

A economia das operações de terminais ferroviários: o caso de Paranaguá *

CHARLES L. WRIGHT **

RICHARD L. MEYER ***

FRANCIS E. WALKER ***

Os custos de transporte decompõem-se em custos do transporte pela linha e custos das operações efetuadas nos terminais. A eficiência do manuseio físico nos terminais reduz os custos totais do transporte e aumenta a capacidade do serviço. Utilizamos um modelo de rede capacitada para aplicar esse conceito geral a deficiências do transporte ferroviário no corredor de exportações de Paranaguá.

1 — Introdução

Os países que são grandes produtores e exportadores de cereais, como o Brasil, os Estados Unidos e o Canadá, freqüentemente enfrentam problemas de transporte ferroviário em anos de safras abundantes. Os cereais acumulam-se nos estabelecimentos e silos, aguardando a chegada dos vagões. Atrasos no carregamento dos trens acarretam prejuízos de milhões de dólares, pois os navios ficam retidos no porto além do tempo necessário devido à falta de cereais

* Os autores querem agradecer às várias pessoas e instituições que colaboraram para esta pesquisa fornecendo dados e, pelo apoio financeiro, ao Midwest Universities Consortium for International Activities, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Fundação Ford, com as ressalvas de praxe.

** Técnico de Planejamento de Transportes da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT) e Professor Assistente da Universidade de Brasília.

*** Professores da Ohio State University.

nos terminais portuários. Esses problemas freqüentemente são ainda maiores nos países em desenvolvimento, como o Brasil, onde a infra-estrutura de transportes é precária, a produção tem registrado grandes aumentos e a sazonalidade da demanda de transporte é ainda mais acentuada do que nas economias desenvolvidas.

Face a essas deficiências de transporte, os produtores e transportadores sugerem que as ferrovias destinem uma proporção maior de material rodante ao transporte de produtos agrícolas e façam investimentos maciços em vagões apropriados ao transporte de cereais para que o problema não se repita no futuro.¹ Em alguns países, o número de vagões disponíveis é realmente insuficiente. Contudo, em todos os países que dispõem de um suprimento bastante adequado encontra-se, por trás da aparente falta de vagões, o problema real da ineficiência das operações nos terminais ferroviários. Durante boa parte de sua vida útil, os vagões ficam parados (vazios ou carregados) nos pátios das estradas de ferro. Nesses casos, portanto, o aperfeiçoamento dos terminais pode constituir um método mais rápido e mais eficiente para aumentar a capacidade das ferrovias do que a aquisição de mais vagões.

Este trabalho demonstra de que modo as operações e os custos dos terminais afetam a capacidade de um sistema ferroviário e a distribuição intermodal de cereais entre caminhões e trens. Especificamente, este estudo relaciona: a) a capacidade física de manuseio com os custos de serviço e disponibilidade dos vagões; b) os custos das operações nos terminais com os custos totais do serviço ferroviário; e c) os componentes dos custos com os preços dos serviços ferroviários. O exemplo empírico utilizado é o porto de Paranaguá. Uma grande parcela do recente aumento da produção brasileira de soja coube à região atendida por esse porto, disso resultando grandes dificuldades para o embarque de cereais na época da colheita. Utilizamos um modelo de rede capacitada para quantificar os custos das deficiências existentes nos terminais e o impacto de melhoramentos simulados. Os resultados mostram que o aperfeiçoamento dos terminais constitui um método eficaz de

¹ Um exemplo recente desse problema no Canadá foi apresentado no *Wall Street Journal* de 5 de junho de 1978.

aumentar a capacidade das ferrovias e reduzir o congestionamento das estradas provocado pelo transporte de cereais, embora políticas de preços inadequadas reduzam os incentivos para se fazerem esses melhoramentos.

