

# **A ATRATIVIDADE DO TRANSPORTE INTERMODAL RODO-FERROVIÁRIO DE CONTÊINERES PARA O PORTO DE SANTOS E A LOCALIZAÇÃO DE TERMINAIS DE TRANSFERÊNCIA NO ESTADO DE SÃO PAULO**

**João Alexandre Widmer**

Universidade de São Paulo  
Escola de Engenharia de São Carlos

**Renato Pereira Tiago**

Consultor em Transportes

## **RESUMO**

O objetivo do trabalho é avaliar a atratividade do transporte intermodal rodo-ferroviário de contêineres com destino e origem no Porto de Santos. A partir de um levantamento de dados dos fluxos de cargas containerizadas e custos de transporte, pontos promissores para a instalação de terminais intermodais rodo-ferroviários no Estado de São Paulo são identificados. Alternativas são geradas incluindo-se, progressivamente,  $n$  pontos candidatos, com  $n$  variando de 1 a 10, escolhidos pelo modelo de localização das  $p$ -medianas do *TransCAD*. Apresentam-se mapas temáticos de áreas de influência de algumas das soluções obtidas pelo modelo e uma análise dos custos de rede para as alternativas. Conclui-se que, para o modelo de custos adotado, os ganhos em relação à alternativa rodoviária porta-a-porta são significantes e marginalmente decrescentes, sendo que cinco terminais intermodais respondem por cerca de 80% dos ganhos prováveis para as condições de demanda analisadas.

## **ABSTRACT**

The objective of the study is to evaluate the attractiveness of the road-rail intermodal transport of containers with origin and destination in the Port of Santos. Based on data of containerized cargo flow and transportation costs, candidate points to install road-rail intermodal terminals in the State of Sao Paulo are identified. Alternatives are generated progressively including  $n$  candidate points, with  $n$  varying from 1 to 10, chosen by the  $p$ -median location model of *TransCAD*. Thematic maps of the influence areas of some solutions obtained from the model and an analysis of the network costs for all simulated alternatives are presented. It is concluded that, for the utilized cost model, the gains in relation to the door-to-door road alternative are significant and marginally decreasing, with five terminals being representative of about 80% of the probable gains for the analysed demand conditions.

