

Eficiência de Sistemas de Transporte Público no Nordeste com Análise Envoltória de Dados (DEA)

Breno Ramos Sampaio

- Bolsista do PIBIC/CNPq e graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Yony Sampaio

- Professor Titular de Economia do Departamento de Economia/PIMES da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
- Ph.D. em Economia, Universidade da Califórnia.

Luciano M. B. Sampaio

- Professor Adjunto de Economia do Departamento de Economia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).
- Doutor em Economia pela Universidade Federal de Pernambuco/PIMES e Paris 1/Sorbonne.

Resumo

O transporte público é uma prioridade governamental em todo o mundo, pelas vantagens sociais e reduções das emissões poluentes ao meio ambiente. Em particular para o Nordeste, dada a carência de recursos das cidades nordestinas e a menor renda da sua população. Para análise de eficiência e de eficácia desses sistemas foi utilizado o método de análise envoltória de dados (DEA), com retornos variáveis de escala, com dois produtos e três insumos. Os resultados mostram que, entre os sistemas analisados, os nordestinos, em média, são mais eficientes que os brasileiros, em geral, mas menos que os europeus. Mostra-se, para o caso nordestino, através de um conjunto de indicadores, que a melhor *performance* dos eficientes está ligada à maior cobertura do sistema, representada por maior extensão de linhas por área, a custos operacionais mais reduzidos e à melhor qualidade de serviço prestado.

Palavras-chave

Transporte Público-Nordeste, Transporte Público-Sistemas Nordestinos, Transporte Público-Eficiência.

1 – INTRODUÇÃO

O transporte público é uma prioridade governamental em todo o mundo, por diversas razões: é uma necessidade para locomoção das pessoas, predominantemente, mas não exclusivamente, para as de renda mais baixa; atende número mais amplo de passageiros que o transporte individual, sem sobrecarregar a infra-estrutura rodoviária; e permite substanciais reduções de emissões poluentes ao meio ambiente, dada a menor quantidade de veículos por passageiros. Contudo, em todo o mundo, o funcionamento do transporte público está associado a elevados subsídios governamentais resultantes dos custos de operação incorridos pelas empresas prestadoras de serviço, sobretudo na cobertura de áreas com baixa densidade populacional.

Adicionalmente, a expansão urbana torna a rede de transporte coletivo desordenada e irracional, sendo a superposição de linhas uma das características dessa irracionalidade. Para se adotar uma rede integrada de transporte coletivo, há necessidade de se estruturar um sistema de transporte coordenado de forma única por um órgão gestor que promova a integração e ordenação de linhas, estabeleça estrutura tarifária e coordene as diversas prestadoras de serviço. Esse órgão gestor é o principal responsável pela eficiência e eficácia do sistema.

Assim, governos têm o objetivo de atender, por meio de um órgão gestor, as necessidades de transporte da população, via empresa(s) contratada(s) com os seguintes propósitos conflitantes: repassar menores subsídios possíveis às empresas contratantes e, ao mesmo tempo, exigir delas a oferta de um serviço de qualidade. Uma maneira de reduzir esses subsídios é incentivar as empresas contratadas a buscar eficiência administrativa (reduzindo custos), de forma que a diferença entre custo marginal e preço (coberto pelo subsídio) seja a menor possível.

Com isso, os organismos responsáveis (reguladores ou gestores indiretos) pelos serviços de transporte de todo o mundo têm promovido a busca por redução de custos e, simultaneamente, muitas vezes de forma contraditória, a melhoria da qualidade (eficácia) dos sistemas, tomando inadequada a análise da *performance* dos sistemas diretamente pela eficiência alocativa (utilização de insumos em proporções ótimas visando obter custos mínimos) que não incorpora indicadores relacionados à eficácia do serviço.

Karlaftis (2004) destacou que, nos últimos anos, inúmeras pesquisas têm sido realizadas com o intuito de desenvolver métodos de avaliação da *performance* de sistemas de transporte (internacionais), levando em consideração indicadores que incorporem fatores de eficiência alocativa e de eficácia, com muitos desses trabalhos usando a metodologia de análise de envoltória de dados (Data Envelopment Analysis – DEA). Há poucas análises semelhantes para os sistemas brasileiros, que, por sua vez, possuem longo histórico de ineficiência e oferta de serviço de baixa qualidade.

O objetivo deste trabalho é avaliar a *performance* de sistemas de transporte nordestinos, relativos a outros sistemas brasileiros e alguns internacionais, por meio de indicadores selecionados de acordo com as características desses sistemas avaliados, destacando alguns possíveis elementos explicativos das diferenças encontradas.

Após essa breve introdução, a próxima seção revisa a questão de *performance* de sistemas de transporte e de indicadores comumente utilizados para esse intuito. Na terceira seção, resumem-se a metodologia de análise de envoltória de dados (DEA) adotada para mensuração de eficiência dos sistemas de transporte e ainda os dados e variáveis escolhidas. Na quarta seção, colimam-se os resultados encontrados e, na quinta, indicam-se elementos explicativos dos resultados. Na sexta seção, indicadores de eficiência e eficácia dos sistemas nordestinos são comparados para sistemas eficientes e ineficientes. Na última seção, ao lado das conclusões, são apontadas sugestões para melhoria dos sistemas de transporte público do Nordeste.

2 – EFICIÊNCIA E EFICÁCIA NO TRANSPORTE PÚBLICO

A eficiência e a eficácia de sistemas de transporte público podem ser aferidas com base em uma série de fatores, sejam eles ligados à eficácia (qualidade) de serviço ofertado – eficiência em desempenho de serviço concebido em nome da população – ou a eficiência (desempenho) dos órgãos gestores e/ou empresas encarregadas do serviço.

Como exemplo, Santos (2000) indica como principais fatores característicos da eficácia (qualidade) de um sistema de transporte público urbano: a acessibilidade ao sistema, determinada pela distância que os usuários

devem percorrer desde sua origem até o ponto de embarque; o tempo de viagem, determinado pela velocidade comercial dos veículos e da geometria das linhas; a confiabilidade, obtida pelo grau de incerteza que os usuários têm sobre os horários de saída e de chegada dos veículos; a frequência de atendimento, medida pelo intervalo de tempo entre passagens consecutivas de veículos pelos pontos de parada; a lotação que é a relação entre o número de passageiros no interior do veículo nos horários de pico e sua capacidade; as características dos veículos, como seu estado de conservação e a sua tecnologia, que afetam o conforto dos passageiros durante as viagens; e a facilidade de utilização e mobilidade, parâmetro envolvendo aspectos como a sinalização dos pontos de parada, existência de abrigo nos locais de maior demanda, divulgação de horários e distribuição de mapas simplificados dos itinerários das linhas com localização dos terminais, disponibilização de informações por telefone etc. Há ainda outros indicadores de eficácia, como o número de passageiros transportados em relação à população, a extensão de linhas em relação à área servida, o nível de satisfação dos usuários, determinando tarifa compatível com a qualidade de serviço.

