



**A Produtividade
dos
Operadores de Metropolitano**

por

Pedro de Albuquerque Rodrigues da Silva Lopes

Dissertação de Mestrado em Economia e Gestão das Cidades

Orientada pela Professora Doutora Maria Cristina Barbot Campos e Matos

2010

Nota Biográfica

O autor deste trabalho nasceu no Porto, em 1986, foi aluno do Externato das Escravas do Sagrado Coração de Jesus e da Escola Secundária Aurélia de Sousa e é licenciado em Economia (2004 – 2008) e pós-graduado em Economia e Gestão das Cidades (2008 – 2010), pela Faculdade de Economia da Universidade do Porto.

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que me incentivaram e ajudaram na elaboração deste trabalho, em particular à Metro do Porto, S.A. e à Sociedade de Transportes Colectivos do Porto, S.A., na pessoa dos Senhores Eng.º João Marrana e Dr.ª Gorete Rato, e Professor Doutor Jorge Freire, Eng.ª Natália Oliveira e Dr.ª Manuela Ribeiro, e, muito especialmente, à sua orientadora, Professora Doutora Maria Cristina Barbot Campos e Matos, a quem devo, o que também muito agradeço, o cordial e sempre disponível acolhimento, o estímulo à perfeição e ao rigor e a incondicional partilha dos seus conhecimentos científicos.

Resumo

O transporte público de passageiros e, mais concretamente, o transporte de passageiros em metropolitano, constitui, actualmente, um tema de elevada importância e que tem sido amplamente discutido, nomeadamente devido aos constrangimentos criados pelo transporte público rodoviário, mas, também, devido aos maus resultados apresentados pela grande maioria dos seus operadores e à elevada dependência que estes têm demonstrado em relação a subsídios ou indemnizações compensatórias, por parte dos governos, bem como do endividamento bancário.

Esta dissertação tem, assim, como principal objectivo medir e comparar a eficiência produtiva dos diferentes operadores de transporte metropolitano, dos continentes europeu, norte-americano, sul-americano e asiático.

Nesse sentido, depois de apresentados alguns trabalhos realizados, tendo por base o sector dos transportes, e de explicitados alguns conceitos teóricos relevantes nesta área, são construídos e analisados os índices de produtividade de 40 empresas operadoras de transporte de metropolitano, recorrendo, para tal, à metodologia *Total Factor Productivity* (TFP). Posteriormente, por intermédio da construção e análise de regressões econométricas, são analisados os efeitos de certas variáveis exógenas e avaliados os factores capazes de melhor explicar as diferenças verificadas nos níveis de produtividade TFP.

Os resultados obtidos permitem observar que os operadores dos metros de Valparaíso, Santiago e Moscovo se revelam os mais eficientes, enquanto as empresas operadoras dos metros de Roterdão, San Diego e Cleveland apresentam os valores mais baixos em termos de eficiência. Por outro lado, conclui-se acerca da existência de economias de escala e de economias de densidade, como resultado de uma utilização mais intensiva da infra-estrutura e de uma maior frequência dos serviços, respectivamente, e da inexistência de economias de gama, pelo que parece não ser vantajoso, em termos de produtividade, a mesma empresa exercer, simultaneamente, as actividades de transporte de passageiros em metropolitano e em autocarros.

Palavras-chave: operadores de metropolitano, eficiência, produtividade, *Total Factor Productivity*, economias de escala, economias de densidade, economias de gama.

Abstract

Public transport of passengers and, more specifically, the carriage of passengers on the subway, is actually a topic of high relevance and has been widely discussed, particularly due to the constraints created by public road transport, but also due to the poor results produced by the majority of its operators and the high dependence that they have shown relatively to subsidies or compensation, by governments, as well as bank debt.

Thus, the main goal of this dissertation is to measure and compare the productive efficiency of different subway operators of the European, North American, South American and Asian continents.

Accordingly, after presenting some works based on the transport sector, and explained some relevant theoretical concepts in this area, the productivity rates of 40 companies operating undergrounds are constructed and analyzed, using, for such, the methodology of Total Factor Productivity (TFP). Then, through the construction and analysis of econometric regressions, we analyze the effects of certain exogenous variables and assess the factors that would better explain the differences in levels of TFP indexes.

The results allow us to conclude that the subways operators from Valparaíso, Santiago and Moscow are proving to be the most efficient ones, while the operating companies of subways of Rotterdam, San Diego and Cleveland have the lowest values in terms of efficiency. Moreover, it is concluded about the existence of economies of scale and economies of density, as a result of a more intensive use of the infrastructure and a greater frequency of services, respectively, and the absence of economies of scope, suggesting that it seems not to be advantageous, in terms of productivity, to have the same firm providing both activities of carrying passengers on buses and subway.

Keywords: subway operators, efficiency, productivity, Total Factor Productivity, economies of scale, economies of density, economies of scope.

Índice

Nota Biográfica.....	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract.....	v
Índice de Quadros	vii
Índice de Gráficos.....	viii
Índice de Siglas.....	ix
1. Introdução	1
2. Revisão da Literatura e Conceitos Teóricos Relevantes.....	5
2.1. Trabalhos empíricos realizados no sector dos transportes	5
2.2. Economias de escala, gama, densidade e rede	13
3. Estudo Empírico	15
3.1 Metodologia	15
3.2 Empresas, Variáveis e Fontes dos Dados.....	18
3.3 Resultados e Comentários	29
4. Análise Econométrica	35
5. Conclusão.....	43
6. Referências Bibliográficas.....	46

Índice de Quadros

Quadro 3.2.1. Distribuição das empresas, por região e por função	19
Quadro 3.2.2. Distribuição das empresas, por região e por modo de sistema de metropolitano	20
Quadro 3.2.3. Análise estatística das percentagens de receitas e de custos	26
Quadro 3.2.4. Análise estatística das quantidades de <i>outputs</i> e de <i>inputs</i>	27
Quadro 3.2.5. Análise estatística da percentagem de receitas, por função da empresa	28
Quadro 3.2.6. Análise estatística da percentagem de custos, por função da empresa	28
Quadro 3.3.1. Resultados TFP por continente	33
Quadro 3.3.2. Resultados TFP	34
Quadro 4.1. Análise Econométrica – Resultados da Regressão 1	38
Quadro 4.2. Número de Passageiros transportados por veículo	38
Quadro 4.3. Análise Econométrica – Resultados da Regressão 2	39
Quadro 4.4. Análise Econométrica – Resultados da Regressão 3	41
Quadro 4.5. Análise Econométrica – Resultados da Regressão 4	41

Índice de Gráficos

Gráfico 3.2.1. Receitas Operacionais / Custos Operacionais	21
--	----

Índice de Siglas

BTU – British Thermal Unit

DEA – Data Envelopment Analysis

EEM – Efficiency/Effectiveness Matrix

IEA – International Energy Agency

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development

PPP – Purchasing Power Parity

TFP – Total Factor Productivity

1. Introdução

O transporte público por metropolitano torna-se actualmente muito importante, face às externalidades criadas pelo transporte público rodoviário, tanto a nível do ambiente como a nível do congestionamento dos espaços de transportes urbanos.

O metropolitano constitui um transporte limpo, rápido e que circula fora dos espaços destinados à circulação rodoviária, tornando-se, assim, um modo atractivo para os consumidores e importante para a sociedade. Daí que se torne importante averiguar da produtividade deste meio de transporte, e descortinar quais as suas principais determinantes.

A produtividade pode ser entendida como a relação entre a quantidade de produto e a quantidade de factores de produção, isto é, corresponde ao rácio dos bens produzidos (*outputs*) sobre os factores utilizados para os produzir (*inputs*), dependendo de variados factores, como, por exemplo, o ambiente no qual o processo produtivo ocorre, a tecnologia da produção e a eficiência no processo de produção.

Uma das principais medidas utilizadas para a medir a produtividade diz respeito à eficiência, a qual corresponde ao nível de sucesso alcançado na transformação dos *inputs* em *outputs*.

No que respeita à avaliação do desempenho dos sistemas de transporte público, esta deve ter em conta duas funções – a produção do serviço, realizada pelos operadores, e a utilização do serviço, pelos potenciais passageiros¹ –, sendo que o seu bom desempenho se encontra directamente relacionado com um conjunto alargado de factores, entre os quais se encontram a acessibilidade do sistema, o tempo da viagem, o grau de cumprimento dos horários estabelecidos, a frequência dos serviços, a relação entre o número de passageiros e o número de lugares disponíveis, a antiguidade e o estado dos veículos, a informação disponível de apoio aos cidadãos, o número de mercados por eles servido, as condições proporcionadas aos cidadãos de mobilidade reduzida, entre outros.

¹ Costa (1998)

Por outro lado, estes sistemas de transporte público encontram-se bastante dependentes do grau de regulação do sector e de intervenção do governo, bem como de subsídios e indemnizações compensatórias, os quais constituem, também, incentivos ou desincentivos para uma maior eficiência. De facto, a existência de elevados subsídios ou indemnizações compensatórias poderá constituir um desincentivo para uma maior eficiência por parte das empresas, enquanto que valores mais reduzidos poderão ser um incentivo para estas reduzirem o número de *inputs* utilizados para atingir um determinado nível de *output*.