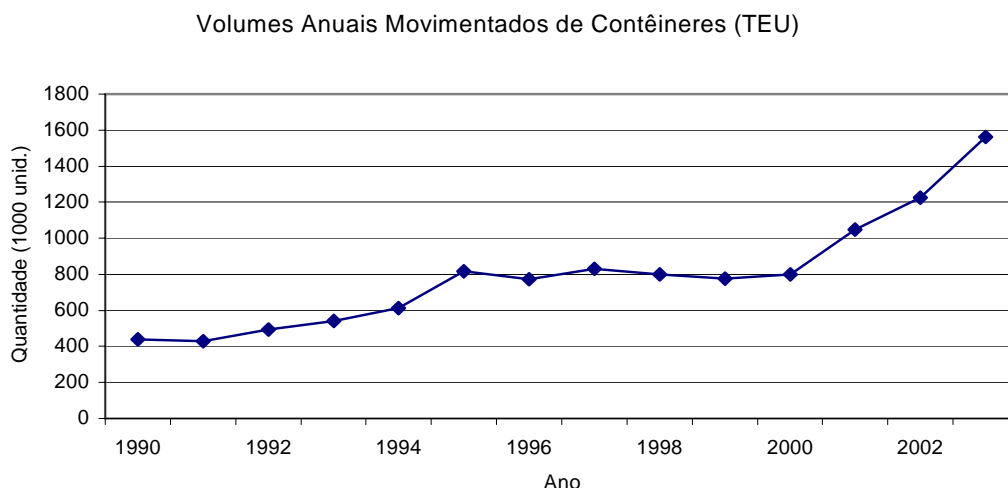
## **1. INTRODUÇÃO**

A necessidade de reduzir os custos de transporte nos intercâmbios comerciais, fez com que se desenvolvessem dispositivos padronizados de unitização de carga do tipo contêiner ISO, que permitem a rápida transferência das cargas entre as modalidades rodoviária, ferroviária, aquaviária e aeroviária. Esse processo é utilizado em escala crescente nos processos de importação e exportação, transformando as operações tradicionais de carga e descarga em operações rápidas de transferência mecanizada de grandes unidades, ajustáveis aos diversos modos de transporte e ao empilhamento. Embora esteja progressivamente sendo difundida, a sua utilização como meio econômico de carga no Brasil ainda é modesta, não atingindo a sua plena capacidade, seja por fatores infra-estruturais, de ordem técnica, ou de ordem política. Com a crescente importância do comércio internacional, tanto com os países do continente sul-americano como com os outros continentes, o processo de privatização e as metas de exportação, tende-se a um possível crescimento econômico e comercial, que exige uma política de melhorias contínuas dos serviços de transportes visando tornar o Brasil economicamente competitivo.

Diante desse cenário, o Estado de São Paulo, que tem a maior participação na atividade econômica brasileira e no qual também está localizado o maior porto da América do Sul, o Porto de Santos, parece uma região promissora para a investigação de uma alternativa de integração modal rodo-ferroviária com o objetivo de reduzir o custo do processamento de

cargas containerizadas advindas do próprio Estado e de Estados vizinhos que processam suas cargas no Porto de Santos.

Com base nos dados encontrados na Codesp (Companhia Docas do estado de São Paulo) de processamento TEUs-Unidade Equivalente ao contêiner ISO de 20 pés, a figura 1 mostra a evolução do volume anual processado no Porto de Santos na década de 90 e de 2000 a 2003.



**Figura 1:** Quantidade de TEUs movimentados anualmente no Porto de Santos

O tráfego cresceu cerca de 90% na década de 90 e praticamente dobrou nos últimos quatro anos.

Os dados da CODESP também permitem determinar a distribuição modal do transporte de contêineres indicando que 94% foram transportados pelo modo rodoviário e somente 6% pelo modo ferroviário no ano 2000, ano utilizado como base na pesquisa que serviu de base para a elaboração deste artigo (Tiago, 2002).

Ao expressivo crescimento do tráfego e à forte concentração no modo rodoviário soma-se um outro fator importante, que é a limitação da capacidade do sistema rodoviário conectando a região metropolitana de São Paulo com o Porto de Santos. O investimento recente na pista descendente da Rodovia dos Imigrantes no trecho da Serra do Mar, mostra que, apesar do esforço no sentido de equacionar a compatibilidade tecnológica dos caminhões e CVCs - combinações de veículos de carga, com as características geométricas e de tráfego desse novo trecho, onde até o presente momento o tráfego desses veículos é proibido, existe uma capacidade limitada para o transporte rodoviário e, do ponto de vista estratégico a transferência de parte do fluxo de carga de e para o porto para o sistema ferroviário é uma alternativa importante a ser explorada.

Além do limite de capacidade da infra-estrutura disponível, em várias regiões do mundo crescem as restrições da população ao transporte rodoviário, até mesmo para redirecionar o transporte para modos que causem menor impacto na sociedade, em particular sobre o meio ambiente (Tsamboulas et al., 1997).

Acredita-se que as dificuldades de absorção de tráfego por parte da ferrovia decorrem da falta de infra-estrutura adequada, restrições de capacidade de processamento de vagões no acesso

ao Porto de Santos (Ramos e Widmer, 2003), por motivos de ordem política e de conjuntura econômica e pelos custos elevados de transferência de cargas derivados da necessidade de transbordos nos terminais intermodais. “Na carga geral, que exige maior agressividade comercial e cuidados no manuseio, o ponto fraco da ferrovia está nos terminais de carga, descarga ou transbordo, no serviço porta-a-porta eficiente e nas funções de marketing” (CBTF, 1991).

A atração de tráfego da cadeia logística pelo modo ferroviário, entretanto, pressupõe a existência de terminais intermodais rodo-ferroviários estrategicamente localizados na rede de transporte de modo a promover a acessibilidade das cargas à ferrovia (Magee, 1977). Nesse sentido, Tondo (1992) desenvolveu uma pesquisa de grande relevância, até então inédita em nosso país, considerando os principais fluxos de carga geral dentro do Estado de São Paulo, mas utilizando uma abordagem diferente da adotada neste estudo, onde o foco é o fluxo associado aos contêineres processados no Porto de Santos.