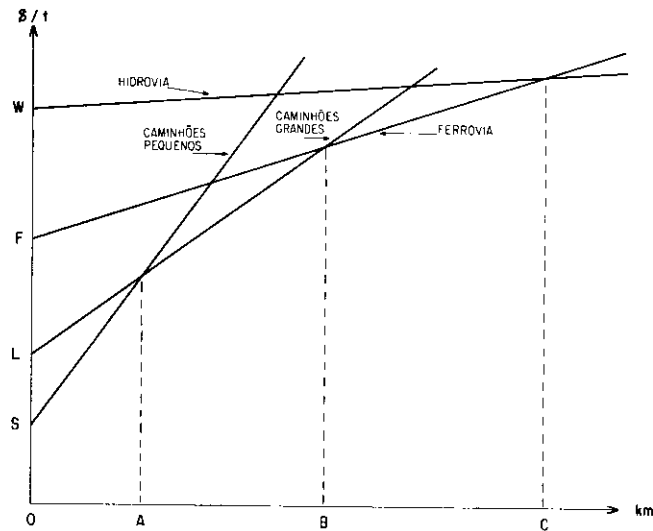
2 — Um modelo de custos de transporte²

A análise econômica padrão supõe que a modalidade de transporte mais econômica é determinada, em grande parte, pela distância do local de embarque. Em geral, a estrutura de custos é elaborada como na Figura 1, onde caminhões de pequeno porte constituem o meio mais barato de transportar mercadorias em distâncias até *OA*; caminhões de grande porte para distâncias de *OA* a *OB*; ferrovias para distâncias de *OB* a *OC*; e transporte marítimo ou fluvial para distâncias além de *OC*. O gráfico reflete as estruturas de custos relativos dessas modalidades de transporte em várias partes do mundo. No Paraná, em 1976, os caminhões basculantes constituíam o meio de transporte mais barato para distâncias bem curtas (de uma cooperativa em Ponta Grossa a indústrias nas proximidades = Cr\$ 10/t, menos do que o custo mínimo de espera para caminhões maiores = Cr\$ 12/t). Caminhões de maior porte (19 t líquidas) eram mais baratos em distâncias maiores (por exemplo, Toledo—Paranaguá). O sistema ferroviário disperso apresentava custos de transporte que equivaliam aproximadamente a um terço do custo relativo aos caminhões de grande porte. A ineficiência das operações nos terminais ferroviários fazia com que o custo total fosse equivalente ao dos caminhões em distâncias curtas (Ponta Grossa—Paranaguá) e substancialmente mais baixo em distâncias maiores (por exemplo, Maringá—Paranaguá). As taxas médias de cabotagem, de acordo com dados não publicados da SUNAMAM, eram Cr\$ 0,06/t/km, em comparação com Cr\$ 0,20 para a rota de

² Esta seção baseia-se na pesquisa e nos dados apresentados em Charles L. Wright, "The Economics of Grain Transportation and Storage: A Brazilian Case Study", Tese de Doutorado (Departamento de Economia Agrícola e Sociologia Rural, Ohio State University, 1977).

Figura 1

CUSTOS DE TRANSPORTE COM CUSTOS FIXOS NAS OPERAÇÕES TERMINAIS



caminhões mencionada anteriormente. Como norma prática, as companhias de cabotagem no Brasil fazem seus planos para distâncias superiores a 500 milhas náuticas (926 km), mais do dobro das distâncias típicas para o transporte ferroviário e rodoviário no Paraná. (Os números nem sempre podem ser comparados de maneira rigorosa e são apresentados apenas como indicativos das ordens de magnitude.) A Figura 1 apresenta evidências que confirmam a crença generalizada de que as ferrovias constituem um meio de transporte econômico apenas em grandes distâncias.

Parece que as suposições que se fazem com relação às estruturas de custos das ferrovias são inadequadas. O estudo de Sward, sobre uma ferrovia em Minnesota, revela que os custos de transporte podem estar relacionados de modo muito mais direto com a eficiência do terminal do que com a distância em si. Através de um metódico estudo de tempo-movimento-custo, Sward demonstrou que o aperfeiçoamento das operações do terminal reduzia os custos de transporte

em vagão por tonelada bruta de US\$ 3,25 para US\$ 0,15, e que melhoramentos contínuos nessas operações poderiam baixar o custo para US\$ 0,06.³

O estudo pioneiro de Sward proporciona uma base empírica para o desenvolvimento de um modelo econômico com aplicação ampla na economia do transporte. O conceito central é o de que a modalidade mais barata na Figura 1 é determinada por dois diferentes componentes dos custos: a) custos do transporte propriamente dito, que aumentam linearmente com a distância; e b) custos do terminal, que crescem com o tempo.