O objectivo deste trabalho consiste, assim, em medir e comparar a eficiência e a produtividade de um conjunto de empresas operadoras de metropolitano da Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia, procurando, igualmente, avaliar quais os factores que melhor contribuem para explicar as diferenças nos níveis de produtividade e identificar os potenciais efeitos de certas variáveis exógenas, nomeadamente a tendência actual de associação das actividades de transporte de passageiros, em metropolitano e em autocarros, numa só empresa.

Para a realização deste estudo foram consideradas 40 empresas operadoras de metro, distribuídas por 19 países da Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia, 24 das quais são responsáveis pelo transporte de metropolitano e, também, pelo serviço de transporte de passageiros em autocarros, enquanto as restantes 16 são apenas operadoras de metro. Os dados considerados dizem respeito ao ano de 2008, sendo que, nos casos de algumas das empresas norte-americanas, nomeadamente as de Atlanta, Los Angeles, Saint Louis, San Diego e Washington, e da operadora do metro de Londres, os dados reportam ao ano fiscal do respectivo país, mais concretamente, ao período compreendido entre 30 de Julho de 2008 e 1 de Junho de 2009 e entre 1 de Abril de 2008 e 31 de Março de 2009, respectivamente.

Os níveis de eficiência dos diferentes operadores são obtidos por intermédio do método *Total Factor Productivity* (TFP), o qual corresponde a uma medida da produtividade média ponderada de todos os factores utilizados ao longo do processo produtivo, isto é,

à quantidade de *output* agregado produzida por uma unidade de *input* agregado, sendo obtido através do rácio índice de *output* agregado sobre índice de *input* agregado.²

Por sua vez, no sentido de investigar os efeitos de certas variáveis exógenas e de analisar quais os factores que melhor explicam os diferentes índices de produtividade TFP, procedeu-se à construção e análise de regressões econométricas.

Os resultados obtidos através da metodologia TFP permitem concluir que, por um lado, os operadores dos metros de Valparaíso, Santiago e Moscovo são aqueles que se revelam mais eficientes, apresentando índices de produtividade muito elevados quando comparados com as restantes empresas da amostra e, por outro lado, as empresas operadoras dos metros de Roterdão, San Diego e Cleveland revelam-se as menos eficientes, com índices de TFP muito reduzidos.

No que respeita aos operadores de metro portugueses, constata-se que a *Metro do Porto* apresenta níveis de eficiência muito baixos, quando comparado com os restantes sistemas de metropolitano, e o *Metropolitano de Lisboa*, embora possua um índice de produtividade bastante mais reduzido que os sistemas mais eficientes, encontra-se acima da empresa de referência, a *Metro de Madrid, S.A.*

Por outro lado, os resultados TFP apontam para uma tendência de menor produtividade das empresas operadoras, simultaneamente, de metro e autocarros.

Por último, e no que diz respeito à distribuição geográfica dos operadores de metropolitano, de um modo geral, os operadores mais eficientes localizam-se na América do Sul, enquanto os menos eficientes são aqueles que estão situados no continente norte-americano, onde as empresas operadoras de metropolitano são, igualmente, responsáveis pelo serviço de transporte de passageiros em autocarros.

Por sua vez, os resultados da análise econométrica permitem concluir acerca da existência de economias de escala e de economias de densidade, associadas a um maior *load factor* e a uma maior frequência dos serviços, respectivamente, mas não de economias de gama, confirmando a ideia obtida por intermédio dos resultados TFP, de

² Oum, T. H. e Chunyan Yu (1995)

que as empresas que operam, simultaneamente, metro e autocarros, são menos produtivas que os operadores somente de metropolitano.

Neste trabalho, começa-se por efectuar, no capítulo 2, uma revisão da literatura pertinente, com a apresentação de alguns estudos realizados no sector dos transportes, sendo, igualmente, explicitados alguns conceitos teóricos considerados relevantes. No capítulo 3, é apresentado o estudo empírico realizado, de análise da produtividade dos operadores de metropolitano, nomeadamente a metodologia utilizada, e são discutidos os resultados obtidos. O capítulo 4 diz respeito à análise econométrica efectuada e à apresentação dos seus resultados. Por último, no capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões, sendo igualmente referidas algumas das limitações existentes na realização do estudo, bem como algumas pistas para investigação futura.

2. Revisão da Literatura e Conceitos Teóricos Relevantes

2.1. Trabalhos empíricos realizados no sector dos transportes

Existe uma considerável literatura baseada no estudo da eficiência e produtividade do sector dos transportes. Contudo, a quantidade de estudos realizados no âmbito do transporte público urbano representa uma pequena parcela destes, sendo ainda mais reduzida a percentagem de trabalhos efectuados no domínio do transporte em metropolitano.

No que respeita aos transportes públicos, Borger *et al.* (2002) apresentam uma revisão literária dos principais trabalhos sobre a eficiência destes, considerando métodos paramétricos e métodos não paramétricos. Deste modo, numa amostra de 33 estudos, concluem que o método não paramétrico *Data Envelopment Analysis* (DEA) é utilizado em 88,9% dos casos e que, na sua grande maioria, isto é, em 60,3% dos casos considerados, estes dizem respeito ao continente europeu. Por outro lado, constata-se, também, que os *outputs* mais utilizados são aqueles que pretendem dar uma imagem do serviço regular de passageiros, nomeadamente o volume de passageiros transportados, a distância percorrida pelos passageiros, entre outros; dos veículos e sua utilização, como, por exemplo, o número de veículos, a distância por estes percorrida, o número de circulações e o número de lugares disponíveis por quilómetro percorrido; e, ainda, das receitas, como é o caso das receitas operacionais obtidas por passageiro transportado, a taxa de cobertura dos custos operacionais pelas receitas ou as receitas obtidas por passageiros-quilómetro.¹

Nesta secção procura-se, assim, apresentar alguns estudos realizados tendo por base o sector dos transportes, mais concretamente os transportes aéreos, ferroviários, rodoviários e em metropolitano, considerando-se não só os transportes públicos, mas, também, os transportes privados, e dando principal relevo aos estudos mais recentes e que mais contribuíram para a realização deste trabalho.

¹ Santos, C. J. P. (2008)

Em relação ao sector dos transportes aéreos, destacam-se os trabalhos realizados por Oum e Yu (1995) e por Barbot *et al.* (2006).

Oum e Yu (1995) procederam à medição e, posteriormente, à comparação da produtividade e do custo unitário das 23 maiores companhias de aviação, recorrendo ao método *Total Factor Productivity* (TFP) e utilizando, para tal, dados desde 1986 até 1993. Assim, em primeiro lugar, calcularam e compararam o custo unitário por unidade de *output* agregado, e identificaram o efeito de alterações do preço dos *inputs* nos custos unitários e, em seguida, procederam ao cálculo e comparação dos índices de produtividade TFP, removendo os efeitos de variáveis que não são passíveis de ser influenciadas pela gestão, como são os casos da distância média percorrida e a composição dos *outputs*. Por último, recorreram ao cálculo de regressões *log-linear*, com o objectivo de procurar identificar quais os efeitos de certas variáveis nos níveis de TFP e nas respectivas taxas de crescimento. Para a realização deste estudo foram utilizados, como *outputs*, o serviço regular de passageiros, medido pelo montante de receitas obtidas por passageiros-quilómetro (RPKs), o serviço de transporte regular de carga, entendido como o valor de receitas obtido por toneladas-quilómetro (RTKs), o serviço não regular de transporte de passageiros e de carga, medido em RTKs e os serviços ocasionais, os quais dizem respeito a actividades que não se encontram directamente relacionadas com a principal função das companhias aéreas. Por outro lado, os *inputs* utilizados foram o trabalho, medido pelo número de trabalhadores, o fuel, em galões² consumidos, os materiais consumidos, o equipamento de aviação, medido por um índice que expressa a quantidade e o custo anual das aeronaves e, por último, a quantidade de terra e de infra-estrutura utilizada. Os resultados obtidos mostram que as maiores companhias europeias e dos novos países industrializados asiáticos obtêm, no período considerado, taxas de crescimento da produtividade superiores aos das companhias norte-americanas, contribuindo para uma diminuição das diferenças entre elas, na medida em que as companhias de aviação norte-americanas continuam a observar níveis de eficiência superiores aos restantes conjuntos de países referidos anteriormente. Concluem, ainda, que, ao longo do tempo, a produtividade das

² Unidade de medida de volume de líquidos, correspondente a 3,78541178 litros.

companhias aéreas tende a convergir e que as companhias dos novos países industrializados da Ásia possuem custos unitários bastante inferiores aos que se verificam nos restantes países considerados, como resultado dos menores preços dos *inputs* praticados, de um modo geral, neste continente. Por último, Oum e Yu (1995) constataam que a distância média percorrida e a composição dos *outputs* influenciam consideravelmente a produtividade e, por outro lado, a liberalização da aviação europeia, em 1987, contribuiu largamente para os grandes incrementos verificados ao nível da eficiência das companhias aéreas.

