

Análise de alternativas de rotas disponíveis para a movimentação de grãos e farelos através da hidrovia Tietê-Paraná

João Carlos Vianna de Oliveira*
José Vicente Caixeta Filho§

RESUMO

O transporte hidroviário é citado como sendo a modalidade mais econômica para o transporte de cargas volumosas. Em vista disso, uma série de expectativas são geradas em torno da hidrovia Tietê-Paraná, especialmente sobre a eventual redução do pesado custo de transporte dos grãos produzidos no Centro-Oeste brasileiro e movimentados para o Estado de São Paulo. Neste estudo, mediante a utilização de modelo de rede, observou-se que, para os preços considerados, as alternativas multimodais que incluem a passagem pela hidrovia sofreram concorrência de intensidade variável do transporte rodoviário, e que é determinada em função do par de origem-destino envolvido, do aumento da distância de percurso com relação ao transporte rodoviário, dos custos de transbordo e dos custos hidroviários.

Palavras-chave: transporte, sistemas hidroviários, modelos de rede.

ABSTRACT

The transportation through waterway systems is considered as the most economical one for bulk volumes. In view of that, there have been a lot of expectations from the Tietê-Paraná waterway system, specially on the eventual reduction of the heavy load of transportation costs for grains produced in the Center-West region of Brazil and demanded by São Paulo State. In this study, through the use of a network model, it is observed that multi-mode alternatives which include that alternative suffer competition of variable level from the road system, which is mainly determined as a function of the origin-destination pair involved, the increase in the distance hauled in comparison to the transportation through the highway system, the cost of transshipment and the waterway costs.

Key words: transportation, waterway systems, network models.

* Engenheiro Agrônomo e Mestre em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo.

§ Professor-Associado do Departamento de Economia e Sociologia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo.

1 Introdução

O transporte hidroviário tem sido comparado com outras modalidades, mostrando vantagens em vários aspectos, especialmente no que se refere ao baixo valor do seu frete (Ellwanger, 1995; CESP, 1992; Johnson & Wood, 1990; Koo *et alii*, 1985). Entretanto, ocorre que essa modalidade de transporte deve estar conjugada com outras modalidades para que os diversos pontos de origem e destino sejam atingidos. Assim sendo, a comparação entre as modalidades de transporte ganha maior sintonia com a realidade quando se consideram as alternativas multimodais e unimodais disponíveis para a ligação entre um par de origem e destino.

Tendo em vista esse referencial, este artigo tem como principal objetivo a análise das alternativas atualmente vigentes para a movimentação de grãos e farelos através da hidrovia Tietê-Paraná. A hidrovia Tietê-Paraná, com 1.043 quilômetros, é navegável desde Santa Maria da Serra, no rio Piracicaba, e Conchas, no rio Tietê, até a barragem de Água Vermelha, no rio Grande, em Minas Gerais, e a barragem de São Simão, no rio Paranaíba, em Goiás. Com a futura integração do rio Paraná ao rio Tietê, após a conclusão da eclusa de Jupia, será possibilitado o acesso a 1.600 quilômetros de vias principais, até Foz do Iguaçu.

Os fluxos tratados neste estudo dizem respeito ao transporte efetuado a partir das regiões produtoras dos Estados de Goiás e Mato Grosso com destino ao Estado de São Paulo (mercado interno) e ao porto de Santos (mercado externo).

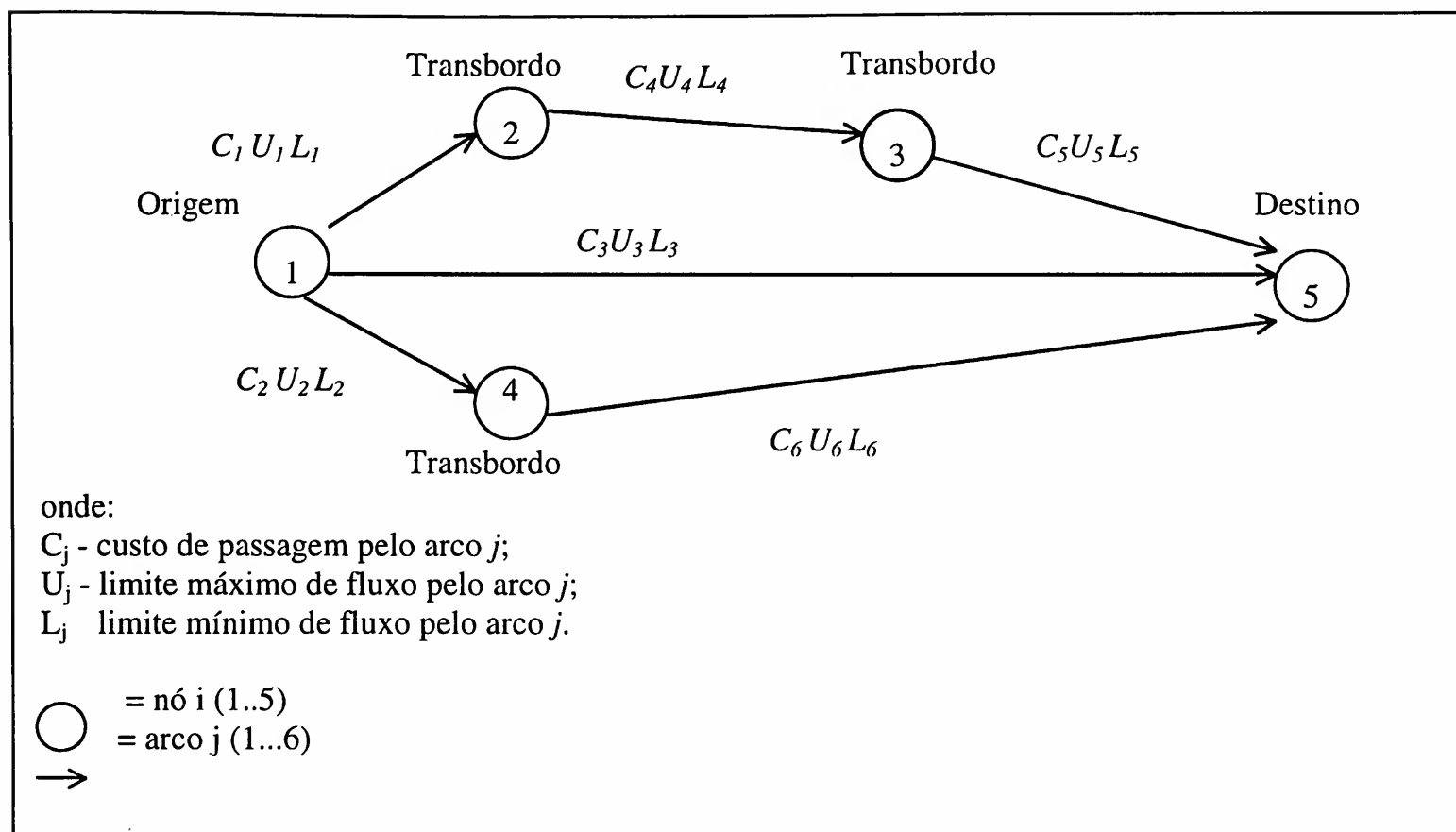
2 Método

Uma forma de se verificar a competitividade entre as alternativas de transporte é por meio da identificação da alternativa que oferece o serviço de menor preço para o usuário, o que pode ser obtido por modelos de rede. Com base nas diferenças de custo de transferência para o usuário, determinadas entre as alternativas de transporte, pode-se inferir possíveis inter-relações entre oferta e demanda.

De acordo com Koo & Larson (1985), um modelo de rede é tipicamente formulado a partir de nós e arcos de interconexão, conforme representado na Figura 1. Os nós representam elementos considerados no sistema e os arcos conectam estes nós. A cada nó está associado um custo unitário e restrições de capacidade. Segundo Wright (1980), dois são os pressupostos básicos do modelo de rede: a representação das regiões de origem e destino por nós, e a estimativa exógena de quantidades ofertadas e demandadas em cada região e período de tempo.

Figura 1

Representação de um Modelo de Rede Formado por 5 Nós e 6 Arcos de Interconexão



Uma série de características do problema de transporte pode ser contemplada por meio da modelagem de rede como, por exemplo, armazenamento, movimentação de vários produtos, cargas de retorno e custos crescentes ou decrescentes com o volume transportado.

Um modelo de rede foi utilizado por Veith & Bronzini (1977) e Hawnn & Sharp (1977) na determinação do caminho de menor custo para cada fluxo de mercadorias e, por consequência, na estimativa do tráfego no sistema hidroviário dos EUA. Como o sistema hidroviário corresponde a um elemento da rede multimodal de transporte americana, a previsão do tráfego foi realizada no contexto geral, o que se conseguiu mediante essa estrutura de modelagem. Os fluxos foram definidos quanto a regiões de origem e destino, tonelagem, tipo de mercadoria e restrições de capacidade.

O GEIPOT (1993) também utilizou um modelo de rede na análise da movimentação de grãos, operando com diversas modalidades e tendo como objetivo principal a redução dos custos de transporte. Foram realizadas simulações com base em cenários alternativos, sendo também analisados os motivos da não utilização de determinadas rotas.