O modelo proposto parte da hipótese de que, existindo os terminais intermodais, existirá capacidade instalada e um plano operacional compatível por parte dos operadores das ferrovias, de forma a permitir aos potenciais clientes concentrarem suas cargas containerizadas em pontos específicos de uma região de influência, para reduzir os custos logísticos de importação e exportação de seus produtos.

## 2. MODELOS DE LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES

O problema de localização de instalações envolve a escolha da melhor localização para uma ou mais instalações, de um conjunto de locais alternativos viáveis. A modelagem do problema de localização é bastante explorada na literatura, pois aplica-se a uma ampla gama de instalações, desde indústrias, hospitais, corpo de bombeiros, escolas até centros de distribuição e terminais de transportes de um modo geral

Na literatura são encontrados muitos modelos e técnicas de solução referentes à localização de instalações. Galvão (2004), apresenta uma descrição abrangente de modelos e uma lista de 112 referências.

No contexto desta pesquisa utilizou-se o conceito geral do problema das  $p$ -medianas, utilizando-se o algoritmo de solução inserido na caixa de ferramentas do TransCAD para encontrar os  $p$  nós da rede que minimizam o custo de operação.

### 2.2. Problema das $p$ -Medianas

O problema das  $p$ -medianas é um problema cujo espaço de soluções é formado por  $p$  pontos de uma rede ou grafo. Ele consiste em localizar um número pré-especificado de  $p$  instalações de forma a minimizar a soma das distâncias, ou custos, ponderados dessas instalações aos pontos da rede. Sua formulação matemática é a seguinte:

$$\begin{aligned} \min z &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ \text{sujeito a: } \quad &\sum_{i=1}^k x_{ij} = 1 && \forall j = 1, 2, \dots, n \\ &x_{ij} \leq Y_i && \forall i = 1, 2, \dots, k \end{aligned}$$

$$\sum Y_i = p \quad \text{com } Y_i = 1 \text{ ou } 0 \text{ conforme um terminal é ou não implantado no nó } i$$

com:  $k$       é o número de nós da rede correspondente às medianas;  
 $n$           é o número de nós da rede; e  
 $c_{ij}$         é o coeficiente de custo entre os nós  $i$  e  $j$

### 3. MÉTODO PROPOSTO

#### 3.1. Aquisição e organização dos dados

Os dados foram coletados junto a órgãos governamentais, operadores de terminais, despachantes, empresas ferroviárias e empresas de transporte de contêineres consideradas de grande porte (Tiago 2002).

Foram selecionadas, empresas de grande porte, que totalizaram 30 daquelas cadastradas na Associação Brasileira de Transportes de Contêineres e Terminais Retroportuários. Com o andamento da coleta de dados e da pesquisa, mais duas empresas (Caravel e Covre) foram adicionadas à pesquisa, por terem sido indicadas por alguns profissionais da área como transportadores de quantidades consideráveis.

A partir das informações dos dados O/D coletados, da localização relativa das cidades, do mapa geo-referenciado do Estado de São Paulo e do mapa Ferroviário do Estado de São Paulo, conseguido junto ao Dep. Comercial da Brasil Ferrovias, agrupou-se as cidades com menor tamanho e/ou que recebem menores quantidades de contêineres, nas cidades próximas (distância da ordem de 20km) de maior expressão econômica, ou que recebem maiores quantidades de contêineres, incluindo-se aquelas onde já existem terminais ferroviários. A Tabela 1 apresenta as cidades selecionadas e resume as estimativas de tráfego total de contêineres para estas cidades no ano 2000.

Os dados do modo rodoviário foram obtidos junto aos 32 transportadores de contêineres que operaram no Porto no ano de 2000. A esses valores foram somados os totais das cidades pelo modo ferroviário, informados pelos operadores de ferrovias Ferrobán, Ferrovia Novoeeste, MRS e ALL. Nota-se que a somatória dos dados da Tabela 1 conduz a um valor numérico ligeiramente superior ao valor do tráfego total reportado pela CODESP, cerca de 30.000 em 800.000, um diferencial que não interfere de forma significativa nos resultados discutidos neste trabalho.