Barbot *et al.* (2006), por sua vez, medem a eficiência e a produtividade de 49 companhias de aviação dos continentes europeu, norte-americano e asiático, no ano de 2005, por intermédio de dois métodos distintos – DEA e TFP – e procuram identificar, recorrendo à estimação de regressões econométricas, quais os factores que melhor explicam as diferenças na produtividade destas. No que diz respeito ao primeiro método, o método DEA, foram utilizados, como *outputs*, os lugares disponíveis por quilómetro percorrido, as receitas obtidas por passageiros-quilómetro (RPKs) e as receitas obtidas por toneladas-quilómetro (RTKs) e, como *inputs*, o trabalho, medido pelo número de empregados, o capital, medido pelo número de aeronaves e o fuel, em termos de galões consumidos. Para proceder ao cálculo dos índices de produtividade TFP, foram considerados, como *outputs*, as receitas por passageiros-quilómetro (RPKs), as receitas por toneladas-quilómetro (RTKs) e outros *outputs*, que não se encontram directamente relacionados com a principal actividade das companhias aéreas, enquanto os *inputs* utilizados foram o trabalho, medido pelo número de trabalhadores, o capital, entendido como o número de aeronaves, o fuel, em galões consumidos e, por último, outros *inputs* operacionais. Os resultados obtidos neste estudo mostram que, por um lado, as companhias de *low cost* são, em geral, mais eficientes que as restantes, as denominadas *full service carriers* e, por outro lado, as maiores companhias de aviação são, também, mais eficientes, sugerindo a existência de economias de escala. A comparação dos resultados obtidos por intermédio do método DEA com os que se obtêm recorrendo ao método TFP permite concluir que tanto os índices de DEA como os de TFP diferem consoante as áreas geográficas, o que poderá resultar das diferentes legislações e dos processos de regulação em vigor e, por conseguinte, das condições de

competitividade, e, além disso, embora estes tenham por base diferentes metodologias e unidades de medida, apresentam bastantes semelhanças nos seus resultados.

No âmbito dos estudos realizados para o sector dos transportes ferroviários, referem-se, aqui, os trabalhos realizados por Oum e Yu (1994), Estache *et al.* (2002) e Yu e Lin (2007).

Oum e Yu (1994) procuram identificar quais os efeitos da intervenção do governo, nomeadamente através de subsídios, na eficiência e produtividade do sector do transporte ferroviário, medindo a sua eficiência produtiva, em 19 países da OECD, no período compreendido entre 1978 e 1989. Deste modo, por intermédio do método DEA, procuram medir os respectivos índices de eficiência e, recorrendo a uma especificação de um modelo *Tobit*, tentam identificar quais os efeitos dos subsídios públicos e da existência de autonomia na gestão das diversas características operacionais na produtividade das diferentes empresas consideradas. Na primeira situação, as variáveis utilizadas são, no que diz respeito aos *outputs*, as receitas obtidas por passageiros-quilómetro e as receitas por toneladas-quilómetro, por um lado, e, por outro, os veículos de passageiros por quilómetro percorrido e as carruagens de carga por quilómetro percorrido. Em relação aos *inputs*, são considerados o trabalho, medido pelo número de empregados; o consumo de energia, em unidades de *British Thermal Units* (BTUs); as vias e estruturas, entendidas como a quantidade de terra e de infra-estruturas de capital utilizadas; os materiais consumidos e o capital, medido pelo número de veículos de passageiros, de veículos de carga e de locomotivas. Em relação ao procedimento efectuado por recurso à especificação do modelo *Tobit*, são consideradas, como variáveis explicativas, a densidade do tráfico, a capacidade média por comboio, a distância média percorrida e a percentagem de rede electrificada. As principais conclusões por eles obtidas demonstram que os sistemas de transporte ferroviário que se encontram muito dependentes de subsídios públicos são significativamente menos eficientes do que aqueles que não se encontram tão dependentes destes e, por outro lado, o facto de sistemas com elevado grau de autonomia em relação à actividade de regulação tenderem a verificar maior eficiência. Deste modo, concluem que a eficiência produtiva é largamente influenciada pela estrutura institucional e de regulação. Realça-

se, ainda, o facto de os resultados obtidos através da análise econométrica alertarem para a necessidade de as comparações de eficiência entre as diferentes empresas terem que ter em conta as diferenças ao nível das características operacionais e dos respectivos mercados.

Estache *et al.* (2002) utilizam o método TFP para analisar os impactos da privatização, iniciada em 1996, na eficiência dos transportes ferroviários argentinos e brasileiros, comparando com os resultados verificados neste sector antes da referida reforma e, como tal, o seu estudo reporta ao período compreendido entre 1992 e 1999. Para a construção dos índices de TFP foram utilizados os *outputs* passageiros-quilómetro e toneladas-quilómetro e, por outro lado, como *inputs*, o trabalho, medido pelo número de empregados e a energia consumida, medida pelo consumo de *diesel*, em litros. Os valores obtidos para os índices de *output* mostram que a produtividade dos transportes ferroviários de carga aumentou consideravelmente após a privatização deste sector, no Brasil, sendo a sua taxa média anual de crescimento de 8,4%, 5,5 pontos percentuais superior à verificada no período que antecedeu a reforma, constatando, igualmente, que estes ganhos de produtividade obtidos pelas empresas privatizadas se devem, sobretudo, a aumentos na taxa de crescimento dos *outputs*, enquanto que, no período anterior, estes resultavam, essencialmente, de ganhos do lado dos *inputs*. Por outro lado, de um modo geral, o transporte de passageiros, na Argentina, apresenta, no período seguinte à privatização, performances, em termos de *outputs*, superiores às que se verificam no transporte de carga, sendo que, embora se tenham verificado, também, ganhos de produtividade no transporte de carga, estes não foram tão evidentes.

Yu e Lin (2007) avaliam, recorrendo ao método DEA, a performance do transporte ferroviário de passageiros e de carga através de quatro indicadores, mais concretamente a eficiência técnica do serviço de transporte de passageiros, a eficiência técnica do serviço de transporte de carga, a eficácia do serviço e a eficácia técnica, considerando, para tal, uma amostra de 20 empresas europeias do sector ferroviário, e utilizando dados de 2002. Enquanto que a eficiência técnica do serviço diz respeito ao rácio de *outputs* sobre os *inputs*, ou seja, à quantidade de *outputs* produzidos utilizando um determinado nível de *inputs*, a eficácia do serviço relaciona o consumo do serviço, ou seja, o nível de

utilização do serviço, com os *outputs* e, por sua vez, a eficácia técnica relaciona o consumo do serviço com os *inputs*. Para a medição destes indicadores consideraram, assim, como *outputs* produzidos, os veículos de passageiros e veículos de carga por quilómetro percorrido, e, como *inputs*, o número de empregados, a extensão das linhas, o número de veículos de passageiros e o número de veículos de carga, enquanto que o consumo do serviço é medido pelo número de passageiros-quilómetro e pelo número de toneladas-quilómetro. Os resultados obtidos permitiram-lhes retirar duas conclusões principais: em primeiro lugar, a de que a eficiência técnica do serviço de passageiros é, em média, superior à eficiência técnica do serviço de carga, concluindo pela necessidade de aumentar os esforços para reduzir o número de recursos utilizados no transporte de carga; por outro lado, observaram que a Europa Ocidental apresenta resultados superiores, relativamente à Europa de Leste, quer no que diz respeito à eficiência técnica do serviço de passageiros, quer em termos de eficácia técnica, não se verificando diferenças relevantes nos restantes dois indicadores analisados entre estes dois grupos de países.

Sampaio *et al.* (2008) procuram analisar a eficiência de 19 sistemas de transporte de passageiros, rodoviário e em metropolitano, brasileiros e europeus, com o objectivo de propor medidas capazes de alterar o sistema de transporte da Área Metropolitana do Recife, Brasil, recorrendo ao método DEA e utilizando dados de 2001 e de 2005. As variáveis incluídas neste estudo foram, em relação aos *outputs*, o número de passageiros transportados, e, no que respeita aos *inputs*, o número de empregados, o número de veículos equivalentes, considerando os diferentes modos de transporte, nomeadamente metro e autocarros, e os custos operacionais. Sampaio *et al.* (2008) concluíram, então, que os sistemas de transporte europeus são, de um modo geral, mais eficientes que os brasileiros. Numa outra vertente, observaram que os sistemas mais eficientes apresentam, por um lado, uma repartição do poder mais equitativa entre poderes central e local, existindo um maior número de participantes para além do poder político, nomeadamente de associações representativas das comunidades, e, por outro lado, colocam à disposição dos cidadãos uma maior multiplicidade de estruturas tarifárias.

Por último, e no que se refere aos trabalhos realizados no domínio do transporte em metropolitano, há que realçar a escassez de estudos disponibilizados publicamente neste sector, apresentando, os mesmos, um elevado grau de confidencialidade. No entanto, destacam-se os trabalhos realizados por Costa (1998) e Santos (2006), pela utilidade que possuíram para a realização deste estudo e pela sua relevância no âmbito do transporte de passageiros em metropolitano.