Ao lado dessas características, ligadas à qualidade de serviço prestado, há ainda indicadores de desempenho do sistema/empresa, indicativos da eficiência que, em geral, procuram minimizar os recursos utilizados, como custo operacional por passageiro transportado, tamanho da frota, mas sem lotação e nem tempo de viagens excessivos, e número de funcionários.

O problema é que a quantidade enorme de indicadores que podem ser usados para avaliar os sistemas individualmente impossibilita uma comparação mais direta entre esses sistemas, não permitindo a generalização dos resultados (BENJAMIN; OBENG, 1990). Por essa razão, diversos autores iniciaram a busca por indicadores-chaves que permitam a avaliação da *performance* dos sistemas de transporte e a comparação entre eles por meio de modelos matemáticos, sendo o DEA um dos mais utilizados.

Em linhas gerais, os sistemas de transporte podem ser vistos como unidades de decisão, assim como qualquer sistema produtivo, que utilizam insumos resultantes no serviço prestado. Geralmente, para modelagem de eficiência dos sistemas de transportes são utilizados três insumos básicos: trabalho, combustível e capital da em-

presa. O trabalho pode ser representado pelo número total de empregados (operadores, da manutenção e da administração) ou, alternativamente, pelos custos de mão-de-obra. O consumo de combustível é medido diretamente pela quantidade anual total utilizada no sistema, em galões ou litros. O capital da empresa pode ser aproximado pelo número de veículos operados pelo sistema. Diversas variantes destas variáveis-insumos podem ser utilizadas, como mostrado a seguir, em algumas aplicações. A definição dos produtos (*outputs*) é mais complexa, mas, em geral, baseia-se em indicadores de eficiência e eficácia. Muitos autores têm sugerido (FIELDING, 1987) o uso de veículos/distância percorrida como medida de eficiência e o número de passageiros/distância percorrida, como parâmetro de eficácia, sendo uma combinação desses dois representativa de uma medida de *performance* combinada ou global.

Karlaftis (2004) fez uma revisão cronológica dos trabalhos que tratam da análise da *performance* de sistemas de transporte: Tomazinis (1977) especificou um conjunto de indicadores para medir a *performance* dos sistemas públicos de transporte e definiu os aspectos conceituais para tal avaliação, como eficiência, produtividade e qualidade do serviço prestado. Fielding e Glauthier (1978), Fielding; Babitsky e Brenner (1985), Fielding, Brenner e Faust (1985) indicam impressionante número de indicadores que podem ser usados para avaliar *performance*, separados em três categorias: eficiência, eficácia e, por fim, a *performance* global, incorporando as duas primeiras.

Viton (1997) estudou a eficiência do sistema de ônibus americano, usando DEA para amostra de 217 empresas públicas e privadas, com os seguintes indicadores: veículos/distância percorrida em milhas e passageiros transportados como produtos (*outputs*) e velocidade média, idade média da frota, milhas percorridas, galões de combustível utilizados pela frota, mão-de-obra do serviço de transporte, mão-de-obra da manutenção, mão-de-obra administrativa, mão-de-obra do capital, custos de serviços do sistema, custos de seguro e outros custos.

Chu, Fielding e Lamar (1992) e Viton (1998) usaram DEA para desenvolver uma única medida de *performance* e indicaram que a produtividade do sistema de ônibus americano aumentou levemente de 1988 a 1992. Notaram ainda que, em geral, eficiência e eficácia são negativamente correlacionadas.

Nolan (1996) realizou estudo de eficiência técnica de 29 empresas médias de transportes por ônibus americanas utilizando DEA. Os indicadores de insumos foram: o número de ônibus da frota ativa; o número de empregados; e a quantidade de combustível consumida; e como único produto: veículos por milhas percorridas.

Levaggi (1994) aplicou DEA a 55 companhias prestadoras de serviço do sistema de transporte urbano na Itália. O produto indicado foi a quantidade de quilômetros servidos pelas companhias, velocidade média dos ônibus, capital empregado tomado pela *proxy* de número de veículos em operação, coeficiente de “lotação” definido por passageiros por quilômetros sobre número de lugares disponíveis por quilômetro e densidade populacional. Os indicadores de insumos foram: “lotação”, custos com mão-de-obra, custos com combustível, outros custos variáveis, quilômetros de estradas, densidade populacional e número de veículos. As conclusões apontaram excesso de capital, capacidade ociosa dos ônibus e elevada participação dos salários nos custos.

Karlaftis e McCarthy (1997) encontraram que sistemas de transporte com altos escores em um atributo da *performance* (como, eficiência, eficácia ou *performance* global) em geral também obtêm bons resultados nos demais indicadores, resultado que contradiz Chu, Fielding e Lamar (1992).

Karlaftis (2004) usou DEA para 259 sistemas nos Estados Unidos da América (EUA), com três modelos diferentes de acordo com a escolha dos indicadores resultados. Assim, os modelos se diferenciam pela escolha dos *outputs*: veículos/distância percorrida em milhas; passageiros/milhas percorridas ou passageiros transportados; ou ambos conjuntamente. Como insumos, utilizou: número total de empregados; volume de combustível em galões; e número de veículos do sistema. Concluiu que a eficiência está relacionada positivamente à eficácia e que a magnitude da economia de escala depende da especificação do produto escolhido.

Husain, Abdullah e Kuman (2000), também usando DEA, avaliaram a eficiência do setor público de transporte da Malásia, incluindo 46 unidades de serviço, usando como insumos o número de empregados e os custos com mão-de-obra, e como produto a quantidade total de serviço oferecida e a receita das empresas. Concluiu que as empresas mais eficientes correspondiam às de altas receitas.

Pina e Torres (2001) usaram DEA para comparar a eficiência do setor privado e público na Espanha. Escolheram como insumos: combustível/distância percorrida em km; custos/km ou custos/passageiro; e subsídio/por passageiro. Como produtos: número de ônibus por quilômetros por empregados (ônibus-km/empregado) – indicador que provê informação sobre a *performance* do transporte urbano com respeito ao número de empregados; número de ônibus por quilômetros por ano – indicador que mostra a produtividade média e o grau de utilização dos ônibus dos sistemas de transporte urbano das cidades estudadas; número de ônibus por quilômetros por habitantes – representa a oferta pública de transporte de cada cidade; e ainda, como indicadores de qualidade, a taxa de acidentes e a frequência e a agilidade da prestação do serviço.

3 – MEDINDO PERFORMANCE NO TRANSPORTE PÚBLICO

3.1 – A Abordagem DEA

O grau de eficiência dos sistemas de transporte foi determinado pelo método de análise de envoltória de dados (Data Envelopment Analysis – DEA¹). Neste método, os sistemas urbanos de transporte são considerados unidades de tomada de decisão (Decision Making Units – DMUs) que são avaliadas por suas eficiências relativas às unidades identificadas como eficientes e que compõem a fronteira tecnológica. De acordo com a forma da fronteira, tem-se duas abordagens distintas – a paramétrica e a não-paramétrica. No primeiro caso, postula-se que a fronteira do conjunto produtivo pode ser representada por uma função de produção caracterizada por parâmetros constantes. Este método foi utilizado, pioneiramente, por Aigner e Chu (1968). Com isso, uma forma funcional é definida *a priori* para a tecnologia e a estimação é feita, normalmente, por meio de métodos econométricos. A especificação da função de produção é a maior limitação da abordagem paramétrica, uma vez que as medidas de eficiência podem variar muito de acordo com a função escolhida.