Neste artigo, é utilizada a estrutura matemática de modelo de rede, representada pelas expressões (3), (4) e (5), de acordo com SAS Institute Inc. (1989):

$$\min \mathbf{c}^T \mathbf{x} \quad (3)$$

sujeito a

$$\mathbf{F}\mathbf{x} = \mathbf{b} \quad (4)$$

$$\mathbf{l} \leq \mathbf{x} \leq \mathbf{u} \quad (5)$$

onde:

\mathbf{c} = vetor de dimensão $(ax1)$, representativo dos custos associados aos fluxos pelos arcos j

\mathbf{x} = vetor de dimensão $(ax1)$, associado com variáveis resposta, que correspondem aos fluxos de carga por cada arco

\mathbf{F} = matriz de coeficientes (nxa) , identificadores do fluxo da rede

onde: F_{ij} é igual a -1 se o arco j tem nó i como destino
 1 se o arco j tem o nó i como origem
 0 para os demais casos

\mathbf{b} = vetor $(nx1)$ representativo das quantidades ofertadas e demandadas

onde: b_i é igual a s se o nó i tem capacidade de ofertar "s" unidades de fluxo
 - d se o nó i demanda "d" unidades de fluxo
 0 se o nó i for um nó de passagem

\mathbf{l} = vetor $(ax1)$ indicador do fluxo mínimo permitido pelos arcos

\mathbf{u} = vetor $(ax1)$ indicador do fluxo máximo permitido pelos arcos

sendo: a = número de arcos ($j = 1...a$)
 n = número de nós ($i = 1...n$)

Pela expressão (3), impõe-se a minimização da totalidade dos custos associados às movimentações de carga pelos arcos. Por outro lado, para que seja garantida a coerência quanto à seqüência de arcos que definem uma alternativa multimodal utiliza-se a restrição representada pela equação (4). Com tal equação garante-se a escolha de um arco (alternativa unimodal) ou de vários arcos (alternativa multimodal), sendo que para o segundo caso todos os arcos escolhidos fazem parte da representação de uma mesma alternativa.

O vetor c é a representação matemática dos custos associados ao movimento de uma unidade de mercadoria pelos arcos da rede de transporte. Esse custo, chamado de custo de transferência, inclui as despesas diretamente relacionadas com a distância (custos diretos) e as outras despesas que são função da qualidade do serviço prestado (custos indiretos). No presente artigo são considerados apenas os custos diretos, representados pelos valores de frete cobrados pelas empresas transportadoras. A avaliação dos custos indiretos depende de informações associadas ao perfil da demanda. Desta forma, a sua inclusão no modelo passaria por uma caracterização dos demandantes de transporte, etapa não realizada neste trabalho. Vários trabalhos realizados no Brasil, sobre análise de rotas, também optaram pelo tratamento apenas do valor do frete, como Toledo (1982), e GEIPOT (1983), que se utilizaram de “proxies” do custo indireto, tal como o tempo em trânsito.

No entanto, ao se trabalhar apenas com os custos diretos de movimentação de uma mercadoria, pode-se determinar níveis de referência (em termos de preços de fretes) que poderão balizar a decisão do usuário pela utilização dessa ou daquela rota, além de permitir avaliar se a diferença entre uma rota e outra seria suficiente para cobrir os custos indiretos e ainda oferecer uma economia com relação à alternativa concorrente.

O custo de transbordo foi considerado no modelo de fluxo de rede, sendo utilizado para toda transição entre duas modalidades diferentes. Por exemplo, a alternativa multimodal rodoviária-hidroviária-ferroviária apresenta dois transbordos; por outro lado, a rodoviária-ferroviária apresenta apenas um transbordo. No modelo, o custo de transbordo foi representado por um arco fictício, por onde o custo de passagem é o próprio preço da troca da mercadoria de uma modalidade de transporte para outra. Os custos de carregamento e descarregamento foram desconsiderados por incidirem igualmente sobre todas as rotas.

Quanto aos limites máximos e mínimos de fluxos pelos arcos, definidos pelos vetores u e l na equação (5), esses foram considerados iguais a um valor muito alto e a zero, respectivamente. Desta forma, não são consideradas, no modelo de rede adotado, as restrições de capacidades de transporte próprias de cada modalidade. Assim sendo, ao se pretender dar uma visão competitiva entre as alternativas, as capacidades das modalidades de transporte não foram consideradas como limitantes para este estudo. É esperado que os preços cobrados pelo serviço de transporte rodoviário e ferroviário já reflitam um equilíbrio entre a oferta e demanda dessas alternativas de transporte. Por outro lado, a estrutura de transporte hidroviário, em específico da hidrovía Tietê-Paraná, segundo informações levantadas por Oliveira (1996), ainda encontra-se longe de sua capacidade total. Portanto, foi considerado que a ausência dessa variável não compromete os resultados sobre a rota de menor preço para o usuário do serviço de transporte.

Por meio desse modelo de rede devem ser determinadas as rotas de menor preço pago pelo usuário do serviço de transporte, para as várias alternativas de rotas examinadas neste artigo, conforme explicitado na expressão (3).

Os principais pressupostos assumidos para a modelagem adotada são:

- ◆ a localização de cada uma das regiões produtoras pode ser representada por um nó;
- ◆ as origens e destinos foram definidas previamente, ou seja, tais variáveis são exógenas ao modelo;
- ◆ as capacidades das alternativas de transporte não serão consideradas, não se avaliando, assim, o impacto da quantidade movimentada sobre o preço (valor do frete);
- ◆ o preço é proporcional à distância de transporte. Dada a inexistência de informações de valores de frete cobrados para todas as rotas estudadas, é estimada a relação existente entre os valores de frete e distância percorrida, por meio de regressão linear. Outros fatores, como a qualidade das vias, não foram considerados como influenciadores do preço;
- ◆ não existe diferença do valor do frete cobrado entre os produtos (soja em grão, milho em grão e farelo de soja). Assumiu-se que os três produtos são tipicamente granéis sólidos, não implicando tecnologia de transporte diferenciada.

Os pares de origem e destino foram escolhidos com base nas movimentações de grãos e farelos que tenham pelo menos uma alternativa de transporte multimodal, e que inclua a passagem pela hidrovia Tietê-Paraná. Segundo levantamentos realizados por Oliveira (1996), a movimentação de grãos na hidrovia Tietê-Paraná tem fluxo definido, com origem no sul de Goiás e destino nas cidades do Estado de São Paulo e no porto Santos. Assim sendo, ao se propor a análise de rotas, procurou-se escolher os nós já explorados (não é propósito desse artigo a proposição de outras alternativas de pares de origem/destino).

Os pares de origem/destino utilizados foram classificados em dois grupos:

- ◆ grupo com destino ao porto de Santos e origem nas regiões produtoras de soja em grão, milho em grão e farelo de soja (Rondonópolis-MT, Rio Verde-GO, Jataí-GO, São Simão-GO);
- ◆ grupo com origem em Rio Verde-GO e São Simão-GO e com destino às cidades do Estado de São Paulo (Osvaldo Cruz, Ourinhos, Mairinque, Campinas, Tietê, Descalvado, Mogi Guaçu).

Considerando cada par de origem/destino como uma rota, são tratadas 18 rotas, cada uma com alternativas de transporte multimodal e uma alternativa unimodal rodoviária.

O preço do transporte ferroviário foi levantado na FEPASA e corresponde à média anual, em dólares americanos, para o ano de 1995. Essa informação foi considerada suficiente, pois a modalidade ferroviária, tratada neste artigo, é totalmente operada pela FEPASA, o que confere maior confiabilidade a esses dados, por se tratar de uma única fonte de informação de preço. Importante notar que a esse preço corresponde uma média dos preços cobrados nos contratos de venda.

Em função do pequeno volume de dados referentes aos preços cobrados pelo serviço de transporte rodoviário de grãos e farelos, optou-se por estimar uma equação, a partir da informação disponível, que possibilitasse uma estimativa do preço cobrado na modalidade, em função da distância. A utilização de uma equação que relaciona os valores de frete com a distância é uma prática observada em vários trabalhos (Fowkes *et alii*, 1991, Michaels *et alii*, 1982 e Vitale, 1980), que enfrentaram o mesmo problema de falta de informação.

Cuidados foram tomados como: a escolha de dados sobre rotas que fossem as mais próximas possíveis das rotas consideradas no presente artigo; restrição das estimativas às distâncias presentes nos dados originais; utilização exclusiva de dados referentes ao transporte de grãos e farelos (que demandam a mesma tecnologia de transporte de granéis sólidos). Para estimar tal equação, foram obtidos de Soares & Caixeta (1996) os dados primários, de preços (valores de frete em dólares americanos) de rotas iguais ou as mais próximas o possível das tratadas neste artigo, coletados para soja em grão, farelo de soja e milho em grão, referentes ao período de outubro de 1993 a outubro de 1996. A estimativa fundamentou-se no ajustamento de uma função significativa e de maior coeficiente de determinação (R^2).

Para os preços praticados na modalidade hidroviária, constatou-se a não existência de levantamentos de valores de frete praticados na hidrovía Tietê-Paraná. Sendo assim, optou-se pela utilização dos custos hidroviários obtidos do trabalho de Oliveira (1996). Esse autor realizou um trabalho voltado à hidrovía Tietê-Paraná, onde procurou avaliar os custos hidroviários¹ segundo o cenário real enfrentado pelas empresas e o cenário previsto em projetos. Contemplou-se, no trabalho de Oliveira (1996), uma possível variação de custos ocasionada pela intensidade de utilização do equipamento (número de viagens e porcentagem de carregamento) e pelo tipo de tecnologia (comboio simples e duplo).