Costa (1998) analisa a performance do metro de Madrid, no período compreendido entre 1981 e 1992, com o intuito de avaliar o impacto da reorganização do sistema de transportes públicos desta cidade. Nesse sentido, por um lado, por intermédio do método DEA, é medida a produtividade do metro de Madrid, e, por outro lado, recorrendo à *Efficiency/Effectiveness Matrix* (EEM), avalia a eficiência e a eficácia deste sistema de metropolitano, isto é, a sua produtividade e o nível de utilização do serviço. No que respeita às variáveis utilizadas, foram escolhidos, como *outputs*, o número de passageiros e a distância coberta pela frota, em quilómetros, e, como *inputs*, o número de empregados, o número de veículos, a energia, em quilowatts-hora, e a extensão da rede; sendo que, no caso do método EEM, foi utilizado, como *output*, para medição da eficiência relativa, a distância, em quilómetros, coberta pelos veículos e, para medir a eficácia relativa, o número de passageiros transportados. Os resultados obtidos permitiram observar que, na maior parte dos anos considerados, os valores obtidos através do método DEA são superiores aos que se obtêm por intermédio da matriz EEM. O recurso ao método DEA permitiu igualmente constatar que, entre 1981 e 1985, houve um decréscimo da produtividade deste sistema de metropolitano, aumentando em 1986 e permanecendo praticamente inalterável nos dois anos seguintes. Posteriormente, em 1989, voltou a verificar-se um acréscimo, atingindo, em 1990, o nível de 100%, que se manteve estabilizado até 1992. Por sua vez, os resultados obtidos pela utilização do método EEM demonstram que, no período entre 1981 e 1985, a eficiência e a eficácia relativas decresceram, verificando-se, no ano seguinte, um aumento da eficiência, mas não da eficácia, a qual permaneceu inalterável. Em seguida, entre 1986 e 1990, observou-se uma situação contrária, isto é, aumentou a eficácia relativa, permanecendo a eficiência próxima dos valores observados para 1986, sendo que, entre 1990 e 1992, a situação foi semelhante à verificada no ano de 1986. Costa

(1998) conclui, ainda, que a performance do metro de Madrid, no período considerado, parece ter sido afectada, essencialmente, por dois aspectos, nomeadamente a introdução, em 1987, de um cartão de viagem que, aliado à diminuição do preço das viagens, levou a um aumento do número de passageiros transportados e, por outro lado, o contrato estabelecido, em 1990, com a autoridade dos transportes, fixando metas a atingir, as quais provocaram um incremento da produtividade.

Santos (2008) analisa o desempenho, em termos de eficiência e produtividade, dos metropolitanos na Europa, recorrendo, para tal, ao cálculo de indicadores de desempenho, aplicados a 35 operadores de metropolitano europeus, e ao método DEA, medindo a produtividade de 37 empresas operadoras do sistema de metropolitano, distribuídas por 25 países do continente europeu, utilizando dados de 2006. No que respeita aos indicadores de desempenho, foram construídos seis grupos de indicadores, mais concretamente indicadores de oferta e de procura, de recursos humanos, da qualidade do serviço, económico-financeiros, de eficiência e de eficácia. Por outro lado, para a construção dos índices de produtividade, recorrendo ao método DEA, foram utilizados, como *outputs*, o número de veículos-quilómetro, o volume de passageiros e de passageiros-quilómetro, e, como *inputs*, a extensão da rede, em quilómetros, o número de efectivos, o número de veículos e outros custos operacionais. Os resultados obtidos permitiram retirar três conclusões fundamentais: em primeiro lugar, constatou-se que os operadores de metro analisados apresentavam, no período considerado, elevados níveis de custos operacionais face às receitas obtidas; em segundo lugar, observou-se que os metros de Moscovo e de Londres eram, em 2006, os sistemas de metropolitano europeus mais eficientes; por último, verificou-se que os metros portugueses, de Lisboa e Porto, se encontravam numa situação desconfortável, com fracos desempenhos, situando-se abaixo da média europeia.

2.2. Economias de escala, gama, densidade e rede

No estudo empírico, procede-se a uma análise econométrica com o objectivo de verificar quais os factores que explicam a maior ou menor produtividade dos operadores de metropolitano. Essa análise permite averiguar acerca da existência de economias de escala, economias de gama e economias de densidade. Nesse sentido, convém fazer, desde já, uma breve análise destes conceitos.

As economias de escala correspondem a ganhos obtidos, em termos de custos de produção, que permitem que, à medida que se vai aumentando o nível de produção, o custo médio desta diminua. Tais economias derivam, fundamentalmente, de rendimentos crescentes à escala.

A existência de economias de escala constitui um factor de elevada importância e bastante comum em diversas actividades do sector de transportes, sendo que a obtenção destas, por parte das empresas operadoras de transporte, resulta, essencialmente, de três factores: em primeiro lugar, poderão derivar da utilização de veículos de maior dimensão, na medida em que, para uma mesma tripulação, o consumo de energia irá crescer menos que proporcionalmente, permitindo a obtenção de ganhos de produtividade; depois, uma maior uniformidade e dimensão da frota permite, igualmente, a obtenção de economias, dado que, sendo a manutenção idêntica e as tripulações mais facilmente afectas aos vários serviços, será possível a obtenção de economias de manutenção, de estacionamento, entre outras; por último, as economias de escala poderão, resultar do facto de os transportes servirem um número mais alargado de mercados, ou seja, de uma expansão da rede, dado que, utilizando a mesma quantidade de alguns *inputs*, poderão transportar um maior número de passageiros.

A existência de um grande número de operadores de transporte, produzindo uma grande variedade de *outputs*, conduz a que, por vezes, os factores atrás referidos não sejam os principais responsáveis pelos ganhos de produtividade obtidos. É nesse sentido que surge o conceito de economias de gama, as quais resultam do facto de, muitas vezes, existirem ganhos, em termos de custos, decorrentes de uma empresa produzir determinados produtos ou providenciar múltiplos serviços, conjuntamente, em vez de

várias empresas o fazerem isoladamente. Estes ganhos de produtividade, provenientes do facto de uma empresa operadora de transportes exercer mais que uma actividade em simultâneo, poderão resultar de um conjunto alargado de factores, nomeadamente, factores administrativos, de uma compatibilização da rede, uso comum de bilhética, uso comum de plataforma, intermodalidade, utilização dos mesmos recursos humanos, entre outros, originando, igualmente, vantagens ao nível do consumidor.

As economias de gama podem ser avaliadas de acordo com o seguinte indicador:

$$S = \{[C(Q^1) + C(Q^2)] - C(Q^1 + Q^2)\} / \{C(Q^1 + Q^2)\}$$

em que $C(Q^1)$ representa o custo de produzir Q^1 unidades de *output* 1, isoladamente, $C(Q^2)$ corresponde ao custo de produzir Q^2 unidades de *output* 2, separadamente, e $C(Q^1 + Q^2)$ representa o custo de produzir Q^1 e Q^2 unidades, conjuntamente.

Deste modo, estaremos na presença de economias de gama caso $S > 0$.

Contudo, por vezes, as empresas deparam-se com ganhos, em termos de custos, devido a um aumento da frequência dos serviços, no sentido em que se, na mesma rede, os serviços operam mais frequentemente, utilizando os mesmos recursos (paragens, sinalização, entre outros), então, será possível a obtenção de economias de densidade.

Por sua vez, a existência de economias de gama e de densidade, simultaneamente, poderá dar origem a economias de rede, nomeadamente, através da adopção das denominadas *hub and spoke networks*.³ As *hub and spoke networks* permitem concentrar a procura em *hubs*, diminuindo o número de operações e utilizando veículos maiores, levando a ganhos de produtividade por parte das empresas que delas usufruem, nomeadamente, a níveis superiores de *load factor*, entendidos como o número de passageiros-quilómetro transportados por lugares-quilómetro, reduzindo custos e tarifas. Possuem, no entanto, o inconveniente de, por vezes, os cidadãos, ao terem que parar no *hub*, serem obrigados a realizar viagens mais longas e terem que esperar pelo meio de transporte que os irá transportar até ao seu destino.

³ Button, K. J. (2010)

3. Estudo Empírico

3.1 Metodologia

A avaliação do desempenho de um sistema de transporte público envolve a consideração de duas funções, a produção do serviço e a sua utilização, sendo, os produtores do serviço, os operadores, e os utilizadores, os potenciais passageiros (Costa, 1998).

Assim, a produção do serviço consiste no processo de transformação dos *inputs*, como, por exemplo, o trabalho, o capital, a energia e outros *inputs* operacionais, em *outputs*, como sejam, por exemplo, a distância percorrida pelos veículos ou pelos lugares da frota ou o número de horas de circulação dos veículos. Por outro lado, a utilização do serviço corresponde ao processo de ocupação dos *outputs* referidos anteriormente, dando resultado aos *outputs* finais, isto é, a um certo volume de passageiros transportados e passageiros-quilómetro percorridos (Santos, 2008).

Este estudo procura medir a eficiência e produtividade de um conjunto de empresas operadoras de metro em diversos países da Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia, através do método *Total Factor Productivity* (TFP), procurando, igualmente, apurar quais os factores que mais contribuem para as diferenças na eficiência dessas mesmas companhias, recorrendo à construção e análise de regressões econométricas.

O método TFP pode ser entendido como a produtividade média ponderada de todos os factores utilizados por uma empresa ao longo do seu processo produtivo. Corresponde, assim, à quantidade de *output* agregado produzida por uma unidade de *input* agregado, sendo obtido pela divisão do índice de *output* agregado pelo índice de *input* agregado.¹

Para proceder à análise por via do método TFP, teve-se como referência o estudo desenvolvido por Oum e Yu (1995), para o sector dos transportes aéreos, recorrendo-se à metodologia proposta por Caves et al. (1982), mais concretamente ao desenvolvimento de índices superlativos de *output* e de *input*, os quais são, posteriormente, combinados, obtendo-se um índice superlativo de produtividade.

¹ Oum, T. H. e Chunyan Yu (1995)

Estes índices possuem uma grande utilidade, na medida em que permitem comparações entre diferentes países, mas, também, para diferentes anos e, em geral, para análises *cross section*, bem como para combinações destes dois últimos.