A forma não-paramétrica não se baseia em uma função especificada *a priori*. A forma da fronteira do conjunto produtivo é determinada considerando que o conjunto

¹ Descrição sucinta do método DEA e diversas aplicações podem ser vistas em Lovell (1993). Para discussão mais detalhada e matematicamente mais rigorosa, ver Banker (1984), Banker *et al.* (1981), Banker, Charnes e Cooper (1984), Banker *et al.* (1989), Banker e Morey (1986), Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e Farrell (1957).

de produção deve satisfazer determinadas propriedades. O método DEA está inserido na abordagem não-paramétrica e emprega o método de programação matemática para estimar modelos de fronteiras de produção e obter os escores de eficiência. Este método é baseado no trabalho de Farrell (1957), posteriormente popularizado por Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

No DEA, as DMUs realizam tarefas similares e se diferenciam pelas quantidades dos insumos que consomem e dos produtos que resultam. Supõe-se que o conjunto de possibilidade de produção, como se mencionou anteriormente, deve satisfazer determinadas propriedades, ou seja, não há suposições sobre a fronteira propriamente dita.

O conjunto de produção é limitado pela fronteira de produção composta por aquelas DMUs que são eficientes. A determinação das DMUs eficientes é feita através da resolução, para cada uma delas, de um sistema de equações lineares definido para mensurar o nível de eficiência de cada DMU.

O modelo proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com retornos constantes de escala, pode ser resumido supondo-se N firmas ou DMUs utilizando I insumos para produzir P produtos. O índice i indica a i-ésima DMU, para a qual os vetores x_i e y_i representam a quantidade de insumos e produtos. O objetivo é construir uma fronteira não-paramétrica que envelope os dados, de forma que todas as unidades se encontrem sobre ou abaixo desta fronteira.

Para cada DMU é maximizada a razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos, onde u é um vetor $P \times 1$ dos pesos associados ao produto e v um vetor $I \times 1$ dos pesos associados aos insumos. Os valores de u e v são tratados como incógnitas e calculados de forma a maximizar a eficiência de cada DMU. Para cada DMU é desenvolvido o seguinte problema:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v} \quad & (u^t y_i / v^t x_i), \\ \text{sujeito a} \quad & (u^t y_j / v^t x_j) \leq 1, \quad j = 1, \dots, N, \\ & u \geq 0 \quad \text{e} \quad v \geq 0 \end{aligned}$$

O modelo descrito acima apresenta um número infinito de soluções. Pois, se (u^*, v^*) é uma solução do pro-

blema, então $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ também é uma solução possível. Esse problema foi resolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) impondo a condição $v^t x_i = 1$. Dessa forma, o novo problema de programação linear é:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{u,v} \quad & u^t y_i, \\ \text{sujeito a} \quad & v^t x_i = 1, \\ & u^t y_j - v^t x_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, N, \\ & u \geq 0 \quad \text{e} \quad v \geq 0 \end{aligned}$$

Essa nova forma é conhecida como forma multiplicativa e apresenta um grande número de restrições, não sendo adequada para efeitos computacionais. Utilizando a propriedade da dualidade da programação linear, o problema pode ser formulado de uma maneira equivalente, porém com menos restrições ($I+P < N+1$).

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\theta, \lambda} \quad & \theta, \\ \text{sujeito a} \quad & Y\lambda - y_i \geq 0, \end{aligned}$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0,$$

$$\lambda \geq 0.$$

Onde: θ – escore de eficiência;
 λ – vetor $N \times 1$ de constantes;
 X – matriz dos insumos ($I \times N$);
 Y – matriz dos produtos ($P \times N$).

O problema de programação linear é resolvido N vezes, uma para cada DMU. O valor de θ é o escore de eficiência e deve satisfazer a condição $\theta \leq 1$.

O uso de retornos constantes de escala, quando nem todas as DMUs estão operando na escala ótima, resulta em medidas de eficiência técnica influenciadas pelas medidas de eficiência de escala. Nestes casos, a abordagem por retornos variáveis de escala permite a medição da eficiência técnica sem a interferência da eficiência de escala.

A extensão desse modelo, passando a considerar rendimentos variáveis de escala, foi feita por Banker, Charnes e Cooper (1984), adicionando a restrição de convexidade ($\sum z^r \lambda = 1$), obtendo o seguinte problema:

Min θ, λ θ ,
 sujeito a $Y\lambda - y_i \geq 0$,

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0,$$

$$z^t \lambda = 1,$$

$$\lambda \geq 0$$

Onde: z – vetor unitário $N \times 1$.

Convém registrar que uma das vantagens da metodologia DEA, quando usada para medir a eficiência técnica, é que ela pode produzir automaticamente “unidades-alvo” sempre que encontrar unidades ineficientes. Tais “unidades-alvo” podem ser “virtuais” e não necessariamente uma DMU existente, ou seja, a “unidade-alvo” pode ser uma combinação linear das unidades eficientes em relação à DMU ineficiente. Assim, ao mesmo tempo em que a metodologia DEA estabelece que uma determinada DMU é ineficiente, ela também identifica as DMUs para as quais esta unidade é ineficiente. Há, então, a determinação de um conjunto de pesos λ indicando uma combinação de unidades eficientes e representando a proporção em que o produto da unidade ineficiente poderia ser oferecido usando menos insumos, em relação às “unidades-alvo” (Régis, 2001).

3.2 – Dados e Variáveis Escolhidas

A escolha dos sistemas, para análise mais representativa, deve contemplar sistemas complexos que combi-

nem diferentes modalidades, como trens, metrô e ônibus, e sistemas mais simples que operam apenas com ônibus. A complexidade dos sistemas reflete, em parte, a dimensão das cidades, de grandes metrópoles a cidades interiores de pequeno porte. A combinação de distintas modalidades visa assegurar maior eficiência e eficácia, aspecto dos mais importantes em estudos de fronteira eficiente. Foi estabelecida também comparação entre sistemas de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Dados estes critérios e a disponibilidade de dados, foram analisados 29 sistemas de transporte público (Tabela 1): dezesseis brasileiros, sendo seis do Nordeste, nove do Sudeste e um do Sul, cinco espanhóis, dois ingleses, dois franceses, um alemão, um holandês, um grego e um lituânio. A escolha de sistemas de distintos países, mesmo que existam diferenças nas políticas referentes ao transporte público, é justificada pelo comportamento similar dos sistemas que buscam sempre economizar insumos e ampliar os serviços, assegurando a mais alta qualidade possível. Em relação a distintas modalidades, destaca-se o sistema de Paris, que combina trens suburbanos, metrô e ônibus, e sistemas simples, como o de Vilnius, no exterior, e o de Caruaru, em Pernambuco. Quase todos os sistemas estrangeiros combinam distintas modalidades, mas poucos são os brasileiros que operam com outras modalidades além de ônibus. Para o Brasil, de modo particular, foram consideradas cidades de grande porte como São Paulo, onde a população é de 10.552.892, que opera com trens suburbanos, metrô e