1 Entende-se aqui, por custo hidroviário, o custo da empresa de navegação transportar uma tonelada por um quilômetro, incluindo-se os componentes fixos e variáveis

Com a informação do trabalho de Oliveira (1996), optou-se por utilizar o custo como uma “*proxy*” do preço, que seria o valor mínimo possível de ser praticado pelas empresas de transporte hidroviário no longo prazo. Se uma empresa operar, por exemplo, subutilizando o equipamento, os seus custos serão maiores e ela deverá, para se sustentar no longo prazo, elevar os seus preços. Ao contrário, utilizando uma adequada tecnologia e uma intensiva utilização do equipamento, a empresa trabalhará a custos mais baixos e poderá cobrar preços menores.

Para rotas onde a vantagem econômica da alternativa multimodal, que inclui a hidrovía, for muito grande, espera-se que o preço praticado na hidrovía se afaste do custo hidroviário, permitindo, inclusive, que a empresa trabalhe em condições menos otimizadas. Por outro lado, para rotas onde a diferença de preço entre a alternativa multimodal e a outra alternativa concorrente for pequena, a empresa será pressionada a praticar um preço muito próximo aos seus custos, que deveriam ser minimizados.

A ausência de informações sistemáticas de valores de fretes, para as três modalidades de transporte, impossibilitou o tratamento do fator sazonalidade pelo modelo. Os resultados devem ser interpretados como representativos de um comportamento médio, podendo, é claro, existir variações para mais ou para menos, conforme a época do ano.

Ao analisar alternativas de rotas de transporte de grãos e farelos, considerando a hidrovía Tietê-Paraná como elemento central, utilizou-se o modelo proposto contemplando a variação do custo hidroviário (“*proxy*” do preço) por meio de sua parametrização. Os vários processamentos do modelo foram realizados por intermédio do módulo de pesquisa operacional do software “SAS - Statistical Analysis System” (SAS Institute Inc., 1989). Neste *software*, o processamento de modelos de rede se utiliza de um algoritmo específico, uma variante do algoritmo Simplex revisado, que explora a estrutura do modelo de rede para reduzir o tempo de processamento.

3 Resultados

Os valores adotados para o custo hidroviário, como já salientado, representam a variação advinda do tipo de tecnologia de transporte (comboio simples e comboio duplo) combinada com a variação advinda da situação real enfrentada pelas empresas e da situação ideal considerada em projeto, caracterizadas por Oliveira (1996). Para o comboio simples,²

2 Embarcação padronizada para o transporte fluvial na hidrovía Tietê-Paraná, com capacidade de 2.200 t.

considerou-se o custo de US\$ 0,0195/t.km e o custo de US\$ 0,0125/t.km, respectivamente para a situação real e para a situação de projeto. Para o comboio duplo,³ considerou-se o custo de US\$ 0,0147/t.km e o custo de US\$ 0,0092/t.km, respectivamente para a situação real e para a situação de projeto.

Para a modalidade ferroviária foi considerado o valor igual a US\$ 0,01925/t.km, referente à média dos valores cobrados pela FEPASA,⁴ no ano de 1995, para o transporte dos produtos estudados.

Os valores de frete rodoviário foram obtidos por meio da estimação de uma equação ajustada aos dados levantados por Soares & Caixeta (1996), referentes aos fretes praticados em US\$/t no período de outubro de 1993 a outubro de 1996. A equação, os parâmetros estimados e os respectivos testes estatísticos podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1
Equação Expressando a Relação do Valor do Frete Rodoviário (em US\$/t) com a Distância (km) para os Produtos Soja, Milho e Farelo de Soja, Transportados no Período de Outubro de 1993 a Outubro de 1996

Equação	$FRETE = 2,375982 + 0,032202 \times \text{distância} - 0,000004029 \times \text{distância}^2$		
Teste t para os parâmetros	3,552**	21,992**	-5,229**
nº. de observações	687		
R ²	0,862		
Teste F para a equação	2133.316**		

Dados primários obtidos de Soares & Caixeta (1996).

** indica que o valor do teste é significativo a 1% de probabilidade.

A utilização da equação apresentada na Tabela 1 foi restrita às distâncias entre 55 e 1650 km, amplitude esta igual à observada nos dados utilizados para o ajustamento da equação. Não foram estimadas equações por produto, pois não se dispunha de dados suficientes. Os valores de frete estimados pela equação representam uma média praticada durante o ano, ou seja, não estão sendo consideradas as variações sazonais por meio da equação apresentada.

Para a estruturação completa do modelo de rede também foram considerados os valores cobrados para o transbordo da mercadoria, em casos de utilização da alternativa multimodal. O valor adotado para custos de transbordo foi de US\$ 1,50/t, valor observado em trabalhos formulados pela CESP (1995), GEIPOT (1993) e Vitale (1980).

3 Embarcação padronizada para o transporte fluvial na hidrovia Tietê-Paraná, com capacidade de 4.400 t.

4 Valor calculado a partir de dados fornecidos pelo Departamento de Planejamento Empresarial da FEPASA S.A.

3.1 Rotas com destino ao porto de Santos

As rotas com destino ao porto de Santos, com origem em São Simão (GO), Rio Verde (GO), Jataí (GO) e Rondonópolis (MT), estão relacionadas com a movimentação de soja em grão e farelo de soja para exportação.

Foram consideradas várias alternativas de transporte para a ligação entre as origens e os destinos adotados. Conforme o par de origem/destino, tem-se a alternativa unimodal rodoviária, e uma ou algumas das multimodais hidro-ferroviária, hidro-rodoviária, rodo-ferroviária, rodo-hidro-ferroviária, rodo-hidro-rodoviária. As distâncias associadas com cada alternativa de transporte são apresentadas na Tabela I do Anexo.

A Tabela 2 apresenta os resultados do processamento para as rotas com destino ao porto de Santos. Constam desta tabela (e das demais que lhe forem similares, referentes aos resultados do processamento) a alternativa de menor preço para o par origem/destino especificado, o preço a ser pago pelo serviço de transporte da alternativa escolhida, a alternativa concorrente,⁵ o preço a ser pago pelo serviço de transporte da alternativa concorrente e a diferença de preço entre a alternativa concorrente e a escolhida.

Tabela 2

Resultados da Utilização do Modelo para as Rotas com Destino a Santos, Processado para cada um dos Custos Hidroviários Associados ao Comboio Simples

Origem	Destino	Modalidade escolhida	Preço (US\$/t) [A]	Modalidade alternativa	Preço (US\$/t) [B]	Diferença [B-A]
custo hidroviário US\$ 0,0125/t.km						
São Simão	Santos	hidro-ferro	20,55	rodo	28,34	7,79
Rio Verde	Santos	rodo-hidro-ferro	29,05	rodo	30,55	1,50
Jataí	Santos	rodo-hidro-ferro	30,42	rodo-ferro	32,70	2,28
Rondonópolis	Santos	rodo	40,80	rodo-hidro-ferro	40,88	0,08
custo hidroviário US\$ 0,0195/t.km						
São Simão	Santos	hidro-ferro	25,03	rodo	28,34	3,31
Rio Verde	Santos	rodo	30,55	rodo-hidro-ferro	33,53	2,98
Jataí	Santos	rodo-ferro	32,70	rodo-hidro-ferro	34,90	2,20
Rondonópolis	Santos	rodo	40,80	rodo-hidro-ferro	45,36	4,56

5 Quando a alternativa multimodal, que incluir a hidrovia, for a de menor preço, será apresentada a concorrente que incluir a alternativa rodo ou rodo-ferro, e que for de menor preço. Se a alternativa rodo ou rodo-ferro for a de menor preço, será apresentada a concorrente multimodal, que incluir a hidrovia, e que for de menor preço.

Para a rota São Simão-Santos, a alternativa multimodal (hidro-ferroviária) apresentou preços menores em relação ao transporte unimodal (rodoviário), para as duas situações de custo hidroviário. Por outro lado, a alternativa multimodal rodo-hidro-ferro sofreu concorrência da unimodal rodoviária e multimodal rodo-ferro, quando se considerou o custo hidroviário (US\$ 0,0195/t.km), representativo de uma situação mais real das empresas de transporte hidroviário, de acordo com o trabalho de Oliveira (1996).

Quando se considerou a utilização do comboio duplo para o transporte hidroviário (vide Tabela 3), as alternativas multimodais hidro-ferroviária e rodo-hidro-ferroviária foram menos dispendiosas, para o custo hidroviário igual a US\$ 0,0092/t.km. Por outro lado, o aumento do custo hidroviário para US\$ 0,0147/t.km tornou a alternativa rodo-hidro-ferroviária das rotas Jataí-Santos e Rondonópolis-Santos mais dispendiosa que as alternativas rodoviária e rodo-ferro. Para a rota Rio Verde-Santos a alternativa rodo-hidro-ferroviária foi menos dispendiosa que a concorrente imediata, nas duas situações de custo hidroviário. Este fato pode ser explicado pela menor participação da modalidade rodoviária na quilometragem total, na alternativa multimodal rodo-hidro-ferroviária da rota Rio Verde-Santos do que para as rotas Jataí-Santos e Rondonópolis-Santos (ver Tabela I do Anexo).