Caves *et al.* (1982) propõem, então, o seguinte índice de *output*, que designam de *Translog Bilateral Output Index*, e que corresponde à soma ponderada dos diferentes *outputs*, normalizada a uma empresa de referência, pressupondo que as entidades económicas maximizam a sua receita total condicionada pelos níveis de *input* e preços de *output*:

$$\ln \delta_{kl} = \frac{1}{2} \sum (R_{ik} + R_{il}) \ln (Y_{ik}/Y_{il})$$

em que R_{ik} corresponde à percentagem de receita do *output* i na receita total da empresa k , R_{il} é a percentagem de receita do *output* i na receita total da empresa base de comparação l , Y_{ik} são as quantidades de *output* i produzidas pela empresa k e Y_{il} as quantidades de *output* i produzidas pela empresa de referência (empresa l).

Do mesmo modo, pressupondo que as entidades económicas minimizam o custo total condicionado pelos níveis de *output* e pelos preços de *input*, propõe o seguinte índice de *input*, designado de *Translog Bilateral Input Index*, o qual é obtido através da soma ponderada dos diferentes *inputs*, normalizando a uma empresa padrão:

$$\ln \rho_{kl} = \frac{1}{2} \sum (W_{nk} + W_{nl}) \ln (X_{nk}/X_{nl})$$

em que W_{nk} corresponde à percentagem de custo do *input* n no custo total da empresa k , W_{nl} é a percentagem de custo do *input* n no custo total da empresa base de comparação l , X_{nk} são as quantidades de *input* n utilizadas pela empresa k e X_{nl} são as quantidades de *input* n utilizadas pela empresa que serve como referência de comparação (empresa l).

O índice de produtividade, designado de *Translog Multilateral Productivity Index*, corresponderá, então, à diferença entre o índice de *output* e o índice de *input*:

$$\ln \lambda_{kl} = \ln \delta_{kl} - \ln \rho_{kl}$$

As diferenças na produtividade podem, assim, ser entendidas pelas diferenças nos *outputs* em relação aos *inputs*, pressupondo que existem rendimentos constantes à escala (Caves, 1982).

O grande objectivo será, então, o de manter ou maximizar o nível de serviço prestado, utilizando o menor volume possível de factores de produção ou, por outro lado, maximizar o nível de *outputs*, mantendo constante o volume de *inputs*.

3.2 Empresas, Variáveis e Fontes dos Dados

Para a realização deste estudo foram consideradas 40 empresas operadoras de metro, distribuídas por 19 países da Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia: Alemanha, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Holanda, Hungria, Itália, Portugal, Inglaterra, Rússia, Suécia, Suíça, Argentina, Brasil, Chile, Hong Kong, EUA e Canadá. As empresas foram escolhidas em função dos dados que se encontravam disponíveis, tendo sido utilizados dados relativos ao ano de 2008, visto ser o ano para o qual foi possível obter a maior parte dos indicadores de performance, nomeadamente os mapas financeiros, constantes nos relatórios e contas das empresas, bem como outros dados operacionais, presentes nos diferentes relatórios de gestão e relatórios de sustentabilidade. No caso de algumas das empresas de metro norte-americanas, nomeadamente, as de Atlanta, Los Angeles, Saint Louis, San Diego e Washington, e da *Transport for London*, responsável pelo transporte de metropolitano da cidade de Londres, foram considerados os dados relativos ao período compreendido entre 1 de Julho e 30 de Junho e 1 de Abril de 2008 e 31 de Março de 2009, respectivamente, correspondentes aos períodos para os quais os dados se encontram disponíveis. Os diferentes dados obtidos, necessários à realização deste estudo, relativos às receitas e custos incorridos, bem como as quantidades de *outputs* e de *inputs*, foram retirados dos relatórios e contas das empresas analisadas, por intermédio dos seus *sites* na internet, tendo por base *urbanrail.net* (2010).

O quadro 3.2.1. apresenta a distribuição das empresas por região e por função, isto é, por um lado, a percentagem de empresas analisada por região, e, por outro lado, a percentagem de empresas que são apenas operadoras do metro e a percentagem de empresas que são responsáveis, não só pelo transporte de metro, como, também, pelo transporte rodoviário de passageiros, por intermédio de autocarros.

Das 40 empresas consideradas, 24 são operadores de metro e de autocarros, a que corresponde uma percentagem de 60%, enquanto as restantes 16 empresas são operadoras apenas de metro, o que é correspondente a 40% do número total de empresas analisado neste estudo. Realça-se o facto de todas as empresas estudadas para o continente Norte Americano serem operadoras de metro e, também, de transporte

rodoviário de passageiros, enquanto na América do Sul se verifica, precisamente, o contrário, já que o total de empresas estudadas para esta região apenas é responsável pelo transporte metropolitano de passageiros. No que diz respeito à Europa verifica-se um certo equilíbrio na amostra em questão, uma vez que 40,9% das empresas estudadas operam somente o sistema de metropolitano, enquanto as restantes 59,1% exercem, para além desta actividade, o transporte de passageiros em autocarros. Na região Asiática, apenas foi possível analisar o caso do metro de Hong Kong, devido à dificuldade de obtenção de dados relevantes para os restantes sistemas de metropolitano deste continente.

Em relação ao caso português, quer na cidade do Porto, quer na cidade de Lisboa, as empresas operadoras do metro são única e exclusivamente responsáveis por este sistema de transporte.

Quadro 3.2.1. Distribuição das empresas, por região e por função

Região	Empresas	Empresas Operadoras só de Metro	Empresas Operadoras de Metro + Bus
Europa	55,0%	40,9%	50,1%
América do Norte	27,5%	0,0%	100,0%
América do Sul	15,0%	100,0%	0,0%
Ásia	2,5%	100,0%	0,0%
Total	100,0%	40,0%	60,0%

Fonte: *urbanrail.net* e Relatórios e Contas

Por sua vez, por intermédio do quadro 3.2.2., podemos observar que 17,5% das empresas da amostra estudada dizem respeito a empresas responsáveis por um sistema de metro ligeiro, enterrados parcialmente e, por vezes, automáticos, nos quais se insere o metro do Porto, enquanto 55% são operadores de metro convencional, movidos a electricidade, deslocando-se sobre carris, em via reservada, enterrados totalmente ou na sua quase totalidade, com capacidade para transportar um elevado número de passageiros e conduzidos, manualmente, por um motorista, entre os quais se encontra o metro de Lisboa.² Os restantes 27,3% dizem respeito a operadores de metro ligeiro mas,

² Santos, C. J. P. (2008)

também, de sistemas de metro convencional. Realça-se o facto de, nas empresas estudadas do continente sul-americano, não existir nenhuma de metro ligeiro, enquanto nos continentes europeu e norte-americano estas representam 18,2% e 27,3%, respectivamente, do total analisado. No entanto, também nestes continentes, considerados individualmente, a maioria das empresas é responsável por um sistema de metro convencional, as quais correspondem a 50%, no caso do continente europeu, e 45,5%, no continente norte-americano, enquanto 31,8% e 27,3%, respectivamente, possuem sistemas de metro ligeiro e de metro convencional.

Quadro 3.2.2. Distribuição das empresas, por região e por modo de sistema de metropolitano

Região	Metro Convencional (%)	Metro Ligeiro (%)	Metro Convencional + Metro Ligeiro (%)
Europa	50,00%	18,20%	31,80%
América do Norte	45,50%	27,30%	27,30%
América do Sul	100,00%	0,00%	0,00%
Ásia	0,00%	0,00%	100,00%
Total	55,00%	17,50%	27,50%

Fonte: *urbanrail.net*

O gráfico 3.2.1. apresenta-nos uma medida do desempenho económico dos diferentes operadores de metro, permitindo aferir em que medida os custos de operação do serviço são cobertos pelas receitas operacionais.

De um modo geral, as empresas responsáveis pelo transporte de metropolitano apresentam níveis elevados de custos operacionais faces às receitas geradas. Em média, as receitas operacionais permitem cobrir cerca de 63,2% dos custos operacionais.

De facto, das 40 empresas analisadas, apenas 6 apresentam um nível de receitas operacionais superior ao dos custos operacionais, nomeadamente as operadoras dos metros de Paris, Moscovo, Buenos Aires, Rio de Janeiro, Santiago do Chile e Hong Kong. Destaca-se, no entanto, a *Mass Transit Railway Corporation*, operadora do metro de Hong Kong, como a que revela o melhor desempenho económico, apresentando um valor de receitas operacionais amplamente superior ao dos custos operacionais, e bastante distante das restantes empresas estudadas, com uma taxa de cobertura de

156,9%, facto que poderá ser explicado pelos baixos salários praticados, de uma maneira geral, no continente asiático.