Tabela 1 – Sistemas analisados

Brasil ¹		Exterior ²	
Nordeste	Resto do País	Cidade	País
Caruaru	Belo Horizonte	Sevilha	Espanha
Fortaleza	Blumenau	Madri	Espanha
João Pessoa	Juiz de Fora	Barcelona	Espanha
Recife	Mogiguaçu	Bilbao	Espanha
Salvador	Piracicaba	Valência	Espanha
Teresina	São Gonçalo	Londres	Inglaterra
	São José dos Campos	Manchester	Inglaterra
	São Paulo	Paris	França
	Sorocaba	Lyon	França
	Uberlândia	Frankfurt	Alemanha
		Amsterdã	Holanda
		Atenas	Grécia
		Vilnius	Lituânia

Fonte: Elaboração dos autores.

¹ Os dados para os sistemas de transporte brasileiros foram obtidos no Anuário ANTP dos Transportes Públicos (2001).

² Para os sistemas internacionais, os dados estão disponíveis nos sites de cada sistema de transporte, contidos nas referências.

ônibus, e cidades de pequeno porte, como Mogiguaçu, onde a população é 126.654.

Como dito, indicadores de produto (*output*), geralmente, são escolhidos de forma que englobem medidas de eficiência e eficácia, contemplando a atividade da empresa em si, mas também o nível de serviço (qualidade) prestado à população atendida. Como a ênfase é no órgão gestor, são tomadas variáveis referentes a ele, e outras ao desempenho do sistema como um todo, representando o serviço prestado.

Considerando a disponibilidade de dados para os sistemas analisados, a Tabela 2 mostra a escolha das variáveis (insumos e produtos) para o problema analisado. Foram escolhidos três insumos: custo operacional do sistema; número total de veículos equivalentes; e número de empregados; contemplando, assim, as variáveis básicas de um sistema de produção – mão-de-obra, capital e o custo operacional, que inclui gastos com combustível e outros. A variável número total de veículos equivalentes incorpora correção para distintas modalidades de transporte – trem e ônibus; para equivalência, tomou-se por base o número de assentos em cada veículo. A variável número de empregados contém, exclusivamente, os empregados nos sistemas gestores de transporte, dando ênfase ao órgão gestor e não às prestadoras ou opera-

doras de serviço. Para representar as duas dimensões, normalmente consideradas, do serviço, como produtos foram escolhidos número de passageiros transportados e extensão de linhas/área servida, indicando, respectivamente, a eficiência e a eficácia do serviço.

4 – RESULTADOS

Os escores de eficiência dos sistemas de transporte público encontrados estão listados na Tabela 3. Nota-se que os sistemas que foram considerados eficientes são: Sevilha, Barcelona, Bilbao, Valência, Manchester, Paris, Amsterdã, Vilnius, Fortaleza, João Pessoa, Mogiguaçu, Salvador e São Gonçalo; e os sistemas que foram considerados ineficientes são: Madri, Londres, Lyon, Frankfurt, Atenas, Recife, Belo Horizonte, Blumenau, Caruaru, Juiz de Fora, Piracicaba, São José dos Campos, São Paulo, Sorocaba, Teresina e Uberlândia.

Dos sistemas brasileiros, cinco obtiveram escores de eficiência igual a 100%, ou seja, 31% dos sistemas brasileiros totais analisados. Desses cinco sistemas eficientes brasileiros, três localizam-se no Nordeste e são: Fortaleza, João Pessoa e Salvador; os dois outros são Mogiguaçu e São Gonçalo, em São Paulo. De modo particular para o Nordeste, 50% mostraram-se eficientes. Nos sistemas europeus, oito sistemas obtiveram escore de eficiência igual a 100%, que representa 62% dos siste-

Tabela 2 – Variáveis utilizadas

Insumos	Produtos
X_1 – Custo Operacional do Sistema	Y_1 – Número de Passageiros Transportados Y_2 – Extensão de Linhas/Área
X_2 – Número total de Veículos Equivalente	
X_3 – Número de empregados nos Órgãos Gestores	

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 3 – Escore de eficiência técnica dos sistemas de transporte público

Sistema	Escore	Sistema	Escore	Sistema	Escore
Sevilha	100,00%	Mogiguaçu	100,00%	Caruaru	77,40%
Barcelona	100,00%	Salvador	100,00%	Madri	74,47%
Bilbao	100,00%	São Gonçalo	100,00%	São José dos Campos	68,48%
Valência	100,00%	São Paulo	98,86%	Londres	67,09%
Manchester	100,00%	Belo Horizonte	97,11%	Frankfurt	64,46%
Paris	100,00%	Atenas	96,43%	Recife	62,78%
Amsterdã	100,00%	Blumenau	91,35%	Teresina	57,78%
Vilnius	100,00%	Juiz de Fora	90,77%	Piracicaba	55,98%
Fortaleza	100,00%	Lyon	82,93%	Uberlândia	54,90%
João Pessoa	100,00%	Sorocaba	78,76%		

Fonte: Elaboração dos autores.

mas europeus totais analisados. Os sistemas de transporte nordestinos mostraram-se, em média, mais eficientes que os do Brasil como um todo, mas menos eficientes, em média, que os europeus.

Analisando-se a eficiência dos sistemas com relação ao número de habitantes, constata-se que o sistema de Paris, por exemplo, com uma população de aproximadamente 10.900.000 habitantes, foi considerado eficiente, ao passo que o sistema de Madri, cuja população é de 5.611.000, não o foi. Pode-se somar a isto ainda o fato de o número de veículos do metrô de Paris e o número de veículos do trem suburbano serem mais que o dobro e pouco mais que sete vezes maior, respectivamente, do que número de veículos de Madri. Este é apenas um caso particular. Anota-se que Vilnius, único sistema europeu que opera exclusivamente com ônibus, foi eficiente; vários outros sistemas europeus, com várias modalidades, como o de Londres e o de Frankfurt, não se mostraram eficientes. Para os sistemas brasileiros, em contraposição ao caso europeu acima, aparece como eficiente Mogiguaçu, cidade de pequeno porte e sem presença de outro tipo de modalidade além do ônibus urbano, e como ineficiente o Recife, cidade de grande porte e com presença de ônibus a diesel, ônibus elétricos e metrô. Foram feitos diversos testes com relação ao tamanho da população, renda, área total e número de veículos, levando-se em conta as diversas modalidades, e nenhuma correlação com a eficiência dos sistemas mostrou-se significativa. Pode-se concluir que é possível operar de modo eficiente com sistemas que adotem diver-

sas modalidades ou apenas ônibus, que operem em regiões metropolitanas ou em cidades de porte médio.

