,522
31	Sta. Rita do P. Quatro	4,072	3,322	2,558	3,148	99,99	99,99	5,602	6,102
32	Maracá	4,416	4,316	3,686	4,686	4,976	5,126	8,106	3,576
33	Assis	4,416	4,316	3,686	4,686	4,976	5,126	8,106	3,576
34	Oriente	4,858	3,538	2,358	3,798	4,628	4,458	7,698	4,958
35	Quatã	4,372	4,282	3,762	4,732	5,012	5,082	8,022	3,622
36	Ipauçu	3,692	3,272	2,972	4,192	4,172	4,542	7,792	3,072
37	Ourinhos	3,902	3,972	3,162	3,332	4,632	4,772	7,902	2,502
38	Lençóis Paulista	3,305	3,365	99,99	3,442	4,205	4,285	7,625	3,985
39	Barra Bonita	3,276	3,356	99,99	2,883	4,226	4,296	7,646	3,956
40	Barra Bonita	3,276	3,356	99,99	2,883	4,226	4,296	7,646	3,956

Tabela 1 (Continuação)

Unidade: Cr\$/saco 60 kg

Nº	U S I N A S LOCALIZAÇÃO	E M P A C O T A D O R A S							
		São Paulo	Piracicaba	Jau	Catanduva	Rib. Preto	Sertãozinho	Anápolis	Cambé
41 - Jau		3,872	2,562	99,99	2,912	4,352	4,422	7,772	4,082
42 - Jau		3,901	2,471	99,99	2,821	4,352	4,422	7,772	4,082
43 - Pirajui		4,218	4,478	2,468	4,008	5,208	5,278	8,558	5,068
44 - Dois Córregos		3,762	2,322	99,99	2,672	4,352	4,422	7,772	4,082
45 - Maracatuba		3,370	3,450	99,99	3,442	4,270	4,350	7,690	4,050
46 - São Manoel		3,072	3,272	99,99	3,632	4,072	4,142	7,562	3,872
47 - Ibaté		3,451	2,231	2,001	2,111	3,891	3,711	7,141	5,251
48 - Descalvado		3,711	2,271	2,859	3,449	3,931	3,811	7,301	5,361
49 - Nova Europa		4,262	2,822	2,702	2,472	4,422	4,262	7,752	5,802
50 - Araraquara		3,719	2,351	2,231	2,001	3,951	3,791	7,281	5,331
51 - Américo Brasiliense		3,762	2,442	2,202	2,082	3,922	3,842	7,254	5,382
52 - Matão		3,901	2,591	2,351	99,99	4,031	3,961	7,361	5,481
53 - Araraquara		3,642	2,202	2,082	2,082	3,862	3,682	7,112	5,222
54 - Araraquara		3,791	2,351	2,231	2,001	3,951	3,791	7,281	5,331
55 - Guariba		3,992	2,672	2,442	99,99	4,082	3,912	7,402	5,522
56 - Jaboticabal		4,210	2,890	2,660	2,420	99,99	99,99	7,570	5,700
57 - Dobrada		3,992	2,672	2,442	99,99	4,082	3,912	7,402	5,522
58 - Jaboticabal		3,830	2,511	2,448	2,568	4,088	3,988	7,408	5,528
59 - Pradópolis		3,821	2,511	2,281	2,161	3,921	3,821	7,241	5,361
60 - Ariranha		4,381	2,941	2,821	99,99	4,331	4,161	7,581	5,701
61 - Severina		4,852	3,532	3,412	99,99	99,99	99,99	8,052	6,242
62 - Catanduva		4,352	3,032	2,793	99,99	4,302	4,202	7,552	5,742
63 - Catanduva		4,381	3,061	2,812	99,99	4,331	4,211	7,581	5,771
64 - Novo Horizonte		4,852	3,532	3,292	99,99	4,802	4,702	8,052	6,242
65 - Sertãozinho		4,046	3,476	2,172	2,382	99,99	99,99	5,746	6,156
66 - Pontal		4,065	3,495	2,701	2,471	99,99	99,99	5,765	6,175
67 - Pontal		4,065	3,495	2,703	2,473	99,99	99,99	5,765	6,175
68 - Serrana		3,983	3,353	3,813	4,103	99,99	99,99	5,743	6,083
69 - Serrana		4,043	3,473	3,813	4,173	99,99	99,99	5,743	6,153
70 - Pontal		4,065	3,495	2,763	2,533	99,99	99,99	5,765	6,175
71 - Sertãozinho		4,065	3,495	2,622	2,382	99,99	99,99	5,765	6,175
72 - Sertãozinho		4,043	3,473	2,622	2,382	99,99	99,99	5,623	6,083
73 - Sertãozinho		4,112	2,792	2,562	2,322	99,99	99,99	5,825	6,265
74 - Sertãozinho		4,065	3,495	2,622	2,382	99,99	99,99	5,765	6,175
75 - Igarapava		3,331	3,791	4,091	4,381	99,99	99,99	4,521	6,361
76 - Morro Agudo		4,272	3,742	4,032	4,402	99,99	99,99	5,422	6,382
77 - Penápolis		5,008	5,088	3,078	4,618	5,818	5,888	9,168	5,678
78 - Santa Rosa do Viterbo		3,461	2,841	3,191	3,721	99,99	99,99	4,641	6,431
79 - Cerquilha		2,472	2,562	2,672	3,842	3,682	3,762	7,182	4,212