Tabela 3

Resultados da Utilização do Modelo para as Rotas com Destino a Santos-SP, Processado para cada um dos Custos Hidroviários Associados ao Comboio Duplo

Origem	Destino	Modalidade escolhida	Preço (US\$/t) [A]	Modalidade alternativa	Preço (US\$/t) [B]	Diferença [B-A]
custo hidroviário US\$ 0,0092/t.km						
São Simão	Santos	hidro-ferro	18,44	rodo	28,34	9,91
Rio Verde	Santos	rodo-hidro-ferro	26,94	rodo	30,55	3,61
Jataí	Santos	rodo-hidro-ferro	28,31	rodo-ferro	32,71	4,40
Rondonópolis	Santos	rodo-hidro-ferro	38,77	rodo	40,80	2,03
custo hidroviário US\$ 0,0147/t.km						
São Simão	Santos	hidro-ferro	21,96	rodo	28,34	6,39
Rio Verde	Santos	rodo-hidro-ferro	30,45	rodo	30,54	0,09
Jataí	Santos	rodo-ferro	31,60	rodo-hidro-ferro	31,83	0,23
Rondonópolis	Santos	rodo	40,80	rodo-hidro-ferro	42,29	1,49

3.2 Rotas com destino a algumas cidades do Estado de São Paulo

Nessa análise optou-se pela fixação do local de origem em dois pontos, um que implica a necessidade de uso da modalidade rodoviária para a conexão com a hidrovia e o outro que não necessita da referida conexão. Foram assim consideradas como origens as cidades de Rio Verde (GO) e São Simão (GO), e como destinos as seguintes cidades do Estado de São Paulo: Osvaldo Cruz, Ourinhos, Mairinque, Campinas, Tietê, Descalvado e Mogi-Guaçu. Essas cidades foram escolhidas por serem demandantes de soja, milho e farelo de soja, para suprir a produção das indústrias produtoras de óleo e as granjas de avicultura e suinocultura, como também pelo fato de já terem figurado como destino em uma rota que passa pela hidrovia. Ainda considerou-se nessa escolha a distribuição geográfica das cidades, segundo um posicionamento circundante aos terminais de transbordo hidroviário de Pederneiras, Santa Maria da Serra e Anhembi.

De acordo com a posição do ponto de destino as alternativas de transporte se modificam. Por exemplo, a rota Rio Verde–Campinas possui as alternativas unimodal rodoviária e as multimodais rodo-ferro, rodo-hidro-ferroviária e rodo-hidro-rodo. Por outro lado, a rota Rio Verde-Descalvado possui a alternativa unimodal rodoviária e apenas a multimodal rodo-hidro-rodo. As distâncias associadas com cada alternativa de transporte podem ser visualizadas na Tabela II do Anexo.

Percebe-se, da Tabela 4, que a alternativa unimodal (rodoviária) compete com as alternativas multimodais rodo-hidro-ferroviária e rodo-hidro-rodoviária, de acordo com a rota considerada, para a situação de custo hidroviário igual a US\$ 0,0125/t.km. Por outro lado, ao se considerar o custo hidroviário (US\$ 0,0195/t.km) mais próximo da realidade das empresas que estão operando com o transporte hidroviário, a alternativa unimodal rodoviária supera em preço as multimodais rodo-hidro-ferroviária e rodo-hidro-rodoviária em todas as rotas.

Para o caso dos custos hidroviários referentes ao comboio duplo, os resultados do processamento para as rotas estudadas podem ser visualizados na Tabela 5.

A superioridade da alternativa multimodal (rodo-hidro-ferro) em relação à unimodal rodoviária ocorre em todos os casos que envolvam um custo hidroviário de US\$ 0,0092/t.km. No entanto, com o aumento do custo hidroviário para US\$ 0,0147/t.km, a superioridade cai especialmente no caso da alternativa multimodal rodo-hidro-rodoviária, não se observando vantagem competitiva dessa alternativa com relação à alternativa unimodal rodoviária. A alternativa rodo-hidro-ferroviária apresentou preços menores, sendo menos dispendiosa que a alternativa unimodal rodoviária em várias rotas, para as duas situações de custo hidroviário.

Tabela 4**Resultados da Utilização do Modelo para as Rotas com Origem em Rio Verde-GO, Processado para cada um dos Custos Hidroviários Associados ao Comboio Simples**

Origem	Destino	Modalidade escolhida	Preço (US\$/t) [A]	Modalidade alternativa	Preço (US\$/t) [B]	Diferença [B-A]
custo hidroviário US\$ 0,0125/t.km						
Rio Verde	Osvaldo Cruz	rodo	18,03	rodo-hidro-ferro	19,08	1,05
Rio Verde	Descalvado	rodo	22,94	rodo-hidro-rodo	26,61	3,67
Rio Verde	Campinas	rodo-hidro-ferro	23,87	rodo	27,09	3,22
Rio Verde	Tietê	rodo	24,84	rodo-hidro-rodo	26,26	1,42
Rio Verde	Ourinhos	rodo-hidro-ferro	24,92	rodo	28,99	4,07
Rio Verde	Mogi Guaçu	rodo-hidro-rodo	26,58	rodo	27,04	0,46
Rio Verde	Mairinque	rodo-hidro-ferro	26,82	rodo	29,33	2,51
custo hidroviário US\$ 0,0195/t.km						
Rio Verde	Osvaldo Cruz	rodo	18,03	rodo-hidro-ferro	21,94	3,91
Rio Verde	Descalvado	rodo	22,94	rodo-hidro-rodo	31,22	8,28
Rio Verde	Tietê	rodo	24,84	rodo-hidro-rodo	31,57	6,73
Rio Verde	Mogi Guaçu	rodo	27,04	rodo-hidro-rodo	31,19	4,15
Rio Verde	Campinas	rodo	27,09	rodo-hidro-ferro	28,35	1,26
Rio Verde	Ourinhos	rodo	28,23	rodo-hidro-ferro	31,16	2,93
Rio Verde	Mairinque	rodo	29,33	rodo-hidro-ferro	31,30	1,97

Tabela 5**Resultados da Utilização do Modelo para as Rotas com Origem em Rio Verde-GO, Processado para cada um dos Custos Hidroviários Associados ao Comboio Duplo**

Origem	Destino	Modalidade escolhida	Custo transf. (US\$/t) [A]	Modalidade alternativa	Custo transf. (US\$/t) [B]	Diferença [B-A]
custo hidroviário US\$ 0,0092/t.km						
Rio Verde	Osvaldo Cruz	rodo-hidro-ferro	17,72	rodo	18,03	0,31
Rio Verde	Ourinhos	rodo-hidro-ferro	23,36	rodo	28,99	5,63
Rio Verde	Mairinque	rodo-hidro-ferro	24,71	rodo	29,33	4,62
Rio Verde	Campinas	rodo-hidro-ferro	21,76	rodo	27,10	5,34
Rio Verde	Tietê	rodo-hidro-rodo	23,75	rodo	24,84	1,09
Rio Verde	Descalvado	rodo	22,94	rodo-hidro-rodo	24,43	1,49
Rio Verde	Mogi Guaçu	rodo-hidro-rodo	24,96	rodo	27,03	2,07
custo hidroviário US\$ 0,0147/t.km						
Rio Verde	Osvaldo Cruz	rodo	18,03	rodo-hidro-ferro	19,98	1,95
Rio Verde	Ourinhos	rodo-hidro-ferro	25,96	rodo	28,99	3,03
Rio Verde	Mairinque	rodo-hidro-ferro	28,23	rodo	29,33	1,10
Rio Verde	Campinas	rodo-hidro-ferro	25,28	rodo	27,09	1,81
Rio Verde	Tietê	rodo	24,84	rodo-hidro-rodo	27,93	3,09
Rio Verde	Descalvado	rodo	22,94	rodo-hidro-rodo	28,06	5,12
Rio Verde	Mogi Guaçu	rodo	27,04	rodo-hidro-rodo	28,03	0,99

As rotas com origem em São Simão (GO) têm os resultados apresentados nas Tabelas 6 e 7. Na Tabela 6, para a rota São Simão-Descalvado, a alternativa rodoviária apresentou preços menores para as duas situações de custo hidroviário. O posicionamento geográfico de Descalvado favorece a alternativa rodoviária, de distância menor que a alternativa multimodal (ver Tabela II do Anexo). Para os demais casos, notou-se que a alternativa multimodal foi bastante competitiva, sendo a hidro-ferroviária superior à hidro-rodoviária. Por outro lado, da Tabela 7 percebe-se a nítida vantagem das alternativas multimodais, em função do menor custo hidroviário referente à utilização do comboio duplo.

A origem em São Simão (GO) é restritiva quanto aos produtos, uma vez que o farelo de soja é o único produzido junto à hidrovía. Deve-se ainda considerar que a movimentação de farelo de soja para o abastecimento interno destina-se à produção animal, que movimenta volumes pequenos, com maior frequência e necessidade de entrega rápida. Sendo assim, a utilização dessas rotas seria viável se a comercialização e o transporte fossem geridos por empresa que utilizasse o transporte hidroviário para deslocar grandes volumes até as proximidades dos centros consumidores, e posteriormente os distribuísse de forma fragmentada.