A Tabela 4 apresenta um resumo estatístico dos valores de escores mínimo, médio e máximo obtidos para o modelo DEA-V.

Pode-se observar que 18 sistemas apresentam escores de eficiência maiores que a média, que foi de 86,88%. Desses 18 sistemas, 50% são de sistemas brasileiros.

O número de vezes que cada sistema eficiente aparece como parâmetro para os sistemas ineficientes é mostrado na Tabela 5.

Os sistemas de Sevilha, Amsterdã e Mogiguaçu servem de referência para oito sistemas ineficientes, seguidos de Paris e Fortaleza, que servem de referência para seis sistemas, depois de João Pessoa, que serve de referência para cinco, seguido de Valência, Vilnius e Salvador, que servem de referência para três, depois Manchester com dois e, por fim, São Gonçalo não servindo de referência para nenhum sistema ineficiente. A importância da representatividade dos sistemas eficientes que servem de referência para os sistemas ineficientes está no fato de que as práticas adotadas pelos municípios eficientes podem servir para contribuir para um aumento da eficiência dos sistemas ineficientes.

5 – EXPLICANDO A EFICIÊNCIA

Os escores de eficiência dos sistemas de transporte foram analisados segundo os seguintes critérios: custo

Tabela 4 – Resumo estatístico dos escores de eficiência técnica

Estadística	DEA-V
Mínima	55,98%
Média	86,88%
Máxima	100%

Fonte: Resultados do software EMS.

Tabela 5 – Número de vezes que cada sistema eficiente aparece como referência para os sistemas ineficientes

Sistema	Número de vezes como referência	Sistema	Número de vezes como referência
Sevilha	8	Vilnius	3
Amsterdã	8	Salvador	3
Mogiguaçu	8	Manchester	2
Paris	6	Barcelona	1
Fortaleza	6	Bilbao	1
João Pessoa	5	São Gonçalo	0
Valência	3		

Fonte: Resultados do software EMS.

operacional por número de passageiros transportados, idade da frota de veículos e número de funcionários por número de veículos equivalentes. Dois desses fatores refletem diretamente a eficiência (custo operacional e número de funcionários) e o outro reflete indiretamente a qualidade de serviço (idade da frota), representativo da eficácia do sistema.

5.1 – Eficiência e Custo Operacional/Número de Passageiros Transportados

Os indicadores de custo permitem verificar o nível de eficiência alcançado na prestação dos serviços de transporte público. Para uma mesma qualidade de serviço, quanto menor o custo operacional por passageiros transportados, maior a eficiência do sistema. Para determinação desses custos foram considerados gastos com mão-de-obra, combustível, pneus, entre outros. Para efeito de comparação, todos os custos foram padronizados em euros, utilizando a taxa de câmbio de mercado.

A Tabela 6 mostra um resumo estatístico do custo operacional/número de passageiros transportados.

Os sistemas de Londres e Valência tiveram o maior e menor custo, respectivamente, do total dos sistemas e dos sistemas europeus analisados. Para os sistemas brasileiros, São Gonçalo teve o maior custo e Belo Horizonte o menor. Entre os sistemas nordestinos, Recife detém o maior e Caruaru o menor custo. Nota-se também que o custo operacional médio por passageiro nas cidades do Nordeste é inferior à média do total das cidades brasileiras analisadas.

Nesta análise, considera-se o custo por passageiro sem considerar a qualidade de serviço prestado. Esta é uma limitação. Outra observação refere-se à comparação de custos usando valor que não incorpora as diferenças de nível de vida e renda média em cada país. Sampaio e Lima Neto (2005), por exemplo, analisando tarifas para diversos sistemas, encontraram tarifas mais

baratas no Brasil, em relação a sistemas europeus, mas que, quando convertidas em proporção da renda média, ajustando para o poder aquisitivo da população, mostraram maior proporção da renda com o gasto com transporte no Brasil.

O Gráfico 1 mostra que os sistemas considerados eficientes concentram-se nas faixas de custo mais baixas. Já os sistemas ineficientes apresentam distribuição pendente para a direita, ou seja, custos mais elevados. Embora não possa ser eleito como critério único, certamente um mais baixo custo operacional por passageiro é um dos requisitos para eficiência do sistema.

5.2 – Eficiência e Idade Média da Frota

A idade média da frota reflete, em parte, o estado de conservação e a tecnologia dos veículos disponíveis à população. É um indicador de qualidade (eficácia) que está fortemente ligado à demanda e à satisfação do usuário do transporte público. Pode, ao mesmo tempo, se refletir em custos de manutenção mais baixos, afetando a eficiência operacional. A idade média da frota de veículos, segundo Ferraz (1998), pode ser classificada em boa, com menos de 5 anos, média, com idade média entre 5 e 8 anos e ruim, com mais de 8 anos.

O Gráfico 2 ilustra a distribuição dos sistemas de transporte brasileiros em função da idade média de sua frota (não há dados de idade média da frota para os sistemas europeus). Destaca-se a clara distinção entre os sistemas eficientes e ineficientes.

Os sistemas eficientes têm suas frotas com idade média entre 2 e 5 anos, sendo classificados com boa qualidade, e os sistemas ineficientes entre 4 e 8 anos, sendo classificados com qualidade de média a ruim.

A idade média da frota dos sistemas nordestinos é de 4,18 anos, enquanto que a idade média dos demais sistemas brasileiros é de 5,37 anos.

Tabela 6 – Resumo estatístico do custo operacional/número de passageiros transportados (em euros)

	Total	Sistemas Europeus	Sistemas Brasileiros	Sistemas Nordestinos
Mínima	0,0181	0,0181	0,0962	0,1710
Média	0,3931	0,5552	0,2615	0,2484
Máxima	1,6860	1,6860	0,4061	0,3133

Fonte: ANUÁRIO..., 2001; sites dos sistemas europeus.