(\*) Para o cálculo dos fretes foram utilizadas as tabelas relacionadas no final deste Apêndice.

(\*\*) Os fretes de valor 99,99 foram atribuídos com o intuito de tornar proibitivas as rotas em questão.

Tabela 2 - Fretes Ferroviários entre as Usinas Paulistas filiadas à Copersucar e as Empacotadoras - Safra 74/75\*

Unidade: Cr\$/saco 60 kg

Nº	LOCALIZAÇÃO	E M P A C O T A D O R A S							
		São Paulo	Piracicaba	Jaú	Catanduva	Rib. Preto	Sertãozinho	Anápolis	Cambé
1	Santa Bárbara D'Oeste	3,779	99,99 <sup>(**)</sup>	2,992	3,725	3,725	4,018	8,476	6,693
2	Iracemápolis	3,865	99,99	2,639	3,372	3,881	3,958	8,508	6,633
3	Rio das Pedras	3,508	99,99	3,259	3,991	4,165	4,311	8,750	6,693
4	Capivari	3,482	99,99	3,112	3,845	4,138	4,285	8,779	6,722
5	Piracicaba	3,655	99,99	3,259	3,991	4,165	4,457	8,750	6,784
6	Leme	4,158	99,99	2,932	3,518	4,101	4,251	8,690	6,724
7	Santa Bárbara D'Oeste	3,779	99,99	2,992	3,725	3,725	4,018	8,476	6,693
8	Santa Bárbara D'Oeste	3,775	99,99	2,992	3,725	4,285	4,577	8,870	6,904
9	Iracemápolis	3,775	99,99	2,699	3,432	4,285	4,577	8,870	6,904
10	Piracicaba	3,655	99,99	3,139	3,871	4,165	4,457	8,750	6,784
11	Piracicaba	3,655	99,99	3,139	3,871	4,165	4,457	8,750	6,784
12	Itapira	3,741	99,99	3,518	4,251	3,679	3,372	8,052	6,815
13	Araras	3,531	99,99	2,786	3,372	3,958	4,105	8,599	6,633
14	Piracicaba	3,655	99,99	3,139	3,871	4,165	4,457	8,750	6,804
15	Porto Feliz	3,188	99,99	3,698	4,907	4,724	4,816	9,114	5,604
16	Rafard	3,302	99,99	3,518	4,251	3,958	4,105	8,599	6,542
17	Rio Claro	4,071	99,99	2,552	3,285	4,018	4,165	8,659	6,602
18	Santa Bárbara D'Oeste	3,835	99,99	2,992	3,705	4,345	4,637	8,930	6,984
19	Capivari	3,362	99,99	3,578	4,111	4,018	4,165	8,659	6,602
20	Piracicaba	3,655	99,99	3,139	3,871	4,165	4,457	8,750	6,804
21	Araras	4,011	99,99	2,786	3,372	3,958	4,105	8,599	6,633
22	Boituva	3,128	99,99	3,638	4,847	4,664	4,756	9,084	5,544
23	Piracicaba	3,775	99,99	3,259	3,991	4,285	4,577	8,870	6,924
24	Elias Fausto	3,362	99,99	3,578	4,311	4,018	4,165	8,629	6,602
25	Araras	4,011	99,99	2,786	3,372	3,958	4,105	8,599	6,633
26	Rio das Pedras	3,508	99,99	3,259	3,991	4,165	4,311	8,750	6,693
27	Rio das Pedras	3,508	99,99	3,259	3,991	4,165	4,311	8,750	6,693
28	Mogi Guaçu	3,921	2,819	3,698	4,431	3,112	3,405	8,140	6,995
29	Mococa	4,661	3,852	4,438	5,116	2,972	3,119	8,167	7,569
30	Pirassununga	4,451	2,639	3,079	3,811	4,397	4,544	8,781	6,908
31	Sta. Rita do P. Quatro	5,120	4,165	3,259	3,991	99,99	99,99	6,978	7,605
34	Oriente	6,063	4,397	2,932	4,727	5,456	5,548	9,602	6,157
35	Quatã	5,516	5,365	4,727	5,912	5,365	6,551	10,012	4,545
36	Ipauçu	4,681	4,696	3,725	5,243	5,608	5,699	9,708	3,872
37	Ourinhos	5,007	5,058	4,051	5,514	5,879	6,061	9,933	3,226
38	Lençóis Paulista	4,241	4,311	99,99	3,725	5,334	5,425	9,571	5,045
39	Barra Bonita	4,951	3,578	99,99	3,578	5,303	5,394	9,540	4,958
40	Barra Bonita	4,154	4,225	99,99	3,578	5,303	5,394	9,540	4,958