#### 3.2. Composição dos custos de transporte

No presente trabalho procurou-se determinar, da melhor maneira possível, os custos percebidos pelos embarcadores e consignatários relativos ao transporte rodoviário e ferroviário de contêineres, incluindo os custos de transbordo. Os custos do transporte rodoviário são baseados em modelo de custo utilizado normalmente na elaboração de tabelas de frete e não refletem variações de preço em função do equilíbrio entre oferta e demanda. Os custos do transporte ferroviário são derivados de fretes praticados, dada a dificuldade técnica de determinar custos por arco na rede e visto que os mesmos refletem, em geral, contratos de longo prazo, sem grandes variações sazonais. Não foram considerados custos de construção e instalação dos terminais tendo-se admitido que as tarifas de transbordo de contêineres praticadas, são representativas desses custos.

**Tabela 1:** Distribuição anual de volume de contêineres por cidade selecionada

Cidade	Contêineres (unidades)	(%)	Cidade	Contêineres (unidades)	(%)
1. Araçatuba	13.482	1,6%	15. Paulínia	7.149	0,9%
2. Bauru	24.821	3,0%	16. Piracicaba	19.661	2,4%
3. Bebedouro	14.418	1,7%	17. Presidente Prudente	14.044	1,7%
4. Botucatu	13.108	1,6%	18. Ribeirão Preto	45.502	5,5%
5. Cajati	10.112	1,2%	19. Santos	32.805	4,0%
6. Campinas	57.048	6,9%	20. São Carlos	21.534	2,6%
7. Catanduva	12.733	1,5%	21. São José dos Campos	74.306	9,0%
8. Itapeva	6.367	0,8%	22. São José do Rio Preto	14.980	1,8%
9. Jundiaí	28.850	3,5%	23. São Paulo	191.594	23,1%
10. Limeira	24.343	2,9%	24. Sorocaba	29.136	3,5%
11. Lins	10.861	1,3%	25. Sumaré	7.289	0,9%
12. Marília	18.538	2,2%	26. Suzano	70.208	8,5%
13. Mogi-Guaçu	12.920	1,6%	27. Tatuí	27.020	3,3%
14. Ourinhos	19.287	2,3%	28. Itaquaquecetuba	7.370	0,9%

### 3.2.1. Custo de transporte rodoviário

O custo de transporte rodoviário considerado foi desenvolvido usando como base os modelos de Valente et al. (1997), levando-se em consideração os custos diretos e indiretos. Utilizou-se um cavalo-mecânico Volvo NH 12, 380 CV (4x2), como tipo de caminhão representativo para tracionar um semi-reboque de 3 eixos comumente utilizado para o transporte de contêineres de carga seca. O custo encontrado para este tipo de veículo com as características supracitadas foi de US\$ 0,83 / contêiner·Km.

### 3.2.2. Custos de transporte ferroviário

Tentou-se inicialmente montar uma planilha de custos, assim como foi feito para o transporte rodoviário, mas a dificuldade de levantamento dos dados junto às ferrovias é grande (devido a política administrativa destas), sendo que cada trecho tem suas particularidades (custos variáveis diferentes) e envolvem várias variáveis.

Resolveu-se, então, adotar um valor médio de custo operacional/ contêiner·Km estimado por uma das empresas ferroviárias entrevistadas, com base em estudos internos da empresa nas condições operacionais atuais. Esse valor foi fixado para este trabalho em US\$ 0,60 / contêiner·Km.

### 3.2.3. Custo da operação de transbordo

Foram realizadas várias pesquisas junto aos operadores de terminais e obtidos os seguintes valores de preço de transbordo: R\$ 26,00, R\$ 30,00, R\$ 40,00. Nos EADI, por se ter várias taxas e serviços de despacho aduaneiro, o preço é, comumente, mais alto. Todos os

operadores de EADI entrevistados, entretanto, foram claros nas seguintes afirmações: dependendo do cliente ou da quantidade movimentada, descontos são oferecidos nestas taxas de transbordo; tem havido a intenção, tanto dos operadores de terminais quanto dos clientes, de otimizar a operação, fazendo com que o cliente já esteja esperando a chegada do contêiner no terminal, para que os gastos na operação não sejam maiores e o terminal não perca o cliente que vem usando a ferrovia. No terminal de Sumaré, por exemplo, observou-se que no trem que chega com carregamento de contêineres na parte da manhã e volta no período da tarde para Santos, o contêiner não é retirado do vagão plataforma, esperando a eventual chegada do cliente em atraso e evitando que o mesmo pague duas operações.