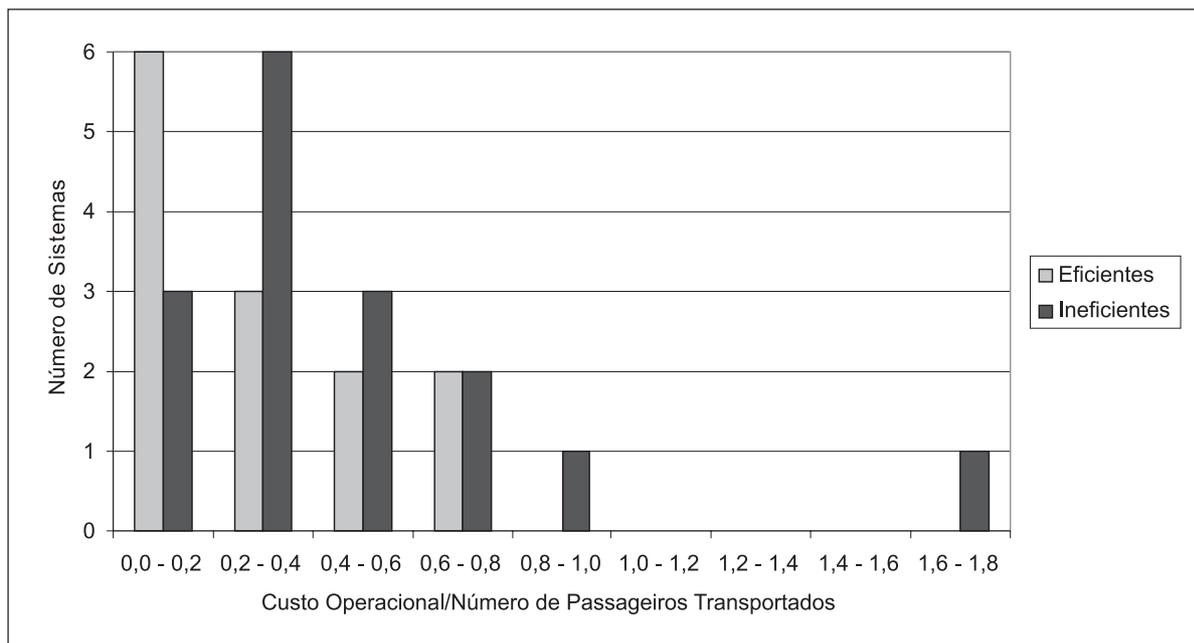


Gráfico 1 – Custo operacional/número de passageiros transportados

Fonte: Elaboração dos autores.

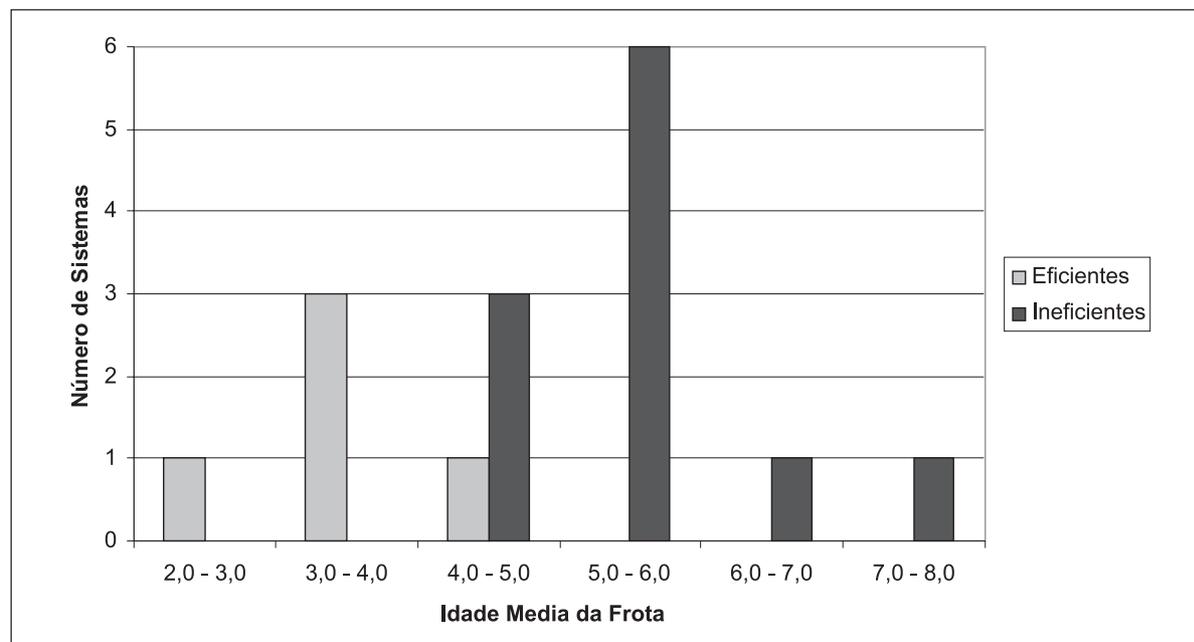


Gráfico 2 – Idade média da frota para os sistemas brasileiros

Fonte: Elaboração dos autores.

Embora esta variável não tenha sido incluída na análise, por não estar disponível para todos os sistemas, apresentou, para os sistemas analisados, elevada correlação com a eficiência desses sistemas. Este resultado reveste-se de grande importância, pois reafirma que os sistemas eficientes apresentam igualmente maior qualidade. Em outras palavras, este resultado dá maior segurança aos resultados de eficiência encontrados e aponta para a correlação entre os diversos indicadores de *per-*

formance global, como também encontrado por Karlaftis e McCarthy (1997).

5.3 – Eficiência e número de funcionários do órgão gestor/número de veículos equivalente

O número de funcionários do órgão gestor em relação ao número de veículos é um indicador direto da eficiência do sistema, mantida a qualidade do serviço. Este

indicador é apresentado no Gráfico 3. Observa-se que, de modo geral, os sistemas mais eficientes apresentam menor número de funcionários por veículo, com duas exceções: São Gonçalo e João Pessoa. A dispersão em relação aos sistemas ineficientes é bem maior, mas ainda assim há um número substancial de sistemas na faixa de menor número. Dessa forma, este indicador não discrimina a eficiência dos sistemas. Ou seja, há tanto sistemas eficientes como ineficientes com reduzido número de funcionários por veículos. Ressalta-se que, no caso, trata-se de número de funcionários do órgão gestor e não do número de funcionários das operadoras, o qual reflete melhor a eficiência das empresas prestadoras do serviço.

Outros indicadores podem ser responsáveis por explicar a eficiência dos sistemas. Em outro trabalho, pretende-se também analisar indicadores de eficácia, como a abrangência da prestação de serviços por meio de variáveis como a extensão das linhas em relação à área e o

número de passageiros em relação ao total de habitantes, ao lado de outros indicadores de qualidade.

6 – COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DO NORDESTE

Identificados os sistemas eficientes, pode-se comparar a *performance* desses sistemas em relação a um conjunto de indicadores (Tabela 7).