Os custos do transporte propriamente dito compõem-se principalmente de custos de capital (juros sobre investimento e desgaste físico), combustível, óleos e lubrificantes e trabalho. Os custos das operações nos terminais constituem basicamente uma função do tempo e incluem trabalho, juros sobre o investimento em material rodante e equipamento de carga/descarga. Também são incluídas as despesas gerais, tais como administração, taxas de licenciamento e seguro etc. Vários desses itens podem também ser considerados como custos do transporte propriamente dito, mas variam mais com o tempo gasto do que com a distância percorrida.

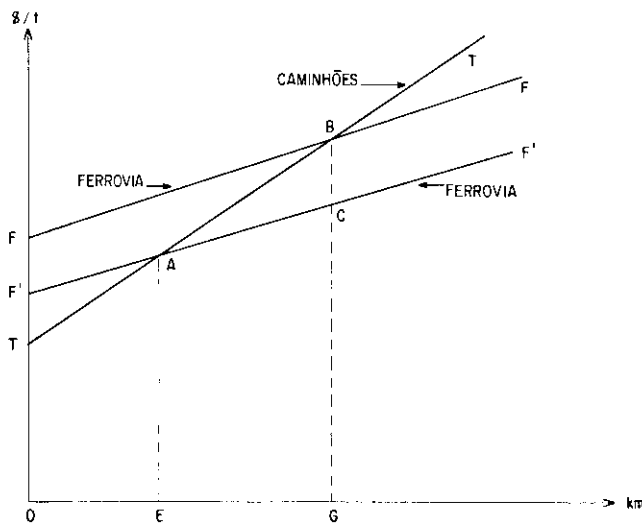
Uma percentagem muito elevada dos custos ferroviários está relacionada de modo mais estreito com o tempo do que com o tráfego. Administração, empregados do terminal, material rodante e manutenção da linha permanentemente envolvem despesas que se elevam de modo menos do que proporcional em relação aos aumentos registrados no tráfego. Por outro lado, as ferrovias apresentam enormes vantagens de custos sobre os caminhões no que diz respeito a alguns custos de transporte, tais como salários e combustível. Um maquinista e um guarda-freio substituem 232 motoristas de caminhão (cada um com capacidade líquida de 19 toneladas) se cada vagão (num comboio de 88 vagões) carregar 55 toneladas (números que correspondem aproximadamente aos registrados no Paraná); os trens são muitas vezes mais eficientes em termos de combustível do que

³ John D. Sward, "Unitrain Operating Methods and Costs" (Ann Arbor: The University of Michigan, College of Engineering, julho de 1973), Relatório n.º 145, pp. 31-34.

os caminhões em carregamentos de grande volume.⁴ Maior eficiência física nas operações dos terminais pode reduzir de modo significativo o tempo de baldeação, diminuindo assim os custos totais do transporte e transferindo o tráfego das rodovias para as ferrovias (se os preços acompanharem o declínio dos custos). Esse conceito encontra-se ilustrado graficamente na Figura 2, onde uma redução dos custos do terminal, de OF para OF' , faz com que a rodovia possa captar o tráfego de distâncias de OE a OG , anteriormente servidas por caminhões. Realizam-se poupanças nos custos em todas as distâncias superiores a OE até um máximo de BC ($= FF'$) em OG ou mais quilômetros.

Figura 2

TRANSFERÊNCIA ENTRE MODALIDADES COM MENORES CUSTOS DE TRANSBORDOS



⁴ Por exemplo, para o transporte de trigo no Paraná as ferrovias são cerca de três vezes mais eficientes do que as rodovias. Antônio Carlos Bauzatto e Paulo Rogério da Cunha Ajuz, "Trigo no Paraná", in *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, n.º 60 (julho/setembro de 1977), p. 58.

A análise apresentada anteriormente implica que as ferrovias podem ser econômicas, tanto em distâncias curtas quanto em trajetos longos, se grandes volumes de mercadorias empilhadas permitirem operações eficientes nos terminais. Um detalhe mais sutil é que, para um estoque fixo de material rodante, operações mais eficientes nos terminais aumentam a capacidade total do sistema ferroviário. Quanto menos tempo os vagões e locomotivas despendem nos terminais, maior o período em que poderão realmente transportar mercadorias. Essa questão é ilustrada de modo vívido pela experiência recente do corredor de exportação de cereais do Paraná.