Resolveu-se, então, adotar o valor de R\$ 40,00 (US\$17,03) / contêiner (do rodoviário para o ferroviário ou vice-versa), como preço médio de transbordo completo, que foi o maior valor encontrado nos terminais. Adotou-se esse valor de custo médio de transbordo por contêiner e não por TEU, devido ao fato de que nos terminais e EADI, o preço, praticamente, não varia entre a operação para o contêiner de 20' e 40'. Quando ocorre a variação, a mesma é muito baixa.

### 3.3. Montagem dos cenários e dados alfanuméricos no *TransCAD*

O mapa de São Paulo já geo-referenciado foi conseguido junto ao Departamento de Transportes da EESC – USP, sendo que o mesmo estava incompleto. Para inserir rodovias e ferrovias que não constavam no mapa, foram usados mapas rodoviários e ferroviários do estado de São Paulo, que foram copiados (via *scanner*) e subpostos (via programa) ao mapa já geo-referenciado, utilizando ferramentas descritas nos manuais do *software*.

Para se verificar a consistência da rede, foi usado o método proposto por Raia Jr. & Silva (1998), que consiste em aplicar uma medida de acessibilidade para verificar se há falhas na rede, como nós ou arcos desconectados.

Após verificação da consistência da rede, os dados de fluxo de contêineres foram inseridos na base de dados do mapa. Os custos de transporte foram inseridos como custos de arcos na base de dados da rede, sendo que a base de dados dos pedágios do estado foi obtida em Rorato, (2003). Os pedágios e preços de transbordo foram inseridos no *TransCAD* como ‘pontos de penalidades’ (*turn and transition penalties*).

### 3.4. Matriz de custos e geração de soluções

Com os dados de custos inseridos e a base de dados organizada, montou-se uma matriz de custos que foi a matriz usada na ferramenta localização de instalações do *TransCAD*. Para a montagem da matriz foram seguidos os seguintes passos:

1. Extraíu-se do cenário intermodal a matriz de custos da rede intermodal, que tinha o menor custo de acordo com a expressão:

$$\min \left( C_{R_{ST,j}}; C_{F_{ST,i}} + t_r + C_{R_{i,j}} \right) \forall i, j$$

em que:  $C_{R_{ST,j}}$  - custo rodoviário de Santos ao destino  $j$ ;

$C_{F_{ST,i}}$  - custo ferroviário de Santos ao terminal  $i$ ;

$t_r$  - custo de transbordo;

$C_{R_{i,j}}$  - custo rodoviário do terminal  $i$  ao destino  $j$ ;

$j$  - são as 121 cidades para as quais existe tráfego de contêineres, e  
 $i$  - são os 28 centros candidatos à localização de terminais rodo-ferroviários.

2. Extraíu-se da matriz de custos da rede rodoviária, os vetores de custos  $C_{R_{i,j}}$ .

3. A partir desses dados, montou-se uma matriz com as operações saindo do porto de Santos. Para se montar essa matriz de custos, considerou-se apenas a operação de ida do contêiner (por exemplo, saindo de Santos, chegando por ferrovia a um terminal e seguindo, posteriormente, de caminhão até o destino final), admitindo-se uma condição de fluxo balanceado de contêineres nos dois sentidos de cada arco da rede.

#### **4. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

O modelo selecionou progressivamente os seguintes nós da rede como candidatos à implantação dos terminais: Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí, Catanduva, Araçatuba, Piracicaba, Bebedouro, São José dos Campos e Cajati.

##### **4.1 Mapas temáticos da rede**

A Figura 2 ilustra a solução para dois terminais intermodais rodo-ferroviários, um em Bauru e outro em São Carlos. A Figura 3 ilustra a solução para cinco terminais: Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí e Catanduva. Nesse caso observa-se que Ourinhos absorve parte dos contêineres antes concentrados em Bauru e Catanduva absorve contêineres antes concentrados em São Carlos. As outras soluções de redes e dos nós envolvidos são apresentadas em Tiago (2002).