Os sistemas mais eficientes apresentam *performance* superior tanto para os indicadores de eficiência como para os de eficácia/qualidade. Em relação à eficiência, o número de passageiros transportados por número de veículos é maior, o custo operacional por km em serviço é menor e o número de km em serviço por número de veículos é mais elevado. Em relação à eficácia, a cobertura representada pela extensão de linhas em relação à área coberta é bem superior, assim como o número de passa-

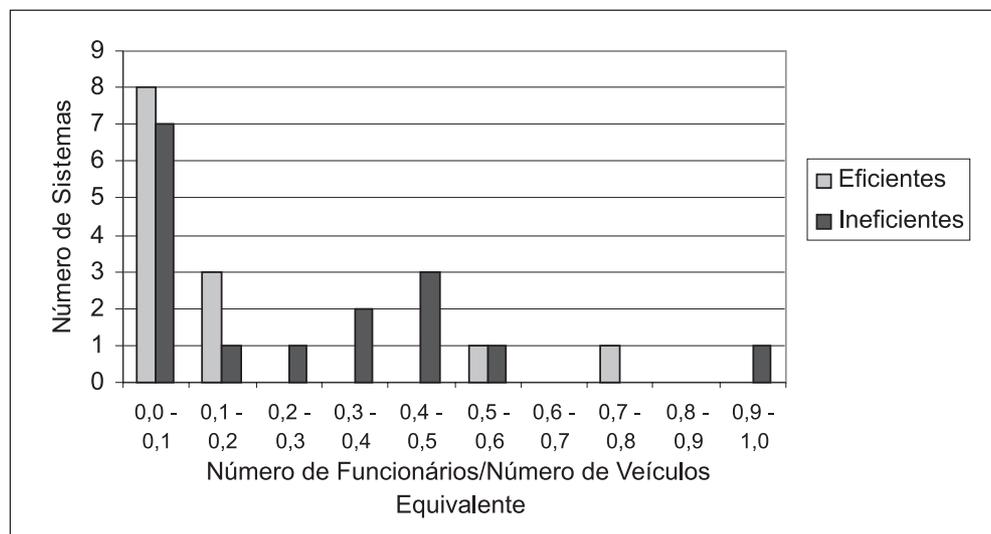


Gráfico 3 – Número de funcionários/número de veículos equivalente

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 7 – Indicadores selecionados para comparação dos sistemas nordestinos eficientes e ineficientes

Indicadores	Sistemas Eficientes	Sistemas Ineficientes
1. Passageiros Transportados / Veículos Equivalentes	182,563	164,208
2. Extensão de linhas / Área	13,54	1,19
3. Custo Operacional / Passageiros Transportados	0,257	0,236
4. Idade Média da Frota	3,66	4,70
5. Custo Operacional / Km em Serviço	1,95	2,26
6. Funcionários / Veículos Equivalentes	5,51	3,81
7. Km em Serviço / Veículos Equivalentes	80,031	59,783
8. Passageiros Transportados / População	167,3	99,8

Fonte: Elaboração dos autores. Dados básicos. ANUÁRIO..., 2001.

geiros transportados em relação à população. Esses são indicadores que mostram melhor cobertura, o que possivelmente atrai um maior número de passageiros, caracterizando um dos objetivos do transporte público que é prestar serviço de qualidade, diminuindo o uso do transporte privado. Em relação à qualidade, a idade média da frota é menor, um indicador de qualidade dos veículos e possivelmente de menor custo de manutenção. Por outro lado, o custo operacional por número de passageiros transportados é maior e o número de funcionários do sistema por número de veículos é mais elevado. Estes dois indicadores de eficiência são válidos se a qualidade do serviço prestado for idêntica. No caso, parece que o preço da qualidade mais elevada e da maior eficiência se reflete na necessidade de um custo operacional ligeiramente mais elevado (9%) e número de funcionários mais elevado na coordenação do sistema. Mas é interessante desenvolver outras análises que venham a respaldar estas constatações preliminares.

7 – CONCLUSÕES

A análise de eficiência dos sistemas de transporte no Nordeste em relação a outros sistemas brasileiros e a alguns sistemas europeus reveste-se de importância por permitir apontar rumos para a melhoria desses sistemas. Em particular, destaca-se essa importância pela carência de recursos que, de modo geral, caracteriza as cidades nordestinas, e pelo baixo nível de renda de sua população.

A utilização do modelo DEA – retorno variável de escala, com dois produtos e três insumos – mostrou que 50% dos sistemas nordestinos analisados mostraram-se eficientes, ao passo que apenas 31% dos brasileiros, incluindo os nordestinos, foram eficientes. Mas, em comparação com os europeus, 62% deles foram considerados eficientes.

Analisando-se algumas causas de eficiência, foi constatado que o custo operacional por passageiro discrimina relativamente bem os sistemas eficientes, apontando duas direções: ampliação do número de passageiros, pela expansão das linhas e/ou melhoria dos serviços, ou redução do custo operacional, mas sem perda de qualidade.

Em relação à eficácia/qualidade, a idade média da frota discrimina de forma nítida os sistemas eficientes, sempre ofertando serviços de melhor qualidade, ou seja, veículos mais novos. Este resultado reveste-se de grande importância ao mostrar correlação entre indicadores

de eficiência e de eficácia, o que permite reforçar a análise de eficiência efetuada e respaldar a visão de *performance* global, destacada por vários autores (KARLAF-TIS; MCCARTHY, 1997).

O número de funcionários por veículo, um indicador clássico de eficiência da empresa, não discrimina adequadamente os sistemas eficientes, já que grande número de sistemas tanto eficientes como ineficientes apresentou baixo número de funcionários.

Não foi encontrada correlação entre eficiência e tamanho e área da cidade, renda e combinação de diversas modalidades de transporte.

A comparação dos sistemas eficientes e ineficientes do Nordeste permite a constatação de que os eficientes transportam número maior de passageiros por veículo, têm custo operacional por km em serviço menor, o número de km em serviço por veículo é maior, a extensão de linhas em relação à área coberta é maior e o número de passageiros em relação à população é bem superior, além de a frota ser mais jovem. Esses indicadores corroboram a eficiência e a eficácia desses sistemas. Por outro lado, o custo operacional por passageiro é maior e o número de funcionários por veículo é mais elevado, mostrando que os objetivos de eficiência e de eficácia podem ser conflitantes.

Destaca-se, em consequência, a necessidade da análise de outros indicadores de eficiência, assim como indicadores de eficácia, ligados à abrangência do serviço prestado, e de qualidade, que tanto reforçam a aceitabilidade do serviço como, por decorrência, devem ampliar a utilização em relação ao transporte privado, com implicações sociais diretas sobre a necessidade de infraestrutura e o impacto sobre o meio ambiente.

Abstract

Public transport is a government priority in the whole world, given its social advantages including lower pollution in the environment. In particular to the Northeast of Brazil given the relative scarcity of public funds and lower average income. To analyse public transport efficiency, a DEA model with variable return to scale was estimated with two outputs and three inputs. Results show that Northeastern systems are, on average, more efficient than Brazilian ones, but less efficient than European systems.

In particular, for the Northeast, a set of indicators show the advantages of efficient systems. Higher efficacy and efficiency are associate to broader coverage, lower operational costs and higher quality of the service.

Key words

Public Transport-Northeastern, Public Transport-Northeastern Systems, Public Transport-Efficiency.

REFERÊNCIAS

AIGNER, D.; CHU, X. On estimating the industry production function. **American Economic Review**, v. 5, n. 4, p. 826-839, 1968.

AMERICAN PUBLIC TRANSPORTATION ASSOCIATION. Disponível em: <<http://www.apta.com>>. Acesso em: 2005.

ANUÁRIO ANTP DOS TRANSPORTES PÚBLICOS – 2001. São Paulo: Associação Nacional dos Transportes Públicos. Disponível em: <<http://www.antp.org.br>>. Acesso em: 2001.