Tabela 2 (Continuação)

Unidade: Cr\$/saco 60 kg

Nº	USINAS LOCALIZAÇÃO	EMPACOTADORAS							
		São Paulo	Piracicaba	Jau	Catanduva	Rib. Preto	Sertãozinho	Anápolis	Cambé
41 - Jau		4,274	4,237	99,99	3,665	5,423	5,514	9,660	5,078
42 - Jau		4,274	4,237	99,99	3,518	5,423	5,514	9,660	5,078
43 - Pirajuí		5,545	5,625	3,164	6,024	6,551	6,643	10,099	5,822
44 - Dois Córregos		4,274	4,345	99,99	3,372	5,423	5,514	9,960	5,078
45 - Maracatuba		4,447	4,517	99,99	3,725	5,485	5,576	9,676	5,251
46 - São Manoel		4,128	4,345	99,99	4,784	5,332	5,423	9,660	5,078
47 - Ibaté		4,451	2,786	2,492	2,639	4,544	4,636	8,872	6,542
48 - Descalvado		4,631	2,818	2,672	2,966	4,577	4,724	9,052	6,630
49 - Nova Europa		5,284	3,472	3,326	3,032	4,176	5,267	9,595	6,795
50 - Araraquara		4,774	2,932	2,786	2,495	4,636	4,727	9,055	6,615
51 - Américo Brasiliense		4,774	3,079	2,786	2,639	4,636	4,818	9,055	6,724
52 - Matão		4,891	3,225	2,932	2,200	4,727	4,909	9,146	6,815
53 - Araraquara		3,598	2,786	2,639	2,639	4,544	4,636	8,872	6,542
54 - Araraquara		4,744	2,932	2,786	2,252	4,636	4,727	9,055	6,615
55 - Guariba		5,037	3,372	3,079	2,200	4,818	4,909	9,237	6,906
56 - Jaboticabal		5,304	3,638	3,345	3,052	99,99	5,120	9,448	7,118
57 - Dobrada		5,037	3,372	3,079	2,200	4,818	4,909	9,237	6,906
58 - Jaboticabal		5,097	3,432	3,139	2,992	4,878	5,060	9,297	6,966
59 - Pradópolis		4,827	3,162	2,869	2,722	4,608	4,790	9,027	7,026
60 - Ariranha		5,477	3,665	3,518	99,99	5,092	5,183	9,420	7,089
61 - Severina		6,017	4,351	4,205	99,99	5,723	5,814	9,960	7,360
62 - Catanduva		5,477	3,811	3,518	99,99	5,092	5,274	9,420	7,180
63 - Catanduva		5,477	3,811	3,518	99,99	5,092	5,274	9,420	7,180
64 - Novo Horizonte		6,017	4,351	4,058	99,99	5,632	5,814	9,960	7,360
65 - Sertãozinho		5,212	4,457	3,285	2,992	99,99	99,99	7,271	7,787
66 - Pontal		5,243	3,518	3,372	3,079	99,99	99,99	7,357	7,818
67 - Pontal		5,212	4,457	3,432	3,139	99,99	99,99	7,271	7,787
68 - Serrana		5,060	3,958	4,818	5,183	99,99	99,99	7,211	7,636
69 - Serrana		5,152	4,397	4,818	5,274	99,99	99,99	7,211	7,737
70 - Pontal		5,212	4,457	3,432	3,139	99,99	99,99	7,271	7,786
72 - Sertãozinho		5,152	4,397	3,285	2,992	99,99	99,99	9,065	7,636
73 - Sertãozinho		5,272	4,517	3,225	2,932	99,99	99,99	7,331	7,847
74 - Sertãozinho		5,212	4,457	3,285	2,992	99,99	99,99	7,271	7,787
75 - Igarapava		5,459	4,760	5,125	5,490	2,546	99,99	5,652	7,943
77 - Penápolis		6,308	6,378	3,887	7,777	7,290	7,396	10,638	6,559
78 - Santa Rosa do Viterbo		4,653	3,571	4,157	4,669	99,99	99,99	7,264	7,122
79 - Cerquilha		3,155	3,225	3,372	4,818	4,636	4,727	8,964	5,278