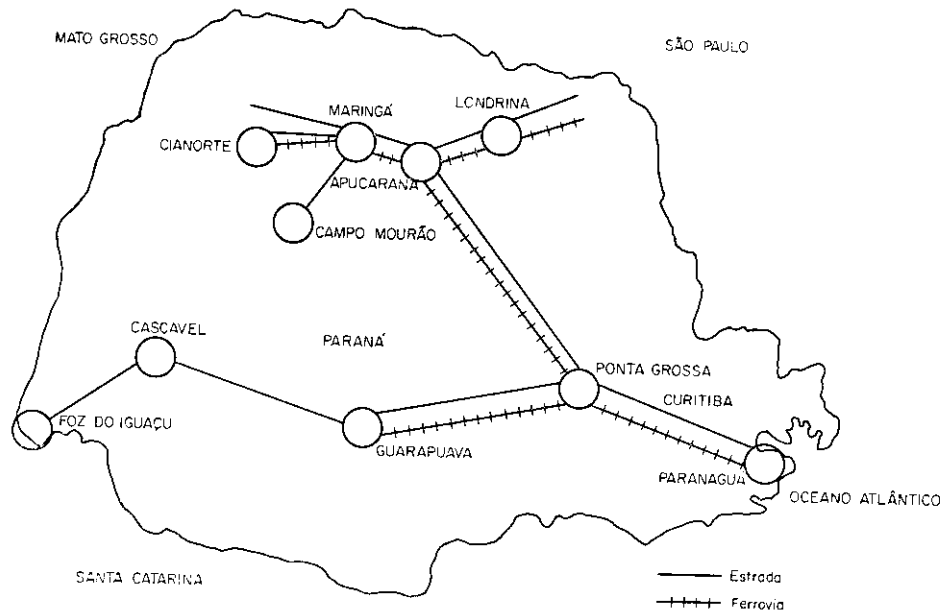
3 — O corredor de exportações de Paranaguá

A Figura 3 apresenta um esboço do sistema rodoferroviário do Paraná. Em 1976, o ano-base do estudo, um total de 4,43 milhões de toneladas métricas de cereais e farinhas passou por esse sistema e pelo porto de Paranaguá. Esse volume correspondia a 44% do total das exportações brasileiras de cereais e colocava esse porto entre os maiores terminais de cereais do mundo. As rodovias são estradas rurais pavimentadas, com mão dupla. O transporte de cereais satura-as, danifica a pavimentação, causa congestionamento para outros usuários e é geralmente mais oneroso do que o transporte ferroviário. Contudo, devido à reduzida capacidade das ferrovias, os caminhões são amplamente utilizados para transportar cereais nessa área. As deficiências da infra-estrutura ferroviária são substanciais: bitola estreita (1 metro), curvas fechadas, sinalização, subidas e descidas em excesso, etc. O relevo montanhoso da estrada de ferro Ponta Grossa—Paranaguá é particularmente difícil, com raios mínimos de apenas 90 metros em algumas curvas e gradientes de até 3%.

Em contraste, o terminal portuário de Paranaguá está equipado para receber grandes cargueiros (até 65 mil toneladas métricas) e possui uma capacidade de carga e descarga de cereais (5.100 toneladas métricas por hora, segundo dados não publicados da Adminis-

Figura 3

PRINCIPAIS FERROVIAS E ESTRADAS PAVIMENTADAS NO PARANÁ, 1976



tração dos Portos de Paranaguá e Antonina) que se situa entre as maiores do mundo. Paradoxalmente, porém, o principal "ponto de estrangulamento" no sistema de transporte de cereais do Paraná em 1976 era o porto, e não a ferrovia em si, devido à ineficiência das operações nos terminais.

O problema dos terminais ferroviários começa no interior do Estado, onde os trens recebem vagões de diversos expedidores, em vez do carregamento de um só cliente. Chegando ao terminal portuário, os trens têm que ser desmembrados para que os vagões possam ser despachados para diversos receptores no terminal, pesados, descarregados e reagrupados. Cada receptor acomoda no máximo oito vagões. Os vagões e locomotivas ficam parados por dois ou três dias durante essas operações, mais um dia (no mínimo) nos terminais do interior, perfazendo um total de 84 horas de parada nos terminais em cada viagem. Em comparação, um trem faz o

percurso Maringá—Paranaguá em 50 horas (o trajeto mais longo considerado neste estudo). O congestionamento no porto seria, então, a principal causa da falta generalizada de vagões para transporte de cereais.