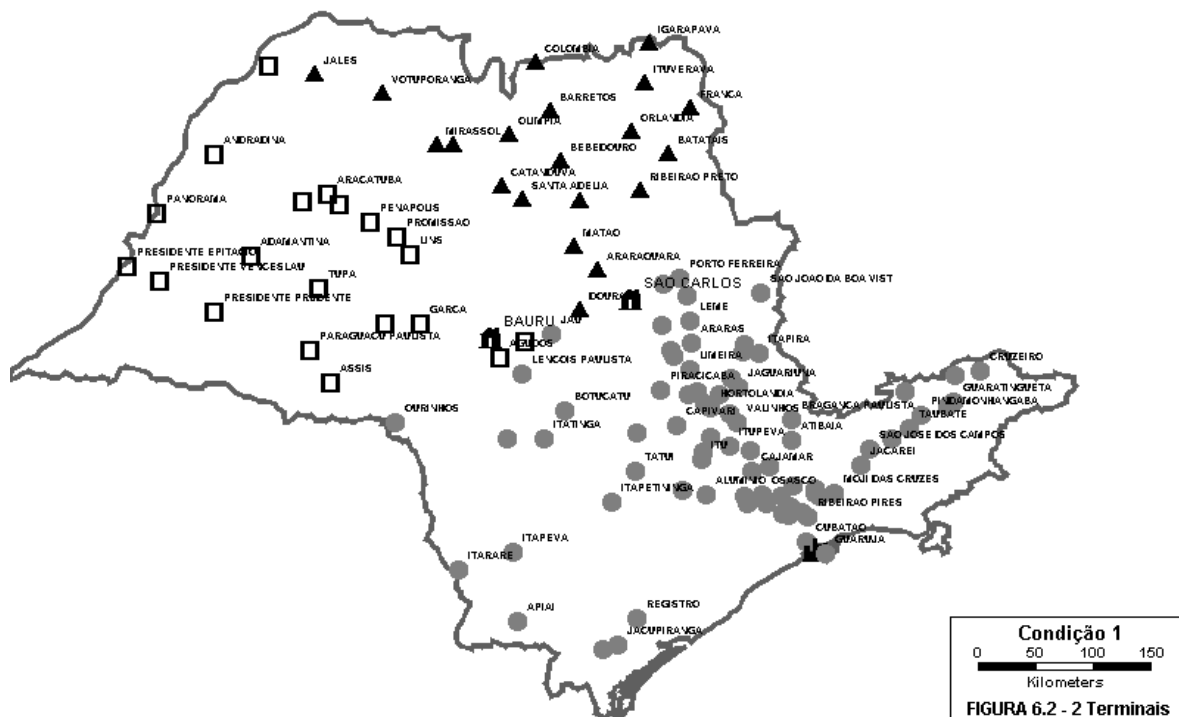
##### **4.2. Comparativo de custos de rede**

A tabela 2 resume os dados dos resultados numéricos fornecidos pelo TransCAD. Na figura 4 vê-se que as reduções de custo são marginalmente decrescentes. Até cinco instalações, chega-se a uma redução de custos de 6,02%, 79,4% do total da redução de custos. Da sexta instalação à décima, o ganho se reduz a 1,56% de um total de 7,58% para as dez instalações.

Salienta-se, ainda, que a redução ocorre no custo médio de serviço da rede, onde o custo fixo de implantação dos terminais está embutido na tarifa cobrada por movimentação. Como citado, a inclusão de investimentos envolve muitas variáveis, que têm valores diferentes para cada nó da rede analisada, dependendo da disponibilidade ou não de parte da infra-estrutura e equipamentos requeridos para a movimentação dos contêineres.

##### **4.3 Potencial de atração de tráfego**

Se admitirmos a hipótese que embarcadores e consignatários selecionem sempre as alternativas de mínimo custo, o modelo indica que, a exploração eficaz de apenas 2 terminais intermodais, já possui um potencial de atração da ferrovia de cerca de 23% do tráfego total. No caso de 5 terminais este potencial sobe para 31% e atinge 43% no caso de 10 terminais.