Tabela 6

Resultados da Utilização do Modelo para as Rotas com Origem em São Simão-Go, Processado para cada um dos Custos Hidroviários Associados ao Comboio Simples

Origem	Destino	Modalidade escolhida	Preço (US\$/t) [A]	Modalidade alternativa	Preço (US\$/t) [B]	Diferença [B-A]
custo hidroviário US\$ 0,0125/t.km						
São Simão	Osvaldo Cruz	hidro-ferro	10,58	rodo	12,42	1,84
São Simão	Ourinhos	hidro-ferro	16,42	rodo	24,03	7,61
São Simão	Mairinque	hidro-ferro	18,32	rodo	24,39	6,07
São Simão	Campinas	hidro-ferro	15,37	rodo	22,01	6,64
São Simão	Tietê	hidro-rodo	17,76	rodo	19,62	1,86
São Simão	Descalvado	rodo	17,61	hidro-rodo	17,74	0,13
São Simão	Mogi Guaçu	hidro-rodo	18,84	rodo	21,96	3,12
custo hidroviário US\$ 0,0195/t.km						
São Simão	Osvaldo Cruz	rodo	12,42	hidro-ferro	13,45	1,03
São Simão	Ourinhos	hidro-ferro	19,73	rodo	24,03	4,30
São Simão	Mairinque	hidro-ferro	22,80	rodo	24,39	1,59
São Simão	Campinas	hidro-ferro	19,85	rodo	22,01	2,16
São Simão	Tietê	rodo	19,62	hidro-rodo	23,07	3,45
São Simão	Descalvado	rodo	17,61	hidro-rodo	22,22	4,61
São Simão	Mogi Guaçu	rodo	21,96	hidro-rodo	23,88	1,92

Tabela 7**Resultados da Utilização do Modelo para as Rotas com Origem em São Simão-Go, Processado para cada um dos Custos Hidroviários Associados ao Comboio Duplo**

Origem	Destino	Modalidade escolhida	Preço (US\$/t) [A]	Modalidade alternativa	Preço (US\$/t) [B]	Diferença [B-A]
custo hidroviário US\$ 0,0092/t.km						
São Simão	Osvaldo Cruz	hidro-ferro	9,22	rodo	11,66	3,20
São Simão	Ourinhos	hidro-ferro	14,86	rodo	24,03	9,17
São Simão	Mairinque	hidro-ferro	16,20	rodo	24,39	8,19
São Simão	Campinas	hidro-ferro	13,25	rodo	22,01	8,76
São Simão	Tietê	hidro-rodo	15,25	rodo	19,62	4,37
São Simão	Descalvado	hidro-rodo	15,62	rodo	17,61	1,99
São Simão	Mogi Guaçu	hidro-rodo	16,46	rodo	21,96	5,50
custo hidroviário US\$ 0,0147/t.km						
São Simão	Osvaldo Cruz	hidro-ferro	11,48	rodo	12,42	0,94
São Simão	Ourinhos	hidro-ferro	17,46	rodo	24,03	6,57
São Simão	Mairinque	hidro-ferro	19,72	rodo	24,39	4,67
São Simão	Campinas	hidro-ferro	16,77	rodo	22,01	5,24
São Simão	Tietê	hidro-rodo	19,63	rodo	19,82	0,19
São Simão	Descalvado	rodo	17,61	hidro-rodo	19,14	1,53
São Simão	Mogi Guaçu	hidro-rodo	20,42	rodo	21,96	1,54

4 Análise de sensibilidade dos resultados

A alternativa multimodal, que inclui a passagem pela hidrovia, sofreu a concorrência do transporte rodoviário em intensidade variável, de acordo com a rota e a condição hidroviária (custos hidroviários associados ao tipo de tecnologia e a situação real e a de projeto).

Para as rotas com destino ao porto de Santos, a Tabela 8 apresenta as diferenças médias para a alternativa multimodal, que incluiu a hidrovia, com relação à alternativa unimodal rodoviária.

Tabela 8

Diferença Porcentual Média do Preço das Alternativas Multimodais com Relação à Alternativa Rodoviária, para as Condições Consideradas do Transporte Hidroviário e Rotas com Destino a Santos

Condição hidroviária		Diferença de preço (%) alternativa multimodal			
Tecnologia de transporte	custo hidroviário (US\$/t.km)	h-f	h-r	r-h-f	r-h-r
comboio duplo	0,0092	-34,97	-23,34	-11,26	-1,75
comboio simples	0,0125	-27,49	-14,71	-1,06	9,40
comboio duplo	0,0147	-22,55	-8,98	-1,69	9,41
comboio simples	0,0195	-11,68	3,55	6,10	19,49

onde: r = rodovia; h = hidrovia e f = ferrovia.

Da Tabela 8 percebe-se que as maiores diferenças negativas, que correspondem a uma opção mais econômica que o transporte rodoviário direto, estão associadas às alternativas multimodais (**h-f** e **h-r**), que não incluem a opção rodoviária na coleta da carga. A origem junto à hidrovia aplica-se apenas ao farelo de soja. Para o caso de soja em grão e milho em grão deve existir, necessariamente, a conexão rodoviária na alternativa multimodal, uma vez que esses produtos não são produzidos às margens da hidrovia. No caso da alternativa multimodal incluir a modalidade rodoviária, a alternativa **r-h-f** se apresentou melhor que a **r-h-r**, ou seja, a inclusão da modalidade rodoviária nas duas pontas do transporte multimodal reduziu a sua competitividade.

Ainda, na Tabela 8, pode-se observar a influência da condição hidroviária sobre a competitividade das alternativas multimodais. Observa-se que o comboio duplo foi o que apresentou maior economia (menor preço), para o custo hidroviário de US\$ 0,0092/t.km estimado em projeto. Para a condição mais próxima da realidade (custo hidroviário de US\$ 0,0147/t.km), a diferença percentual fica dependente do tipo de alternativa multimodal, -22,55% para a **h-f** e +9,41% para a **r-h-r**. Por outro lado, o mesmo comportamento é observado para o comboio simples, destacando-se que na condição mais próxima da realidade a alternativa multimodal apresenta-se com preço maior que a rodoviária, com exceção da **h-f**.

Para o caso das rotas com destino a cidades do Estado de São Paulo, as diferenças obtidas pelo uso da alternativa multimodal com relação à unimodal rodoviária podem ser visualizadas na Tabela 9.

Tabela 9
Diferença Percentual Média do Preço das Alternativas Multimodais com Relação à Alternativa Rodoviária, para as Condições Consideradas do Transporte Hidroviário e Rotas com Destino a Algumas Cidades do Estado de São Paulo

Condição hidroviária		Diferença de preço (%) alternativa multimodal			
Tecnologia de transporte	custo hidroviário (US\$/t.km)	h-f	h-r	r-h-f	r-h-r
comboio duplo	0,0092	-29,94	-9,92	-14,16	1,25
comboio simples	0,0125	-25,55	0,33	-7,17	10,49
comboio duplo	0,0147	-24,02	7,58	-2,54	15,94
comboio simples	0,0195	-6,48	24,72	7,62	28,75

Na Tabela 9 observam-se diferenças percentuais médias das alternativas multimodais com relação ao concorrente unimodal rodoviário, variando de -29,94% a +28,75% conforme o custo hidroviário considerado. A rota multimodal **r-h-r** apresentou todas as diferenças positivas, sinalizando que para todas as rotas consideradas, independente do custo hidroviário, fica com preço maior para o usuário utilizar a alternativa multimodal que a unimodal rodoviária. Por outro lado, a alternativa **h-f** apresentou todos os valores negativos, indicando menores preços com relação ao concorrente rodoviário.

As variações da diferença percentual do transporte multimodal com relação ao unimodal rodoviário podem também ser vistas segundo os terminais hidroviários de desembarque (Tabela 10). Os terminais de Anhembi, Araçatuba e Santa Maria da Serra, que possuem transbordo exclusivo para a modalidade rodoviária, apresentaram diferenças negativas apenas na condição hidroviária prevista em projeto para o comboio duplo. Por outro lado, os terminais de Panorama, Presidente Epitácio e Pederneiras, que possuem conexão ferroviária, apresentaram diferenças negativas, indicando maior economia com relação à alternativa unimodal rodoviária.

Tabela 10
Diferença Porcentual Média do Preço das Alternativas Multimodais com Relação à Alternativa Rodoviária, Segundo os Terminais Hidroviários de Descarga

Condição hidroviária		Diferença de preço (%)					
Tecnologia de transporte	custo hidroviário (US\$/t.km)	Anhembi	Araçatuba	Santa Maria	Panorama	Pres. Epitácio	Pederneiras
comboio duplo	0,0092	-2,37	10,03	-6,92	-4,96	-28,79	-13,74
comboio simples	0,0125	9,12	10,21	3,99	-4,81	-22,85	-5,77
comboio duplo	0,0147	15,80	8,10	10,23	-7,48	-18,90	1,49
comboio simples	0,0195	31,50	26,59	25,79	15,02	-10,26	13,61

A diferença de custo da alternativa multimodal com relação à alternativa unimodal rodoviária reflete o efeito agregado de uma série de elementos associados ao transporte multimodal. Entre eles: a variação da distância de percurso da alternativa multimodal com relação à alternativa unimodal rodoviária, a variação do custo hidroviário e o custo de transbordo.

No caso do custo de transbordo ou valor pago pelo usuário do serviço de transporte pela transferência da mercadoria de uma modalidade para outra, este foi considerado fixo e igual a US\$ 1,50/t. Para identificar a significância do valor dessa operação no preço final pago pelo usuário, o modelo foi novamente processado para todas as rotas alterando-se o valor do custo de transbordo para US\$ 1,00/t e depois para US\$ 2,00/t. Nas Figuras 2 e 3 plotaram-se as diferenças percentuais médias de todas as rotas e custos hidroviários tratados, para cada um dos custos de transbordo. Cada gráfico também apresenta uma caixa (*“Box Plot”*) utilizada para mostrar onde se encontram a média e 95% dos pontos plotados. Assim sendo, para os preços e as rotas considerados nesse artigo, a variação do custo de transbordo não resultou em alterações significativas para a diferença média entre o preço da alternativa multimodal e o preço da unimodal rodoviária (Figura 2). Para cada tipo de alternativa multimodal (Figura 3), a reação foi semelhante, não sendo a variação do custo de transbordo suficiente para alterar o grau de relacionamento entre a alternativa multimodal e a alternativa unimodal rodoviária. Por exemplo, para o caso da alternativa **h-f**, a mesma se revelou mais econômica que a opção unimodal rodoviária para os três níveis de custo de transbordo simulados. Já a alternativa **h-r** foi sempre mais dispendiosa que a concorrente rodoviária.