4 — O problema visto como uma rede capacitada

Utilizamos um modelo de rede capacitada para estudar esse problema. Modelos de rede oferecem quatro vantagens substanciais em relação a outras técnicas otimizadoras:

- a) flexibilidade (reprodução exata de várias situações);
- b) facilidade de utilização e interpretação;
- c) soluções de baixo custo (100-300 vezes mais rápidas do que as de programas lineares para muitos problemas); e
- d) capacidade de resolver problemas com mais variáveis e restrições do que qualquer outro modelo de otimização.⁵

A solução de baixo custo com muitas restrições torna a formulação em rede uma abordagem superior do problema. Igualmente importante, porém, é a facilidade com que as limitações da capacidade e outros aspectos do sistema podem ser representados. A Figura 4 ilustra isso. Nódulos tais como RI_i e SI_i representam instalações ou pontos do sistema. São ligados por arcos contínuos, indicando a direção dos fluxos permitidos. Cada arco possui três parâmetros (para simplificar, foram determinados apenas alguns no diagrama): a) um custo C_{ij} de transportar uma unidade de fluxo do nó i ao nó j ; b) um limite superior (U_{ij}) para as unidades que podem fluir de i para j ; e c) um limite inferior (L_{ij}) para as unidades de fluxo de i a j .

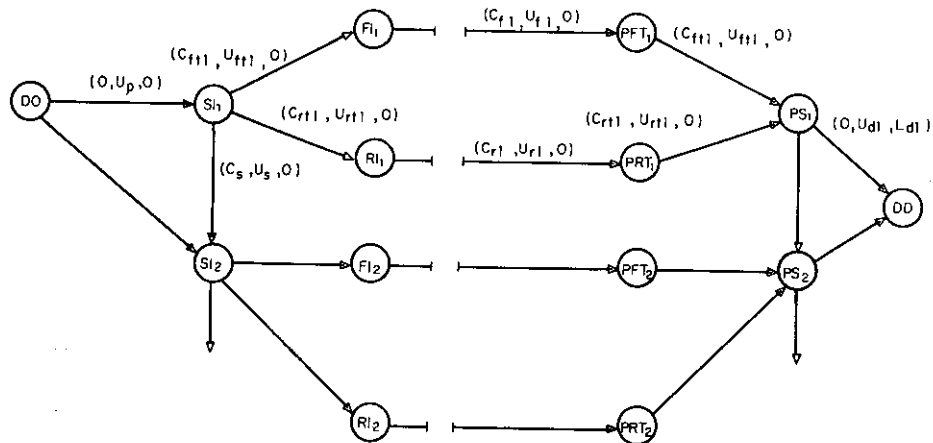
A produção no período de tempo I em qualquer microrregião exportadora é indicada pelo fluxo da "fonte" artificial DO num arco tal como (DO, SI_i) , onde SI_i é uma unidade de armazenagem

⁵ Gordon H. Bradley, "Survey of Deterministic Networks", in *AIIE Transactions*, vol. 7 (1975), pp. 222-234, também examina essas vantagens.

na microrregião no período I . Todos os cereais devem passar por essas unidades para limpeza e secagem. O custo zero no arco indica que os custos de produção não foram incluídos no modelo, e o valor U_p é o excedente exportável da microrregião, estimado exogenamente. Os cereais que se encontram na unidade SI_1 podem ser armazenados até o período seguinte, ou enviados ao porto por trem ou caminhão. A armazenagem é representada pelo fluxo no arco (SI_1, SI_2) , onde SI_2 é a mesma unidade de armazenagem no período 2, e a capacidade de armazenagem é dada por U_s (o limite superior no arco).

As operações de carregamento nos trens e caminhões são dadas por fluxos em (SI_1, FI_1) e (SI_1, RI_1) para o transporte no primeiro período. As linhas de transporte ferroviário e rodoviário são representadas por fluxos nos arcos (FI_1, PFT_1) e (RI_1, PRT_1) . Os nós intermediários (interseções, outras cidades, etc.), embora não constem do diagrama (para simplificá-lo), foram, evidentemente, incluídos no modelo e representam uma extensão direta da análise gráfica.