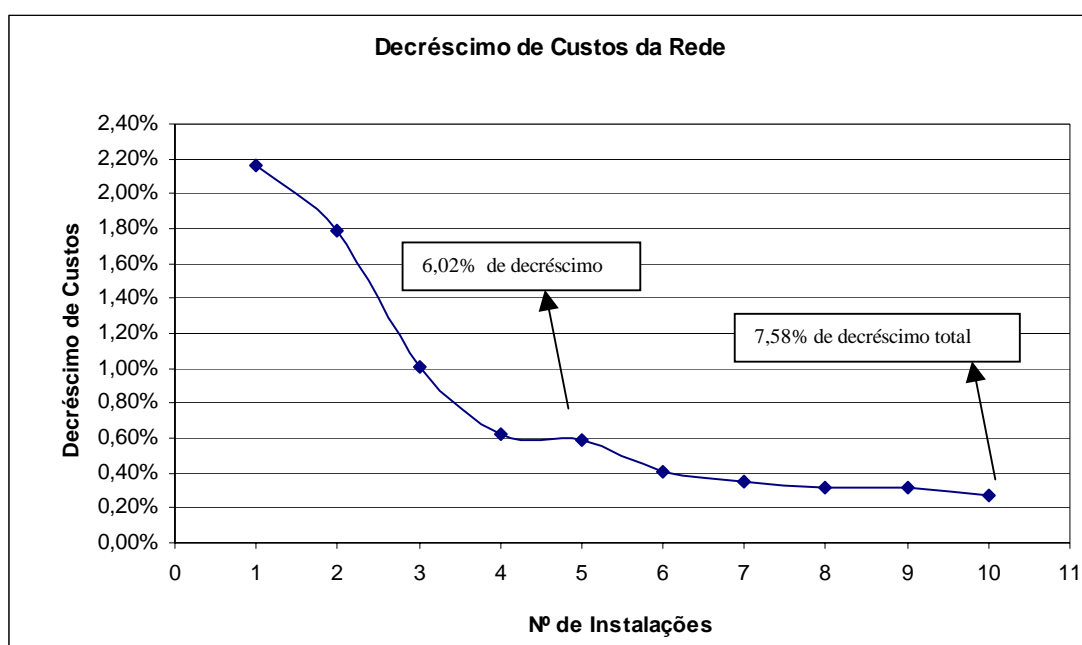
**Figura 2:** Mapa temático para dois terminais – Bauru e São Carlos



**Figura 3:** Mapa temático para cinco terminais – Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí e Catanduba

**Tabela 2:** Comparação de custos de rede

Alt	Local	Custo total	Custo médio.	Decréscimo	
		(US\$)	(US\$)	parcial	acum.
0	Santos.	153.558.716,00	183,02		
1	Santos e Bauru.	150.247.494,00	179,07	2,16%	2,16%
2	Santos, Bauru e São Carlos.	147.557.278,00	175,87	1,79%	3,95%
3	Santos, Bauru, São Carlos e Ourinhos.	146.061.067,00	174,09	1,01%	4,96%
4	Santos, Bauru, São Carlos, Ourinhos e Tatuí.	145.162.025,00	173,01	0,62%	5,58%
5	Santos, Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí e Catanduva.	144.306.253,00	172	0,58%	6,16%
6	Santos, Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí, Catanduva e Araçatuba.	143.688.336,00	171,3	0,41%	6,57%
7	Santos, Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí, Catanduva, Araçatuba e Piracicaba	143.209.574,00	170,69	0,36%	6,92%
8	Santos, Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí, Catanduva, Araçatuba, Piracicaba e Bebedouro.	142.749.276,00	170,14	0,32%	7,25%
9	Santos, Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí, Catanduva, Araçatuba, Bebedouro, São José dos Campos e Piracicaba.	142.308.638,00	169,61	0,31%	7,56%
10	Santos, Bauru, São Carlos, Ourinhos, Tatuí, Catanduva, Araçatuba, Cajati, Piracicaba, Bebedouro e São José dos Campos.	141.915.613,00	169,15	0,27%	7,83%



**Figura 4:** Decréscimo de custos na rede

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostra que existe, em princípio, um potencial expressivo a ser explorado pelos operadores de ferrovias na região considerada, em particular se forem exploradas possíveis economias de escala do processo, onde maiores volumes de processamento conduzam a reduções tarifárias no sistema ferroviário e a menores custos de transbordo nos terminais do interior.