Figura 2

Varição da Diferença Porcentual entre a Alternativa Multimodal e a Unimodal Rodoviária, com Relação à Alteração do Custo de Transbordo

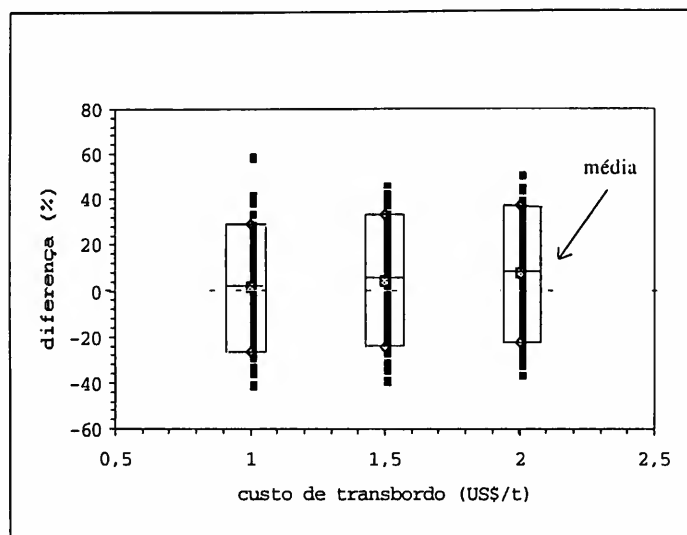
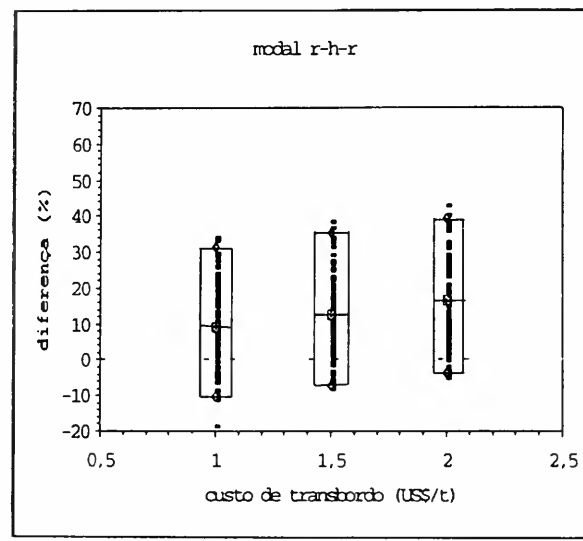
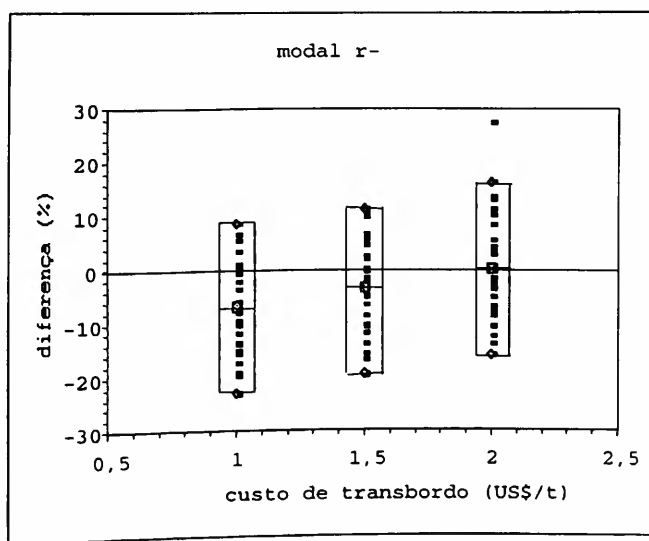
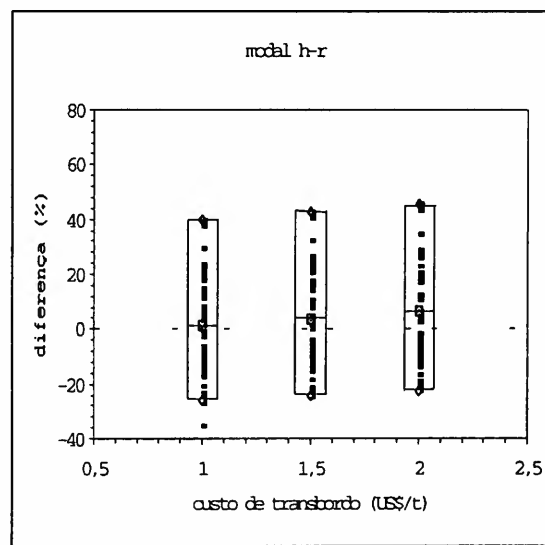
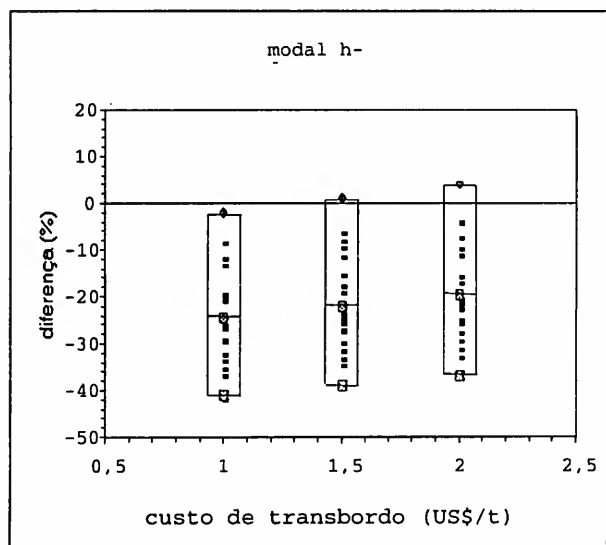


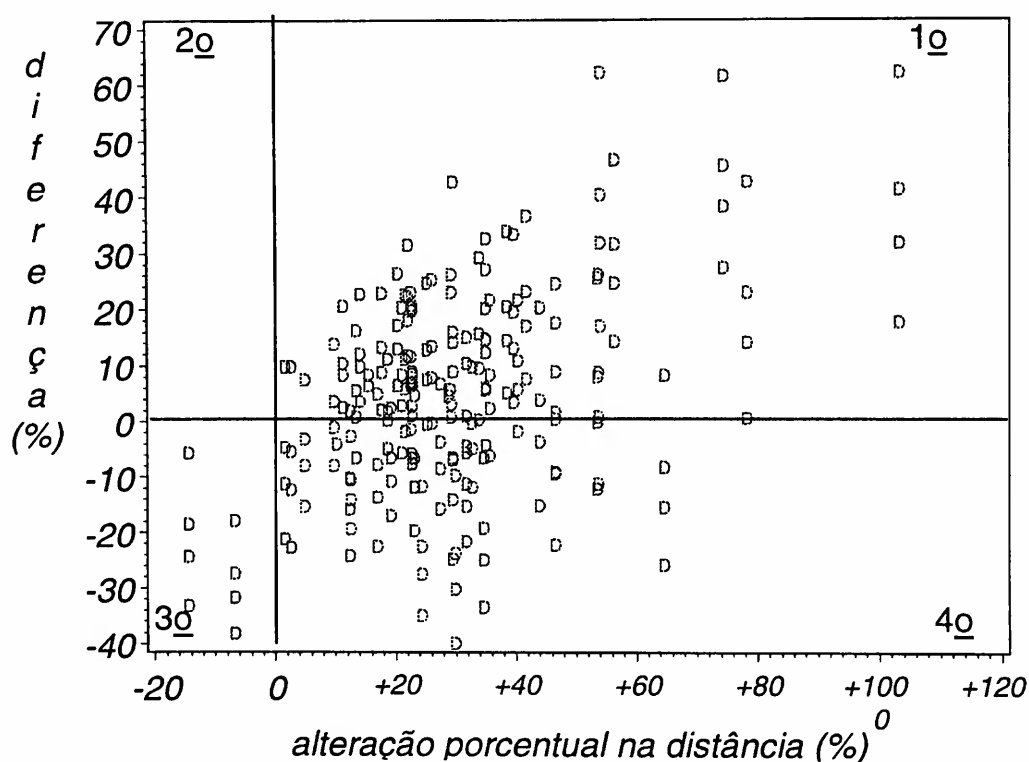
Figura 3

Varição da Diferença Porcentual entre a Alternativa Multimodal e a Unimodal Rodoviária, com Relação à Alteração do Custo de Transbordo, para cada Alternativa de Transporte



Observa-se, na Figura 4, que a maioria das rotas multimodais apresentou distâncias percorridas maiores que a rota concorrente unimodal rodoviária (vide a maior concentração de pontos localizados nos 1º e 4º quadrantes). Ao mesmo tempo, a variação da diferença de preço entre alternativa multimodal e unimodal rodoviária apresentou correlação positiva significativa (coeficiente de correlação igual a 0,46997) com a variação da distância. Sendo assim, o aumento da distância percorrida pelas rotas multimodais foi um fator de elevação do preço desta rota com relação ao concorrente rodoviário.