Figura 4
REDE PARCIAL DE TRANSFERÊNCIA DE GRÃOS NO PARANÁ



As operações dos trens e caminhões nos terminais são representadas por fluxos ao longo dos arcos (PFT_1, PS_1) e (PRT_1, PS_1) . O limite superior no arco do terminal ferroviário representa, de fato, uma limitação do material rodante, pois as demoras no terminal resultam na impossibilidade de fornecer vagões aos usuários potenciais. Os cereais que já se encontram nos armazéns portuários (PS_1) podem ficar armazenados até o período seguinte ou ser embarcados em navios, situações estas representadas pelos arcos (PS_1, PS_2) e (PS_1, DD) , respectivamente. O limite inferior L_d do último arco expressa a demanda de exportações exogenamente determinada no período 1.

O modelo esboçado na Figura 4 representa, assim, os aspectos essenciais do sistema de corredor de exportação: produção e armazenagem, transporte rodoviário e ferroviário, dividido em componentes do terminal e da linha, e demandas sazonais de exportações. A compressão da soja também está representada no modelo; mas, para simplificar, não incluímos esse aspecto no diagrama. O problema completo envolve 34 microrregiões produtoras, 44 nódulos rodoviários, 10 nódulos ferroviários, 10 usinas de processamento e quatro períodos de tempo (apenas dois são apresentados no diagrama).

Utilizamos dois modelos neste estudo. O primeiro representa o sistema básico de transferência existente em 1976; o segundo inclui o sistema básico com um terminal ferroviário aperfeiçoado no porto. Com as melhorias, o terminal teria áreas receptoras separadas para milho, soja e farinha, e cada trem poderia ser descarregado em 10 horas, ou menos, com um mínimo de operações de manobra. O impacto do terminal aperfeiçoado pode ser estimado comparando-se as soluções ótimas para os dois modelos.

Empregamos o algoritmo de Fulkerson para redes capacitadas de modo a obter soluções ótimas.⁶ O algoritmo determina o conjunto

⁶ O algoritmo de Fulkerson encontra-se descrito em L. Ford e D. Fulkerson, *Flows in Networks* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1962); D. Fulkerson, "An Out-of-Kilter Method for Minimal-Cost Flow Problems", in *J. Soc. Indust. Appl. Math.*, vol. 9 (1961), pp. 18-27; e Renfrey B. Potts e Robert M. Oliver, *Flows in Transportation Networks* (Nova York: Academic Press, 1972). Até recentemente, os códigos de Fulkerson ou "com defeito" (*out-of-kilter*) eram considerados os algoritmos mais eficientes para resolver problemas

máximo de fluxos X_{ij} , de modo a minimizar os custos totais de transferência, incluindo os custos das operações nos terminais, o transporte em si, a armazenagem e outros custos atribuídos aos arcos. Nesse caso, o fluxo máximo é igual à oferta disponível de todas as microrregiões exportadoras, sendo distribuído aos arcos de custo mais baixo. O fluxo ao longo de qualquer arco deve recair na capacidade máxima, na mínima, ou entre elas, onde for apropriado. O arco simulado (*dummy*) DD a DO representa o princípio de conservação do fluxo, segundo o qual o fluxo total para um nóculo deve ser igual ao fluxo total desse nóculo.

Os valores da solução para os arcos do terminal ferroviário de Paranaguá são apresentados nas colunas (1)-(7) da tabela a seguir. O valor C_{ij} , de Cr\$ 29/t, é o custo estimado das operações atuais no terminal com o atraso típico de 60 horas. Os valores de $CBAR$ são os custos líquidos do arco, definidos como:

$$C_{ij} = C_{ij} - (P_j - P_i)$$

onde P_j é o preço de destino e P_i é o preço de origem. Se $(P_j - P_i)$ exceder o custo de transferência C_{ij} , o custo líquido do arco será negativo. Isso implica que o sistema dispõe de um custo negativo, ou poupança, para cada unidade adicional de fluxo ao longo do arco, evitando-se assim trajetórias mais dispendiosas. O nível ótimo requer que cada arco com valor negativo seja utilizado até sua capacidade máxima. Tais arcos são os pontos de estrangulamento do sistema, e os valores de $CBAR$ são as poupanças decorrentes de um aumento unitário em suas capacidades. Na tabela (parte a), o terminal ferroviário opera com capacidade plena nos períodos 1, 2 e 3. Os valores de $CBAR$ indicam que poupanças de 23, 68 e 84 cruzeiros seriam obtidas com um aumento unitário da capacidade em cada período respectivo. O nível reduzido da demanda no período 4 resulta em capacidade excedente para o terminal ferroviário nesse período. Um total de 2,2 milhões de toneladas de carvão e

de rede. Soluções mais rápidas têm sido registradas com outros códigos de rede para alguns problemas. Bradley, *op. cit.*, examina algumas dessas alternativas. A dimensão do problema de rede resolvido nesta pesquisa dispensa a consideração de soluções por métodos não-reticulares, mas não é grande o bastante para justificar a busca do algoritmo da rede mais eficiente atualmente disponível.