ATHENS URBAN TRANSPORT ORGANIZATION. Disponível em: <http://www.oasa.gr/uk/index_gr.asp>. Acesso em: 2005.

AUTORIDADE DE TRANSPORTE METROPOLITANA DE BARCELONA. Disponível em: <http://www.atm-transmet.es/index_ang.htm>. Acesso em: 2005.

BANKER, R. D. Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 17, p. 35-44, 1984.

_____. *et al.* A bi-extremal principle for frontier estimation and efficiency evaluations. **Management Science**, v. 27, n. 12, p. 1370-1382, 1981.

_____. *et al.* An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses. **Research in Governmental and Nonprofit Accounting**, v. 5, p. 125-163, 1989.

_____.; CHARNES, A.; COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies. **Management Science**, v. 30, p. 1078-1092, 1984.

_____.; MOREY, R. Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. **Operations Research**, v. 34, n. 4, p. 513-521, 1986.

BENJAMIN, J.; OBENG, K. The effect of policy and background variables on total factor productivity for public transit. **Transportation Research**, v. 24B, n. 1, p. 1-14, 1990.

BIZKAIKO GARRAIO PARTZUERGOA TRANSPORT CONSORTIUM OF BIZKAIA. Disponível em: <<http://www.cotrabi.com>>. Acesso em: 2005.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

CHU, X.; FIELDING, G. J.; LAMAR, B.W. Measuring transit performance using data envelopment analysis. **Transportation Research**, v. 26A, n. 3, p. 223-230, 1992.

CONSÓRCIO REGIONAL DE TRANSPORTE DE MADRI. Disponível em: <<http://www.ctm-Madri.es>>; <<http://www.metrômadri.es>>; <http://www.emta.com/Madri_autorite.htm>; <<http://www.lexureditorial.com/boe/200207/14845.htm>>. Acessos em: 2005.

CONSÓRCIO DE TRANSPORTES DEL ÁREA DE SEVILLA. Disponível em: <<http://www.consortiotransportes-sevilla.com>>. Acesso em: 2005.

EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS – EMTU/Recife. Disponível em: <<http://www.emtu.pe.gov.br>>. Acesso em: 2005.

ENTITAT DE TRANSPORT METROPOLITÀ DE VALÈNCIA. Disponível em: <<http://www.etmvalencia.com>>. Acesso em: 2005.

EUROPEAN METROPOLITAN TRANSPORT AUTHORITIES. Disponível em: <<http://www.emta.com>>. Acesso em: 2005.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, p. 449-460, 1957.

FERRAZ, A. C. C. P. **Escritos sobre transporte, trânsito e urbanismo**. Ribeirão Preto: São Francisco, 1998.

FERRAZ, A. C. C. P. A qualidade do serviço de transporte coletivo em cidades médias sob a ótica dos usuários. *In: ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES*, 2., 1988, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANPET, 1988.

FIELDING, G. J. **Managing Transit Strategically**. San Francisco, C.A.: Jossey-Bass, 1987.

_____.; GLAUTHIER, L. C. A. Performance indicators for transit management. **Transportation**, v. 7, p. 365–379, 1978.

FIELDING, G.J.; BABITSKY, T.T.; BRENNER, M.E. Performance evaluation for bus transit. **Transportation Research**, v. 19A, n. 1, p. 73–82, 1985.

_____.; BRENNER, M. E.; FAUST, K. Typology for bus transit. **Transportation Research**, v. 19A, n. 3, p. 269–278, 1985.

FRANKFURT RHEIN-MAIN-VERKEHRSVERBUND. Disponível em: <<http://www.rmv.de>>. Acesso em: 2005.

GREATER MANCHESTER PASSENGER TRANSPORT EXECUTIVE. Disponível em: <<http://www.gmpte.com>>. Acesso em: 2005.

HUSAIN, N. ABDULLAH, M., KUMAN, S. Evaluating public sector efficiency with data envelopment analysis (DEA): a case study in road transport department. Selangor, Malaysia. **Total Quality Management**, v. 11, n. 4–6, p. S830–S836, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_295.pdf>. Acesso em: 2005.

KARLAFTIS, M. G. A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems. **European Journal of Operational Research**, v. 152, p. 354-364, 2004.

KARLAFTIS, M. G.; MCCARTHY, P. S. Subsidy and public transit performance: a factor analytic approach. **Transportation**, v. 24, p. 253-270, 1997.

LEVAGGI, R. Parametric and nonparametric approach to efficiency: the case of urban transport in Italy. **Studi Economici**, v. 49, n. 53, p. 67–88, 1994.

LOVELL, C. A. K. Production frontiers and productive efficiency. *In: FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. Oxford: Oxford University, 1993. 423 p. p. 3-67.

NOLAN, J. F. Determinants of productive efficiency in urban transit. **Logistics and Transportation Review**, v. 32, n. 3, p. 319-342, 1996.

PINA, V.; TORRES, L. Analysis of the efficiency of local government services delivery: an application to urban public transport. **Transportation Research**, Part A, v. 35, p. 929-944, 2001.

REGIONAL ORGAN AMSTERDAM. Disponível em: <<http://www.roa.nl>>. Acesso em: 2005.

RÉGIS, F. A. P. **Eficiência de custo no setor bancário brasileiro**. 2001. 115 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

RICHARDSON, Harry W. **Economia urbana**. Tradução Flávio Wanderley Lara. Rio de Janeiro: Interciência, 1978. 194p.

SAMPAIO, B. R.; LIMA NETO, O. Transporte público em regiões metropolitanas: estudo comparativo visando a formulação de um novo quadro institucional para a região metropolitana do Recife. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO*, 15., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ANTP, 2005.

SANTOS, B. J. **A qualidade no serviço de transporte público urbano**. [S.l.: s.n.], 2000. Arquivo PDF.

SC SUSISIEKMINO PASLAUGOS. Disponível em: <<http://www.vilniustransport.lt>>. Acesso em: 2005.

SCHEEL, H. **Efficiency measurement system – EMS**. Disponível em: <<http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/>>. Acesso em: 2005. Software.

SINDICATO MISTO DE TRANSPORTES EM RHÔNE E NA AGLOMERAÇÃO DE LYON. Disponível em: <<http://www.sytral.fr>>. Acesso em: 2005.

SYNDICAT DES TRANSPORTS D'ILE-DE-FRANCE (STIF). Disponível em: <<http://www.stif-idf.fr>>. Acesso em: 2005.

TOMAZINIS, A.R. **A study of efficiency indicators of urban public transportation systems**. Washington, DC: USDOT, 1977. Final Report.

TRANSPORT FOR LONDON. Disponível em: <<http://www.tfl.gov.uk>>. Acesso em: 2005.

VITON, P.A. Changes in multi-mode bus transit efficiency, 1998–1992. **Transportation**, v. 25, p. 1–21, 1998.

VITON, P.A. Technical efficiency in multi-mode bus transit: a production frontier analysis. **Transportation Research B**, v. 31, p. 23-39, 1997.

Recebido para publicação em 10.07.2005.