Figura 4
Comportamento da Variação da Diferença de Preço entre as Alternativas Multimodais e Unimodal Rodoviária, com Relação à Alteração da Distância entre essas duas Alternativas



Uma outra representação que pode ilustrar a competitividade das alternativas multimodais estudadas com relação ao transporte rodoviário é obtida por meio das Figuras 5 e 6. Na Figura 5, pode-se visualizar o comportamento geral do frete das alternativas multimodais e da unimodal rodoviária. De forma geral, a alternativa multimodal apresentou um número maior de valores de frete inferiores aos da unimodal rodoviária, para distâncias inferiores 1.000 km, não se observando um aumento da vantagem das alternativas multimodais com o aumento da distância rodoviária. Por outro lado, desagregando-se a informação segundo as alternativas multimodais (Figura 6), pode-se notar que a alternativa **r-h-r** apresenta a maioria dos valores

acima daqueles correspondentes à alternativa rodoviária, independente da distância; a alternativa **r-h-f** apresenta vantagem para as distâncias entre 800 km e 1.200 km; a alternativa **h-r** apresenta um maior número de valores menores que o frete rodoviário, com o aumento da distância; e a **h-f** apresenta valores menores que o frete rodoviário, independente da distância.

Figura 5

Comportamento Geral dos Valores de Frete (US\$/t) das Alternativas Multimodais e da Unimodal Rodoviária, com Relação à Distância da Unimodal Rodoviária

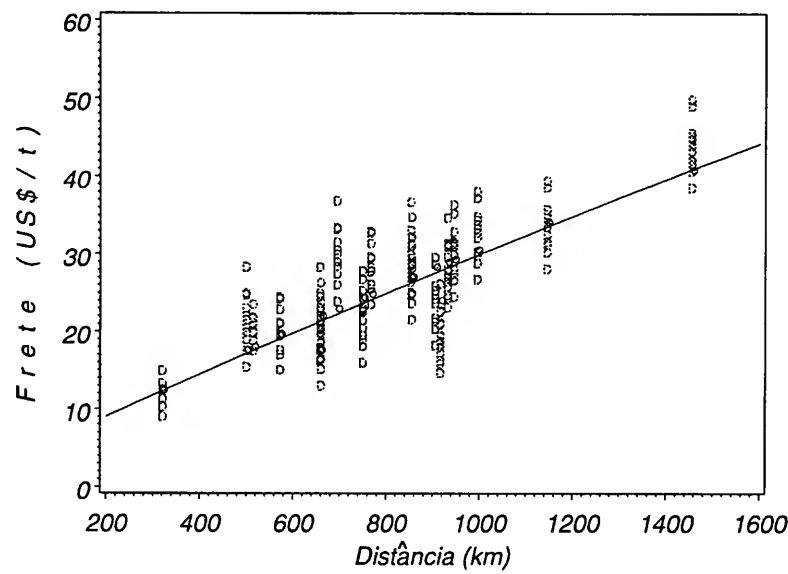
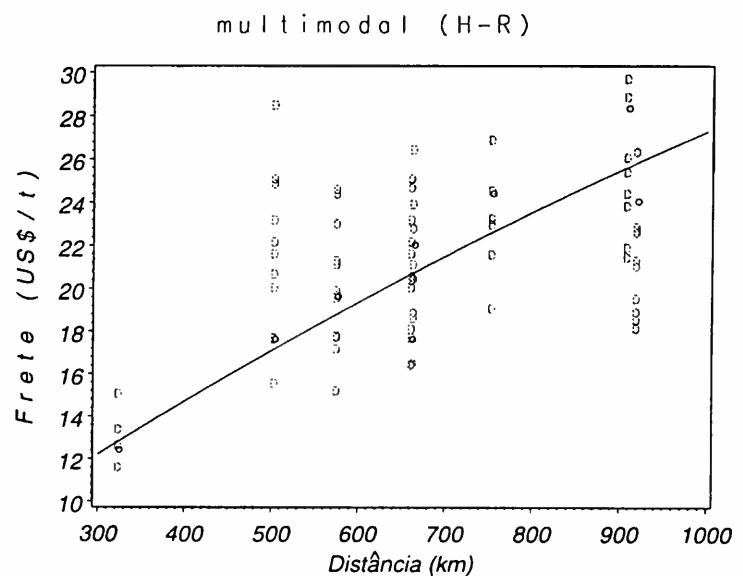
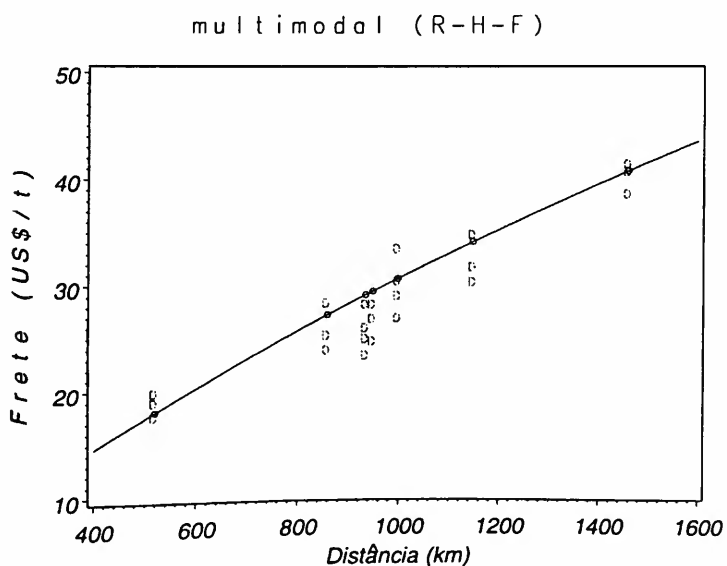
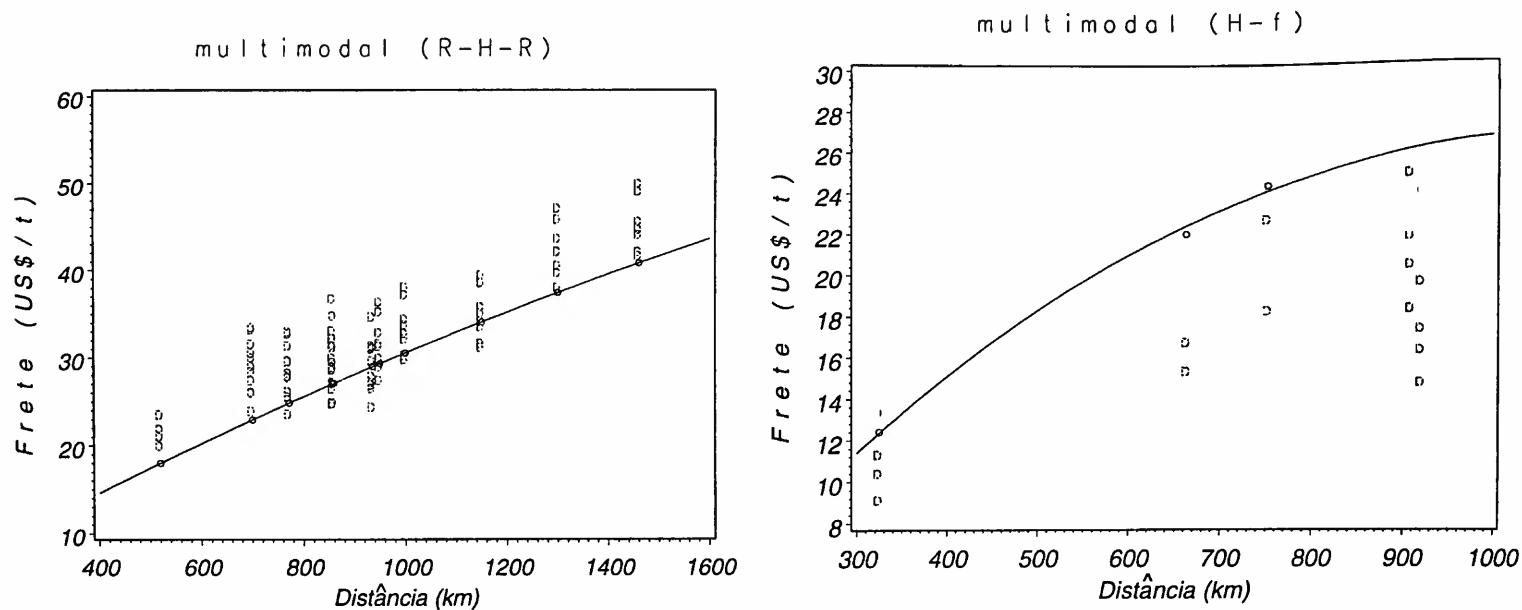


Figura 6

Comportamento do Valor de Frete (US\$/t) da Alternativa Multimodal e da Unimodal Rodoviária, com Relação à Distância da Unimodal Rodoviária, para cada Alternativa de Transporte 5 Considerações finais





5 Considerações finais

Da análise dos resultados apresentados, para os preços considerados neste artigo, percebe-se que a alternativa multimodal **h-f** apresenta uma vantagem nítida com relação à alternativa unimodal rodoviária. No entanto, a sua utilização restringe-se a cargas oriundas de pólos localizados junto à hidrovia Tietê-Paraná, o que é ainda o caso de apenas uma indústria de óleo de soja, que utiliza a referida alternativa de transporte para escoar o farelo de soja com destino a Santos.