Informações selecionadas das soluções ótimas ao problema de transferência no Paraná

Localização	Instalação	Período	C_{ij} , CBAR ^a			U_{ij} , X_{ij} ^a			Transporte em Caminhão ^b	
			(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
(1)	(2)	(3)	(Cr\$)	(t)	(1.000 t)	(1.000 t)	(1.000 t)	(1.000 t)	(%)	
a) Modelo Básico										
Paranaguá	Terminal	1	29	23	451	451	182	---	---	
"	"	2	29	-68	462	462	787	---	---	
"	"	3	29	-84	750	750	1.283	---	---	
"	"	4	29	0	560	537	175	---	---	
			Total:		2.500	2.227				
b) Simulação de Melhorias no Terminal de Paranaguá										
"	Terminal	1	29	0	720	475	141	41	23	
"	"	2	29	0	737	625	442	345	25	
"	"	3	29	0	1.196	1.011	1.022	261	20	
"	"	4	29	0	895	537	175	0	0	
			Total:		2.648	1.780	447	447	20	
c) Serra										
"	Ferrovia	1	21	0	608	475	141	41	23	
"	"	2	21	-30	625	625	442	345	25	
"	"	3	21	-64	1.011	1.011	1.022	261	20	
"	"	4	21	0	756	537	175	0	0	
			Total:		2.648	1.780	447	447	20	

^a C_{ij} é o custo do arco de uma unidade de fluxo, CBAR o custo líquido do arco, U_{ij} o limite superior do fluxo e X_{ij} o fluxo ao longo do arco na solução ótima. Os valores do limite inferior (L_{ij}) nessa tabela são todos nulos. Os totais estão sujeitos a discrepâncias devido ao arredondamento.

^b Trata-se da tonelagem que chega a Paranaguá em caminhões. As comparações de transferência modal referem-se ao mesmo período de tempo da iteração 1 na parte a. Os valores das colunas (8), (9) e (10) referem-se ao mesmo período de tempo referenciado nas colunas (1)-(7), mas foram derivados dos valores das soluções para arcos rodoviários não apresentados na tabela.

farinha chega ao porto de Paranaguá por ferrovia, e aproximadamente o mesmo volume é transportado por caminhões. Essa cifra corresponde de perto às chegadas reais, sugerindo que o modelo simula bastante bem os fluxos de transporte em 1976.

As melhorias no terminal sugeridas anteriormente são agora incluídas no modelo. A redução de 50 horas no tempo despendido em manobras nos terminais proporciona um aumento mínimo de 60% na disponibilidade de vagões, no caso do percurso mais longo do sistema (Maringá—Paranaguá). O aumento da capacidade será ainda maior no caso de trajetos mais curtos. A limitação da capacidade dos vagões é representada pelos parâmetros dos arcos do terminal, em vez de pela criação de arcos e nódulos adicionais. O valor de C_{ij} é novamente Cr\$ 29/t, com base na suposição de que toda a poupança nos custos de operação será aplicada nos custos de capital para a construção do novo terminal. Há ainda uma poupança de Cr\$ 26 milhões nos custos totais (que não consta da tabela) oriunda da transferência de 447 mil toneladas de carga dos caminhões para os trens. Além disso, essa transferência modal implica um considerável benefício social, pois alivia as condições de saturação nas rodovias de mão dupla do Paraná (algumas estão sendo duplicadas). A redução no tempo gasto no terminal reduziria os custos operacionais, associados a demoras no terminal, em Cr\$ 23,75 por tonelada. Essa cifra multiplicada por 2,6 milhões de toneladas resulta numa redução aproximada de Cr\$ 63 milhões no custo operacional. O resultado sugere que, cobrando as mesmas taxas: a) a ferrovia teria uma poupança anual de Cr\$ 63 milhões para aplicar na construção do terminal; b) há benefícios adicionais diretos de Cr\$ 26 milhões para os remetentes de cereais em decorrência da utilização da ferrovia em vez de se fazer o transporte por caminhões, que é mais dispendioso; e c) há substanciais benefícios externos para os usuários das rodovias em decorrência da redução do tráfego de caminhões, que não são quantificados no modelo.