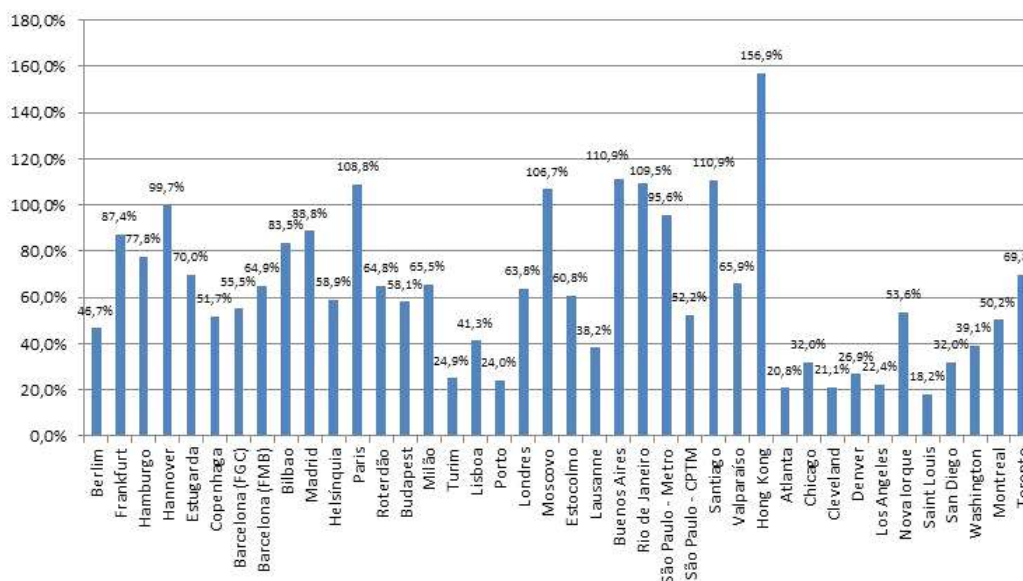
Por outro lado, realça-se, igualmente, o facto de as empresas norte-americanas apresentarem taxas de cobertura muito reduzidas, sendo que todas elas são igualmente responsáveis pelo transporte rodoviário de passageiros em autocarro. Apenas nos casos de Nova Iorque, Montreal e Toronto a taxa de cobertura ultrapassa os 50%, e o valor médio, para este continente, ronda os 35,1%.

Por sua vez, os continentes europeu e sul-americano obtêm valores médios na ordem dos 65,5% e 90,8%, respectivamente.

No que diz respeito ao caso português, a situação é muito pouco animadora, na medida em que, em ambos os casos, os valores obtidos são muito reduzidos, mais concretamente, de 24%, para o metro do Porto, e 41,3%, para o metro de Lisboa.

Analisando os dados tendo em conta o meio de transporte oferecido pelos operadores, observa-se que, em média, as empresas operadoras apenas de transporte metropolitano possuem uma taxa de cobertura dos custos operacionais, por via das receitas operacionais, superior à obtida para o caso dos operadores de metro e autocarros, simultaneamente, de 79,8% e 52,2%, respectivamente.

Gráfico 3.2.1. Receitas Operacionais / Custos Operacionais



Fonte: Relatórios e Contas.

No que respeita às variáveis utilizadas, foram escolhidas duas categorias de *outputs* e cinco categorias de *inputs*, sendo que, em ambos os casos, e de acordo com o critério de agregação de *outputs* e *inputs* desenvolvido por Caves *et al.* (1982), e utilizado por Oum e Yu (1995) e Barbot *et al.* (2006) são consideradas as receitas, no caso dos *outputs*, ou os custos, no caso dos *inputs*, e as quantidades produzidas ou utilizadas, consoante se trate de *outputs* ou de *inputs*, respectivamente. A selecção destes prendeu-se, para além da disponibilidade de informação, com a necessidade de escolher *outputs* e *inputs* capazes de caracterizar da melhor maneira este sector de transportes e de os adaptar ao método TFP, de medição da produtividade.

Em relação aos *outputs*, considerou-se o serviço regular de passageiros, mais concretamente, o número de passageiros-quilómetro, medido pelo número de passageiros x distância média percorrida (Km), e os outros *outputs*, à semelhança de Oum e Yu (1995) e de Barbot *et al.* (2006), que abrangem todos aqueles para além dos passageiros, e que dizem respeito a actividades que não estão directamente relacionadas com o transporte de metro, como sejam os resultantes de pequenas lojas nas estações de metro, serviços de restauração, aluguer de espaços, aluguer de viaturas, campanhas de publicidade nos veículos, *merchandising*, entre outros. Esta última variável, apesar de não dizer respeito à actividade principal das empresas de metro e de, na maior parte dos casos, corresponder a uma percentagem mínima do montante dos *outputs*, utiliza parte dos seus *inputs*, daí que deva ser considerada e incluída no estudo em causa. De acordo com o procedimento utilizado por Oum e Yu (1995), a quantidade de outros *outputs* foi obtida dividindo as respectivas receitas pelo índice de paridade do poder de compra (PPP), o qual foi obtido através da *Penn World Table*, convertido em euros e normalizado para o índice PPP da Alemanha, tendo sido actualizado às taxas de câmbio em vigor no dia 31 de Dezembro de 2008, correspondente ao último dia do ano a que o estudo reporta, as quais foram obtidas por intermédio do *site* do Banco de Portugal. É utilizado o índice PPP, na medida em que este estudo se baseia num conjunto de empresas de diferentes países, pelo que é necessário ter em conta as diferenças e alterações das taxas de câmbio, assim como as mudanças nos níveis reais de preços nos países onde os diferentes operadores de metropolitano exercem a sua actividade.

No que respeita aos *inputs*, foram utilizados o trabalho, o capital, a energia, na qual se incluem a electricidade e o fuel e, por último, os outros *inputs* operacionais.

O trabalho é medido pelo número total de trabalhadores, enquanto o capital corresponde ao número total de veículos e carruagens.

Em relação à energia, foram considerados a electricidade e o fuel, uma vez que uma grande parte das empresas é responsável, não só pelo transporte de metropolitano, mas também pelo transporte rodoviário de passageiros, devendo, portanto, ser considerados ambos em separado. No entanto, em muitos dos casos, não foi possível obter dados relativos às quantidades de electricidade e de fuel consumidas pelas diferentes empresas, daí que estas tenham sido determinadas através da divisão dos custos incorridos com cada um destes *inputs* pelo respectivo preço médio praticado no país onde a empresa operadora de metro exerce a sua actividade, os quais foram obtidos através das estatísticas anuais do EUROSTAT (2009) e da IEA (2009), retiradas dos respectivos *sites* da internet. Por outro lado, e uma vez que as unidades de electricidade e de fuel são diferentes, o preço do fuel foi obtido multiplicando o preço médio da electricidade praticado por esse país por um conversor de electricidade, para unidades de *British Thermal Unit* (BTU), unidade de medida também utilizada por Oum e Yu (1994).³ No caso da electricidade, medida em quilowatts-hora, o seu multiplicador, KBTU, apresenta o valor de 3,412, pelo que, multiplicando este valor pelo preço da electricidade, conseguimos obter o valor do preço do fuel em unidades equivalentes, capaz de permitir uma melhor comparação dos dados obtidos.

No que respeita aos outros *inputs* operacionais, seguiu-se o procedimento utilizado por Barbot *et al.* (2006), pelo que o seu valor foi obtido dividindo o custo dos outros *inputs* operacionais pelo índice de Paridade do Poder de Compra (PPP), convertido para euros e normalizado para a Alemanha, actualizado às taxas de câmbio de 31 de Dezembro de 2008, à semelhança do que havia sido realizado para os outros *outputs*. O custo dos outros *inputs* operacionais foi obtido subtraindo, ao valor total dos custos operacionais, os custos dos salários, do capital, medido pelo valor da amortização dos veículos ou carruagens, e da energia, em termos de electricidade e de fuel, e corresponde, em geral,

³ Unidade Térmica Britânica que corresponde a uma unidade de energia não-métrica, não pertencente ao Sistema Internacional de Unidades, sendo equivalente a 252,2 calorias ou 1 055,05585 joules. Por sua vez, 1 joule são 0.000000278 quilowatts, ou seja, 1 BTU são 0,000293 quilowatts.

aos custos incorridos com outros fornecimentos e serviços externos, outros materiais consumidos e serviços contratados.

Como empresa de referência foi escolhida a *Metro de Madrid, S.A.*, uma vez que é a que apresenta um valor mais próximo da média no que respeita aos passageiros-quilómetro (nº de passageiros x distância média percorrida), nomeadamente de 4867334000 passageiros-quilómetro.

O quadro 3.2.3. apresenta algumas das características dos valores das percentagens de receitas e custos das empresas consideradas no estudo, através de um conjunto de diferentes variáveis estatísticas, nomeadamente a média, desvio-padrão, mediana, valor máximo e valor mínimo.

Analisando o referido quadro, podemos concluir que, em média, as receitas obtidas através da venda de bilhetes e de cartões a passageiros constituem o principal *output*, representando, em média, 86,57% do total de receitas das empresas operadoras de metropolitano, e atingindo um valor máximo de 99,92%, para o caso de umas das empresas responsáveis pelo metro de São Paulo, a *Companhia do Metropolitano de São Paulo*. Por outro lado, as receitas obtidas com outros *outputs* que, em geral, apresentam valores muito reduzidos, sendo o valor médio de 13,43%, chegam a atingir um valor de 35,75% das receitas totais, para o caso da empresa responsável pelo transporte metropolitano e rodoviário de passageiros da cidade de Nova Iorque, a *Metropolitan Transportation Authority*, o que reforça a ideia anteriormente referida, relativa à importância da necessidade de inclusão da variável *outros outputs* neste estudo.