Os demais produtos, soja em grão e milho em grão, necessariamente estão associados às alternativas multimodais **r-h-f** ou **r-h-r**. Neste caso, as vantagens dessas alternativas ficam dependentes de determinadas variáveis, como, por exemplo, o par de origem/destino, o aumento da distância de percurso da rota multimodal com relação à rota unimodal rodoviária, o custo de transbordo, e as condições de operação da hidrovia (custos hidroviários).

Somam-se ainda a estes elementos as compensações de preço exigidas pelo usuário, estabelecidas mediante uma avaliação dos custos indiretos advindos do uso de uma determinada alternativa de transporte. Por exemplo, em função da disponibilidade do transporte hidroviário ser bem menor que a do rodoviário, a empresa deve programar com antecedência as suas movimentações, implicando custos adicionais, que devem ser compensados pela economia advinda do uso dessa modalidade. As economias apresentadas nas Tabelas 8 e 9 devem ser suficientes para compensar os custos indiretos da utilização da alternativa multimodal e ainda oferecer uma vantagem atrativa aos demandantes de transporte, em sua maioria, habituados com as particularidades da alternativa unimodal rodoviária.

Desta forma, a simples disponibilidade de uma estrutura de transporte, como a hidrovía Tietê-Paraná, não é elemento suficiente para a total exploração dos benefícios advindos da utilização de um transporte menos poluente e mais eficiente no consumo de recursos não renováveis. Como a modalidade hidroviária deve, necessariamente, se conectar com outras modalidades, surgem dificuldades extras que tornam rotas multimodais mais dispendiosas que rotas unimodais rodoviárias.

A possibilidade de alteração dos preços dos serviços de transporte rodoviário, ferroviário e hidroviário pode modificar os resultados apresentados. No entanto, ficam evidentes: a) as vantagens das rotas com um transbordo (**h-f** e **h-r**) relativamente às rotas com dois transbordos (**r-h-f** e **r-h-r**); b) o aumento da distância de percurso (acarretando aumento do preço) das rotas multimodais; e c) a influência da eficácia de operação do transporte hidroviário (custos hidroviários) no preço da alternativa multimodal.

As rotas com preços menores e as que apresentam menor percurso com relação ao transporte rodoviário e menos transbordos representam um potencial de redução do preço de transporte de produtos agrícolas. No entanto, pelas características do transporte hidroviário, esse potencial só se sustenta se as empresas operarem a custos hidroviários otimizados, o que só é possível com volume de carga suficiente.

A grande vantagem em preço do transporte hidroviário, com relação às outras modalidades, não necessariamente se observa quando o mesmo faz parte de uma alternativa multimodal. Desta forma, políticas que visem a redução dos preços de transporte devem estar focadas na integração das modalidades de transporte por meio de rotas multimodais.

Referências bibliográficas

Benjamin, J. An analysis of mode choice for shippers in a constrained network with applications to just-in-time inventory. *Transportation Research B*, v. 24, n. 3, p. 229-45, 1990.

Companhia Energética De São Paulo - CESP. *Hidrovía Tietê-Paraná, integração e desenvolvimento regional*. São Paulo: CESP, jul. 1992.

_____. *Informações básicas da hidrovía Tietê-Paraná*. São Paulo: CESP, 1995. 22p.

Ellwanger, G. The internalisation of the external effects of transport. *Rail International*, p. 9-15, May 1995.

- Fowlkes, A. S. I.; Nash, S. A. & Tweddle, G. Investigating the marketing for intermodal freight technologies. *Transportation Research-A*, v. 25, n. 4, p. 161-72. 1991.
- GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte. *Corredores de transporte Centro-Leste e Paraná* - Relatório. Brasília: GEIPOT, 1993. 188p.
- Hawnn, A. F. & Sharp, F. M. Inland navigation systems analysis. *Transportation Research Record*, v. 636, p. 8-13, 1977
- Johnson, C. J. & Wood, D. F. *Contemporary logistics*. 4 ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1990. 579p.
- Koo, W. W. & Larson, D. W. *Transportation models for agricultural products*. Boulder: Westview Press, 1985. 211p.
- Koo, W. W.; Thompson, S. R. & Larson, D. W. Alternative transportation rate and cost structures: a linear programming model. In: Koo, W. W. & Larson, D. W. *Transportation models for agriculture products*. Boulder: Westview Press, 1985, cap. 7, p. 125-51.
- Kraft, G.; Meyer, J. R. & Valette, J. P. *The role of transportation in regional economic development*. Lexington: Lexington Books, 1971. 129p.
- Oliveira, J. C. V. *Análise do transporte de soja, milho e farelo de soja na hidrovía Tietê-Paraná*. Piracicaba, 1996. 136p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SAS Institute INC. *SAS/OR user's guide, version 6*. 1 ed. Cary: Sas Institute Inc., 1989. 479p.
- Soares, M. G & Caixeta Filho, J. V. *Caracterização e custos do transporte rodoviário de cargas agrícolas*. Relatório de Pesquisa, Piracicaba: FAPESP/DESR-ESALQ, 1996. 90p.
- Toledo, P. E. N. *Perspectivas do sistema hidroviário Tietê-Paraná no transporte do calcário agrícola no Estado de São Paulo*. Piracicaba, 1982. 119p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- Veith, M. T. & Bronzini, M. S. Commodity-flow and multimodal transportation analysis for inland waterway planning. *Transportation Research Record*, v. 636, p. 8-13, 1977
- Vitale, J. E. Economic feasibility of transporting western coal on the New York State barge canal system. *Transportation Research Record*, v. 763, p. 27-33, 1980.

Wright, C. L. *Análise econômica de transporte e armazenagem de grãos - Estudo do corredor de exportação de Paranaguá*. Brasília: GEIPOT, 1980. 187p.

ANEXO

Tabela I
Distâncias Referentes às Origens e Destinos, por Alternativa Multimodal e Unimodal Rodoviária, com Destino a Santos

Origem - Destino	Tipo	Alternativa de transporte					Unimodal rodoviário
		Multimodal				total	
		r 1	r 2	f	h		
distância (km)							
Rio Verde - Santos	r-f	459	0	895	0	1354	1000
Rio Verde - Santos	r-h-f	195	0	496	640	1331	1000
Rio Verde - Santos	r-h-r	195	307	0	720	1222	1000
Jataí - Santos	r-f	378	0	895	0	1273	1150
Jataí - Santos	r-h-f	240	0	496	640	1376	1150
Jataí - Santos	r-h-r	240	307	0	720	1267	1150
Rondonópolis - Santos	r-f	797	0	895	0	1692	1460
Rondonópolis - Santos	r-h-f	603	0	496	640	1739	1460
Rondonópolis - Santos	r-h-r	603	307	0	720	1630	1460
São Simão - Santos	h-f	0	0	496	640	1136	910
São Simão - Santos	h-r	0	307	0	720	1027	910

onde: r1 = conexão rodoviária de coleta, r2 = conexão rodoviária de distribuição, f = ferroviária e h = hidroviária.

Tabela II
Distâncias Referentes às Origens e Destinos, por Alternativa Multimodal e Unimodal Rodoviária

Origem Destino	Tipo	Alternativa de transporte					Unimodal rodoviário
		Multimodal					
		r 1	r 2	f	h	total	
distância (km)							
Rio Verde - Osvaldo Cruz	r-h-f	195	0	127	410	732	520
Rio Verde - Osvaldo Cruz	r-h-r	195	98	0	344	637	520
Rio Verde - Descalvado	r-h-r	195	138	0	640	973	700
Rio Verde - Campinas	r-f	430	0	626	0	1056	860
Rio Verde - Campinas	r-h-f	195	0	227	640	1062	860
Rio Verde - Campinas	r-h-r	195	144	0	720	1059	860
Rio Verde - Tietê	r-h-r	195	210	0	640	1045	772
Rio Verde - Ourinhos	r-h-f	195	0	390	473	1058	936
Rio Verde - Ourinhos	r-h-r	195	152	0	640	987	936
Rio Verde - Mogi Guaçu	r-h-r	195	220	0	640	1055	858
Rio Verde - Mairinque	r-f	430	0	741	0	1171	950
Rio Verde - Mairinque	r-h-f	195	0	380	640	1215	950
Rio Verde - Mairinque	r-h-r	195	278	0	720	1193	950
Rio Verde - Paranagua	r-h-r	195	656	0	720	1571	1300
São Simão - Osvaldo Cruz	h-f	0	0	127	410	537	325
São Simão - Osvaldo Cruz	h-r	0	98	0	344	442	325
São Simão - Descalvado	h-r	0	138	0	640	778	505
São Simão - Campinas	h-f	0	0	227	640	867	665
São Simão - Campinas	h-r	0	144	0	720	864	665
São Simão - Campinas	r-f	235	0	626	0	861	665
São Simão - Tietê	h-r	0	210	0	640	850	577
São Simão - Ourinhos	h-f	0	0	390	473	863	921
São Simão - Ourinhos	h-r	0	152	0	640	792	921
São Simão Mogi-Guaçu	h-r	0	220	0	640	860	663
São Simão Mairinque	h-f	0	0	380	640	1020	755
São Simão Mairinque	h-r	0	278	0	720	998	755
São Simão Mairinque	r-f	235	0	741	0	976	755

onde: r1 = conexão rodoviária de coleta, r2 = conexão rodoviária de distribuição, f = conexão ferroviária e h = conexão hidrovária.