Os valores nulos de *CBAR* na solução para o terminal melhorado indicam que a disponibilidade de vagões não mais constituiria uma limitação obrigatória do sistema ferroviário. Contudo, a capacidade da ferrovia seria atingida no trecho da serra, representando custos

de 30 e 64 cruzeiros para o sistema nesses períodos.⁷ Portanto, melhorias adicionais dependem de aumentos na capacidade real da ferrovia através de ramais mais adequados ou da construção de uma nova linha. A solução ótima, porém, indica que 141 e 175 mil toneladas de cereais e farinha ainda seriam transportadas por caminhões nos períodos 1 e 4, respectivamente, mesmo que a ferrovia apresentasse capacidade excedente nesses períodos. Um exame dos arcos não apresentados na tabela revela que esses carregamentos provêm das áreas mais próximas ao porto. Nesses períodos, ocorrem chegadas de caminhões, pois o congestionamento nas rodovias e no terminal para caminhões é muito menor do que durante os períodos 2 e 3. No sistema real, a ferrovia transporta uma proporção muito maior de cargas oriundas de áreas vizinhas do que ocorre nas soluções ótimas da tabela. Isso resulta dos esforços por parte da ferrovia para assegurar um volume de carga mais uniforme durante o ano todo através de contratos com as indústrias de processamento de Ponta Grossa.

5 — Implicações

A análise em termos de rede revela que o padrão real de ferrovias que cobrem distâncias curtas não maximiza poupanças para o sistema de transferência, já que o trecho da serra é, de longe, a linha de transporte mais dispendiosa do sistema, implicando as mesmas operações de terminal que correspondem a trajetos mais longos. Assim, a empresa ferroviária pode também estar subotimizando ou maximizando a carga em vez da receita. Contudo, melhorias no terminal de Paranaguá, e a conseqüente redução dos custos das operações, juntamente com a fixação de preços para os períodos de pico da demanda, podem melhorar a situação financeira da ferrovia e, ao mesmo tempo, remover um volume considerável de carga das rodovias, congestionadas em todos os períodos de tempo.

⁷ De fato, melhorias subseqüentes no terminal ferroviário de Ponta Grossa provocaram saturação da linha da serra nesses períodos.

Na atual situação brasileira, as taxas cobradas pelos terminais são uniformes, resultando em incentivos de preço inadequados aos usuários para que elevem o nível de qualidade de seus terminais numa base individual ou coletiva. A ferrovia, por sua vez, esbarra numa séria restrição orçamentária para aperfeiçoar seus próprios terminais, através de sua empresa subsidiária de armazenagem. Incentivos de preço para o transporte de cargas que completem a capacidade dos trens, estabelecimento de preços para os períodos em que a demanda atinge o ponto máximo e custos operacionais mais baixos, associados a uma redução no tempo gasto em manobras nos terminais, podem beneficiar a empresa ferroviária, reduzir a conta de remessa de cereais e aliviar o congestionamento das rodovias.

Os conceitos apresentados no caso de Paranaguá têm implicações gerais para o tabelamento dos serviços de transporte. As estradas de ferro possuem um monopólio limitado dos serviços de transporte e tendem a ser administradas pelo Estado ou são de propriedade estatal. Em conseqüência, tanto as ferrovias brasileiras de propriedade do Governo quando as norte-americanas com regulamentação estatal apresentam a tendência de basear os preços nos custos médios das diversas operações e linhas em vez de considerar o custo de um serviço específico para a ferrovia em questão.⁸ O resultado, tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos, é uma redução dos incentivos de preço para que os usuários e companhias de estrada de ferro adotem o sistema de volume de carga e terminais para um só trem.

Tendo em vista esses resultados, deve-se indagar: como proporcionar incentivos adequados às companhias de estrada de ferro e aos responsáveis pelos carregamentos de cereais para que elevem o nível de qualidade dos terminais? Tais melhorias seriam mais eficazes para aliviar os pontos de estrangulamento no transporte de cereais do que a alternativa mais dispendiosa de adquirir material rodante, que passaria boa parte do tempo nos desvios e não nas linhas.

(Originais recebidos em fevereiro de 1980. Revistos em abril de 1980.)

⁸ Sward, *op. cit.*, pp. 8-24.