No que diz respeito aos custos, destaca-se o facto de a percentagem de custos com outros *inputs* operacionais ser, em geral, bastante elevada, apresentando um valor médio de 41,77%, e variando de um valor máximo de 93,38% – um valor muito considerável, e que resulta do elevado peso dos custos relativos a fornecimentos e serviços externos no total dos custos desta empresa, para o caso da *Metro do Porto* –, a um valor mínimo de 15,59%, para a empresa operadora do metropolitano e autocarros de Cleveland, a *Greater Cleveland Regional Transit Authority*. Por outro lado, os custos com o factor trabalho, representam, em regra, um valor igualmente elevado, observando-se um valor médio de 40,35%, atingindo um máximo de 73,57%, na *Toronto Transit Commission*, e

um mínimo de 4,02%, para a *Metroselskabet*, a empresa operadora do metro de Copenhaga, valor que se deve ao reduzido número de trabalhadores empregados por esta empresa. Os custos de capital, medidos pelas amortizações dos veículos e carruagens, representam, em média, 9,03% do total dos custos, sendo o seu valor mais alto de 32,84%, para a *Metro Valparaíso, S.A.*, e o mais baixo de 0,004%, no caso do *Metropolitano de Lisboa*. Por sua vez, a electricidade representa, em média, 6,17% do total dos custos incorridos pelas empresas operadoras de metropolitano, chegando a atingir 35,79% destes, no Rio de Janeiro, e apenas 0,19% em Estocolmo.

Os custos com fuel são aqueles que, em média, possuem um menor peso no total dos custos operacionais das empresas operadoras de metro, o que se deve ao facto de muitas das empresas serem apenas responsáveis pelo transporte de metropolitano, e não pelo transporte rodoviário de passageiros, pelo que não incorrem em quaisquer gastos com fuel. Deste modo, e como resultado desta situação, a percentagem de custos com fuel varia de 13,33%, para o caso da *Regional Transportation District Denver*, Colorado, a 0%, em todas aquelas que não exercem qualquer actividade de transporte rodoviário de passageiros.

Em relação às empresas de metro portuguesas, e no que diz respeito às receitas, verifica-se que, em ambos os casos, uma grande parte destas é proveniente das receitas obtidas com passageiros, sendo que, no caso do *Metro do Porto*, estas representam 86,42% do total das receitas, enquanto que, no *Metropolitano de Lisboa*, o valor é ligeiramente superior, atingindo 91,85% do total. Por outro lado, em termos de custos, o metro do Porto, e tal como já foi referido anteriormente, apresenta uma percentagem muito elevada de custos relativos a outros *inputs* no total dos seus custos operacionais, sendo mesmo a mais elevada do total das empresas da amostra, com um valor de 93,38%. Deste modo, os custos dos salários, do capital e da electricidade assumem um peso muito reduzido na sua estrutura de custos, com valores que rondam os 4,15%, 2,37% e 0,1%, respectivamente. Por sua vez, para o caso da empresa operadora do metropolitano de Lisboa, os salários e os outros *inputs* assumem-se como aqueles que possuem um maior peso no total dos custos operacionais, representando 48,8% e 47,29% dos mesmos, respectivamente. Os custos com o capital e com a electricidade são muito reduzidos, de 3,9% e 0,004%, respectivamente, sendo que, em relação a este

último, e tal como já foi mencionado, apresenta o valor mais baixo entre as 40 empresas analisadas neste estudo.

Quadro 3.2.3. Análise estatística das percentagens de receitas e de custos

	Média	Desvio-Padrão	Mediana	Máximo	Mínimo
Receitas (%)					
Passageiros	86,57%	9,71%	90,13%	99,92%	64,25%
Outras	13,43%	9,71%	9,87%	35,75%	0,08%
Custos (%)					
Trabalho	40,35%	17,38%	44,40%	73,57%	4,02%
Capital	9,03%	17,38%	6,19%	32,84%	0,004%
Electricidade	6,17%	7,30%	3,36%	35,79%	0,19%
Fuel	2,68%	3,05%	1,96%	13,33%	0,00%
Outros	41,77%	18,84%	38,87%	93,38%	15,59%

Fonte: Relatórios e Contas

No quadro 3.2.4. é apresentada a mesma informação, mas no que diz respeito às quantidades de *outputs* e de *inputs*.

Verifica-se, assim, que as empresas operadoras do metro apresentam, em média, um total de 4485249766 passageiros-quilómetro, sendo que este varia de um valor máximo de 34467320448, em Nova Iorque, a 173955300 passageiros-quilómetro para o caso da cidade de Lausanne, na Suíça. Por outro lado, a quantidade de outros *outputs* é, em média, de 925893 unidades, chegando a atingir um valor máximo de 14990540, na *Metropolitan Transportation Authority*, de Nova Iorque, e um valor mínimo de 13 unidades, em Valparaíso do Chile.

No que diz respeito aos *inputs* utilizados, observa-se que as empresas responsáveis pelo transporte de metropolitano empregam, em média, 8893 trabalhadores, e utilizam, em geral, 1944 veículos e carruagens, sendo que, mais uma vez, a *Metropolitan Transportation Authority* de Nova Iorque é aquela que apresenta um valor mais elevado, com um total de 69117 empregados e de 12447 veículos e carruagens, o que se deve, também, ao facto de, para além do transporte de metropolitano, esta ser responsável pelo transporte rodoviário de passageiros, daí que necessite de um número mais elevado de trabalhadores. O valor mais baixo ocorre para o caso do metro de Copenhaga, que emprega, simplesmente, 80 trabalhadores, dado que se trata de uma empresa de

reduzida dimensão. Por sua vez, a *Metro Valparaíso, S.A.* é a empresa que possui uma frota mais pequena, com apenas 27 carruagens de metro, sendo, igualmente, aquela que apresenta um menor consumo de electricidade e de outros *inputs*, consumindo cerca de 20405730 e de 184 unidades, respectivamente. Também no que se refere ao consumo de electricidade, o valor máximo ocorre em Nova Iorque, que consome 5025132972 unidades (*BTUs*). Por sua vez, a *Transport for London* é aquela que apresenta um maior consumo de fuel e de outros *inputs*, consumindo cerca de 1318534872 e 43428723 unidades, respectivamente.

O Metro do Porto e o Metropolitano de Lisboa apresentam valores muito inferiores à média, tanto em termos de quantidades de *outputs*, como em termos de *inputs*.

Quadro 3.2.4. Análise estatística das quantidades de *outputs* e de *inputs*

Quantidades	Média	Desvio-Padrão	Mediana	Máximo	Mínimo
<i>Outputs</i>					
Passageiros Km	4485249766	7530190550	1841871000	34467320448	173955300
Outras	925893	2753543	110892	14990540	13
<i>Inputs</i>					
Trabalho	8893	13570	4458	69117	80
Capital	1944	2588	820	12447	27
Electricidade	525719410	874388298	190659737	5025132972	20405730
Fuel	157109547	252369800	55879173	1318534872	5178160
Outros	3245998	7446741	949848	43428723	184

Fonte: Relatórios e Contas, EUROSTAT e IEA

Os quadros 3.2.5. e 3.2.6. apresentam-nos informação acerca da percentagem de receitas e de custos, consoante se trate de empresas operadoras apenas de metro ou sejam responsáveis pelo transporte metropolitano e rodoviário de passageiros, em autocarros. Constatase, então, que os dois conjuntos de empresas apresentam valores muito semelhantes no que diz respeito às percentagens de receitas obtidas e aos custos incorridos, destacando-se o facto de as empresas só de metro possuírem uma maior percentagem de custos de energia e de outros *inputs*, mas uma menor parcela no que se refere ao custo dos salários.

Quadro 3.2.5. Análise estatística da percentagem de receitas, por função da empresa

Receitas (%)	Média	Desvio-Padrão	Mediana	Máximo	Mínimo
Metro	88,50%	9,15%	92,37%	99,92%	65,05%
Passageiros					
Outras					
Metro + Bus	85,29%	9,87%	88,71%	95,86%	64,25%
Passageiros					
Outras					
	11,50%	9,15%	7,63%	34,95%	0,08%
	14,71%	9,87%	11,29%	35,75%	4,14%

Fonte: Relatórios e Contas

Quadro 3.2.6. Análise estatística da percentagem de custos, por função da empresa

Custos (%)	Média	Desvio-Padrão	Mediana	Máximo	Mínimo
Metro	30,70%	15,91%	28,81%	50,23%	4,02%
Trabalho					
Capital					
Electricidade					
Fuel					
Outros					
Metro + Bus	46,78%	15,56%	49,30%	73,57%	4,50%
Trabalho					
Capital					
Electricidade					
Fuel					
Outros					
	11,14%	9,89%	9,83%	32,84%	0,00%
	11,00%	9,25%	9,23%	35,79%	1,62%
	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	47,17%	20,26%	42,82%	93,38%	24,23%
	7,63%	4,78%	5,87%	20,68%	1,68%
	2,96%	1,98%	2,51%	8,45%	0,19%
	4,47%	2,75%	4,08%	13,33%	0,40%
	38,16%	17,40%	34,56%	88,75%	15,59%

Fonte: Relatórios e Contas

3.3 Resultados e Comentários

O quadro 3.3.2. apresenta-nos os resultados obtidos para os índices de *output* e de *input* e, posteriormente, para o índice de TFP, sendo a *Metro de Madrid, S.A.* a empresa de referência e, como tal, apresentando um valor de 100.