(\*) Para o cálculo dos fretes foram utilizadas as tabelas relacionadas no final deste Apêndice.

(\*\*) Os fretes de valor 99,99 foram atribuídos com o intuito de tornar proibitivas as rotas em questão.

TABELAS UTILIZADAS

Para a determinação do valor de cada componente necessário para o cálculo do frete ferroviário, utilizou-se das seguintes tabelas fornecidas pela FEPASA e pela Rede Ferroviária Federal:

Distância

- 1 - FEPASA — Quadro de Distâncias Quilométricas para Aplicação de Tarifas. Em vigor a partir de 1º de setembro de 1974.
- 2 - FEPASA — Distâncias Quilométricas das Estações da FEPASA aos respectivos entroncamentos. Circular DIRCO nº 014-74. Em vigor a partir de 01/03/74.
- 3 - R.F.F.S.A. — Tarifas Gerais 5.

Frete Rodoviário Auxiliar

- 1 - FEPASA — Circular DIRCO nº 48-73.  
Em vigor a partir de 01/06/73.
- 2 - FEPASA — Serviço Rodoviário Auxiliar.  
Em vigor a partir de 16/10/73.
- 3 - FEPASA — Circular DIRCO nº 04-74.  
Em vigor a partir de 01/02/74.
- 4 - FEPASA — Circular DIRCO nº 19-74.  
Em vigor a partir de 01/03/74.
- 5 - FEPASA — Circular DIRCO nº 39-74.  
Em vigor a partir de 01/04/74.

Tarifa Ferroviária

- 1 - FEPASA — Tarifa Quilométrica de Passageiros, Animais e Mercadorias.  
Em vigor a partir de 1º de fevereiro de 1973.
- 2 - FEPASA — Tarifa Quilométrica de Passageiros, Animais e Mercadorias.  
Em vigor a partir de 1º de março de 1974.
- 3 - FEPASA — Circular DIRCO nº 042-74.  
Em vigor a partir de 1º de abril de 1974.
- 4 - R.F.F.S.A. — Tarifas Gerais 5.
- 5 - R.F.F.S.A. — Tarifas Gerais 6.  
Em vigor a partir de 01/04/74.

Carretos de Entrega

- 1 - FEPASA — Serviço Rodoviário Auxiliar.  
Em vigor a partir de 16/10/73.
- 2 - FEPASA — Circular DIRCO nº 04-74.  
Em vigor a partir de 16/01/74.