O modelo utilizado é teórico e não incorpora, portanto, considerações políticas, ou a influência de grandes clientes com terminais próprios como, por exemplo, os existentes em: Paulínia, onde se atende clientes de produtos petroquímicos, incluindo contêineres com origem e destino em Camaçari (BA); na região metropolitana de São Paulo, onde alguns clientes têm conexão direta com a ferrovia, prescindindo, portanto do custo do acesso rodoviário incorporado ao modelo; nos pólos industriais Campinas e São José dos Campos, onde também ocorre essa condição.

Detalhes dessa natureza poderiam levar à escolha de alternativas complementares, economicamente atraentes para os embarcadores e consignatários, e, eventualmente, incrementar o potencial de atração do modo ferroviário.

Como variáveis que se contrapõe ao quadro promissor apresentado, há que se considerar as restrições de capacidade de processamento de trens pelas linhas que acessam o Porto de Santos e a concentração das operações ferroviárias em cargas de granel sólido, derivadas do fluxo de exportação de grãos da região de influência das ferrovias consideradas no estudo. De um modo geral, aos valores de frete praticados atualmente pela ferrovia, o modelo mostra que, para cargas de alto valor unitário, esta pode ter dificuldades de atrair expressivo volume de contêineres, pois em praticamente todos os arcos o modo ferroviário percorre maiores distâncias, com vários trechos de baixas velocidades e, portanto, maior tempo de percurso, o que pode não compensar um ganho de frete na faixa média de 5 a 7%. Também o número de vezes que se manuseia o contêiner é um aspecto negativo, representando para os embarcadores e consignatários um maior risco de avaria e mesmo de roubo da carga.

### Agradecimentos

Os autores agradecem as sugestões recebidas dos professores Rui Carlos Botter e Orlando Fontes Lima Jr., que permitiram aprimorar o texto e eliminar algumas inconsistências. Os autores agradecem também à agência financiadora Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa fornecida como auxílio a essa pesquisa.

### REFERÊNCIAS

- CBTF (1991) *Um Novo Modelo de Transporte de Carga no Eixo Rio – São Paulo*. Câmara Brasileira de Transporte Ferroviário Relatório Preliminar, 59 p., Dezembro, 1991.
- Galvão, R. D. (2004) Uncapacitated Facility Location Problems: Contributions, in *Pesquisa Operacional*, SOBRAPO, vol24, número1, jan a abr 2004, pp.7-38.
- Valente, A. M. et ali (1997) *Gerenciamento de Transporte e Frotas*, Ed. Pioneira, São Paulo, SP.
- Ramos, G. de M. e Widmer, J.A. (2003) Análise Prospectiva da Capacidade de Processamento de Cargas pela Ferrovia no Porto de Santos, in *Anais do XVII Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro, RJ, pp.744-756.
- Magee, J. F. (1977) *Logística Industrial: Análise e Administração dos Sistemas de Suprimento e Distribuição*. Livraria Pioneira Editora, São Paulo, SP.
- Raia Jr., A. A.; Silva, A. N. R. (1998). Um Método Expedito para Verificação da Consistência de Redes para Uso em um SIG-T. *Anais do XII Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes*, ANPET, Fortaleza, CE, 1998. Vol.2, p. 10-17.

- Rorato, R. J. (2003) *Perspectivas de Transporte Doméstico de Contêineres Frigoríficos Utilizando a Integração Modal Rodo-Hidroviária*. Dissertação em Edição - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- Tiago, R. P. (2002) *Estudo de Pontos Promissores para a Instalação de Terminais Intermodais Rodo-Ferrovários de Contêineres no Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.
- Tondo, C. M. (1992) *Um Modelo Matemático para a Localização Estratégica de Terminais de Contêineres no Interior: Aplicação ao Estado de São Paulo*, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da USP São Paulo, SP.
- Tsamboulas, D.; Ballis, A.; Ercolani, F. (1997) Appraisal of European Freight Transport Corridors, *Transportation Quarterly*, Vol. 51, nº 1, Winter, págs. 63-77.

**Endereço dos autores:**

**João Alexandre Widmer**

[widmer@sc.usp.br](mailto:widmer@sc.usp.br)

STT/EESC-USP

Av. Trabalhador São-Carlense, 400 – Centro  
13566-590 São Carlos – SP

**Renato Pereira Tiago**

[rpt@brturbo.com](mailto:rpt@brturbo.com)

Av. Castelo Branco, 5940, apto. 02,  
Setor Oeste – 74140-150  
Goiânia - GO