Da análise dos resultados, destaca-se o facto de os valores obtidos para os casos de Valparaíso, Santiago e Moscovo serem muito elevados, quando comparados com as restantes empresas e, mais concretamente, com a empresa de referência, a *Metro de Madrid, S.A.* Nos dois primeiros casos, verifica-se um índice de *input* muito baixo, embora o índice de *output* seja igualmente reduzido, enquanto que, no caso de Moscovo, é o índice de *output* que é muito elevado, o que não parece ser estranho, atendendo à dimensão das respectivas cidades. Em relação ao metro de Valparaíso, este apresenta-se como aquele que possui um maior índice de produtividade e os seus resultados, nomeadamente o reduzido índice de *output*, podem ser explicados, tal como já foi referido anteriormente, pelo facto de este ser aquele que possui a menor frota, com apenas 27 carruagens de metro, bem como o facto de ser o menor consumidor no que respeita a electricidade e aos outros *inputs*. Também ao nível do factor trabalho, o número de trabalhadores é muito reduzido, quando comparado com a generalidade das empresas analisadas, empregando apenas 166 funcionários, no ano de 2008. O seu índice de *output* é também reduzido, o que pode ser justificado pela reduzida dimensão da cidade e do sistema de metropolitano. Já no que toca ao metro de Moscovo, o elevado índice TFP é reflexo de uma grande disparidade entre um índice de *output* muito superior ao índice de *input*, e que poderá ser explicado pelo elevado número de horas em que este metropolitano se encontra a funcionar, operando das seis horas até à uma da manhã, utilizando as mesmas carruagens, com uma frequência muito elevada, de 90 segundos, em hora de ponta, e entre 2 e 4 minutos, durante o resto do dia. Esta elevada frequência de veículos verificada no metro de Moscovo, que parece resultar do grande número de passageiros por veículo registado por este sistema de transporte, mais concretamente de 566094,61 passageiros por veículo, dá origem a economias de densidade, na medida em que, na mesma rede, os serviços operam mais frequentemente, utilizando os mesmos *inputs*, permitindo a obtenção de economias, isto é, o aumento

dos ganhos obtidos pelo transporte de mais um passageiro é acompanhado por um aumento menos que proporcional dos custos incorridos para o transportar.

Por outro lado, os metros de Roterdão, San Diego e Cleveland apresentam-se como aqueles em que o índice TFP é mais reduzido, com valores bastante distantes dos que se verificam para os mais produtivos, na medida em que, possuindo um índice de *input* bastante baixo, apresentam um índice de *output* ainda mais baixo, o que leva a que os resultados sejam inferiores aos obtidos para o metro de comparação. Esta situação é justificada pela reduzida dimensão das cidades e, conseqüentemente, do sistema de metropolitano, sendo que, no caso de San Diego, o sistema de metropolitano em actividade é, simplesmente, um sistema de metro ligeiro. O reduzido número de passageiros por veículo transportados por estes sistemas de metropolitano poderão, igualmente, ajudar a explicar os seus baixos índices de TFP.

Há, ainda, a destacar o elevado valor obtido para o índice de *output* do metro de Hong Kong, o qual, aliado a um baixo índice de *input*, dá origem a um também elevado índice TFP. Neste caso, o resultado verificado para o índice de *output*, reflexo do grande número de passageiros-quilómetro, poderá ser justificado pela elevada acumulação de passageiros nas diferentes carruagens de metro, característica típica da grande maioria dos sistemas de metro do continente asiático, enquanto o reduzido valor do índice de *input* se pode ficar a dever aos baixos salários praticados nesta região.

A empresa responsável pelo metro de Nova Iorque assume-se como a que possui maiores índices de *output* e de *input*, apresentando valores exageradamente elevados, comparativamente à generalidade das restantes situações, e que se deve, tal como já foi referido na secção anterior, ao facto de ser aqui que se verificam os valores mais elevados no que diz respeito ao número de passageiros-quilómetro e de outros *outputs* mas, também, de trabalhadores, do consumo de electricidade e de veículos e carruagens. À semelhança do que se observa, e já referido anteriormente, para a empresa operadora do metro de Moscovo, também aqui se verifica um elevado volume de passageiros transportados por veículo.

Por outro lado, e tendo em conta que algumas das empresas consideradas são responsáveis, não só pelo transporte de metropolitano, mas também pelo transporte rodoviário de passageiros, em autocarros, enquanto outras são apenas operadoras de metro, parece haver uma tendência para uma menor produtividade das empresas que operam os dois tipos de transporte, tal como é sugerido pela análise do quadro 3.2.7., em que estas últimas aparecem assinaladas a sombreado, pelo que, provavelmente, existirá uma relação inversa entre o índice de produtividade TFP e o facto de a empresa possuir metro e autocarros.

As empresas dos EUA aparecem muito mal posicionadas, relativamente à empresa de referência, à excepção da *Metropolitan Transportation Authority*, de Nova Iorque, o que pode estar estritamente relacionado com o factor acima referido, isto é, devido ao facto de todas elas exercerem a sua actividade quer no transporte de metropolitano quer no transporte rodoviário, por intermédio de autocarros de passageiros.

Santos (2008), no seu estudo acerca do desempenho, em termos de eficiência, dos metropolitano da Europa, por intermédio do método de análise não-paramétrica de *Data Envelopment Analysis* (DEA), concluiu que os metros de Moscovo e de Londres se apresentavam como os mais eficientes dentro do panorama europeu, realçando o facto de os mais eficientes serem os sistemas de metropolitano que apresentam um maior volume de passageiros.

Por sua vez, através dos valores obtidos para este estudo, realizado recorrendo ao método TFP, podemos afirmar que o operador do Metro de Moscovo se apresenta como um dos mais produtivos, o mesmo não se passando em relação ao do Metro de Londres. No entanto, as diferenças observadas poderão ter por base o facto de, neste caso, ao contrário do verificado no estudo de Santos (2008), o Metro de Londres ser analisado conjuntamente com o sistema de transporte rodoviário de passageiros, em autocarros, e não ser, por isso, considerado individualmente. A análise dos resultados não nos permite, igualmente, afirmar que os operadores mais eficientes são aqueles em que se verifica um maior volume de passageiros transportados, ao contrário do que foi descrito no estudo referido.

No que se refere aos operadores portugueses, Santos (2008) conclui que estes se encontram numa posição muito desconfortável, apresentando valores muito reduzidos em relação à média europeia.

Os valores obtidos, por intermédio do método TFP, permitem-nos, de facto, concluir que a situação do Metro do Porto é preocupante quando comparada com as restantes empresas de metropolitano estudadas. No entanto, no que diz respeito ao Metropolitano de Lisboa, embora este esteja bastante longe dos valores observados para os operadores mais eficientes, e abaixo da média europeia, encontra-se acima do valor de referência.

Por último, há que realçar alguns factores, em relação aos quais não foi possível arranjar dados para todas as observações, ou que não são susceptíveis de se incluir no índice, mas que se tornam importantes para explicar o nível de produtividade TFP.

Em primeiro lugar, os metros mais recentes e mais pequenos têm, em geral, uma frota mais uniforme, como é o caso, por exemplo, do metro de Valparaíso, com veículos todos iguais, que possuem 144 lugares sentados e uma capacidade para 392 passageiros, permitindo a obtenção de economias de escala, na medida em que a manutenção é idêntica e as tripulações podem ser afectadas mais facilmente aos serviços, originando economias de manutenção, de estacionamento, entre outras.

Por outro lado, também a dimensão dos veículos e, conseqüentemente, a sua capacidade, dão origem a economias de escala, na medida em que, para uma mesma tripulação, o consumo de electricidade cresce menos que proporcionalmente.

O desenho da rede, nomeadamente as denominadas redes *hub and spoke*, é, também, uma fonte de economias de escala, dado que permitem concentrar a procura em *hubs*, diminuindo o número de operações e utilizando veículos maiores.

Em último lugar, destaca-se o facto de os sistemas de metropolitano de Hong Kong, Valparaíso e Moscovo, que apresentam elevados índices de produtividade TFP, possuírem um *load factor*, isto é, um número de passageiros-quilómetro transportados por lugares-quilómetro disponíveis, muito elevado, de 100,69, 96,74 e 47,01, respectivamente. No que respeita aos metropolitanos portugueses, estes apresentam um *load factor* de 40,02 e 35,58, respectivamente, para a *Metro do Porto* e *Metropolitano de Lisboa*, valores que, não sendo muito elevados, se encontram bastante acima do registado pela *Metro de Madrid, S.A.*, a empresa de referência, de 24,04.

No que diz respeito aos resultados TFP em função do continente em que se situa o respectivo sistema de metropolitano, a análise do quadro 3.3.1. permite-nos afirmar que, de um modo geral, os operadores mais eficientes localizam-se na América do Sul, local onde o valor médio dos índices de produtividade TFP ronda os 1294, seguidos das empresas operadoras de metro da Ásia, Europa e América do Norte, em que estes atingem, em média, os valores de 688, 218 e 95, respectivamente.

Contudo, uma vez que neste estudo apenas é considerado um operador de metro do continente asiático, não parece correcto afirmar que as empresas operadoras dos sistemas de metropolitano asiáticas são menos eficientes que as sul-americanas e mais eficientes que as europeias e que as norte-americanas, dado que a amostra para este continente não é significativa.

Quadro 3.3.1. Resultados TFP por continente

Continente	Média dos Índices TFP	Desvios-Padrão dos Índices TFP
Europa	218	305,8
América do Norte	95	54,3
América do Sul	1294	1547,7
Ásia	688	0

Quadro 3.3.2. Resultados TFP⁴

Empresas	Índice <i>Output</i>	Índice <i>Input</i>	Índice TFP
Valparaíso	0,042	0,001	3766
Santiago	0,646	0,020	3163
Moscovo	6,090	0,422	1444
Hong Kong	3,594	0,523	688
Budapeste	0,810	0,132	614
Estocolmo	1,244	0,207	602
Buenos Aires	0,556	0,145	385
Nova Iorque	14,165	5,972	237
Copenhaga	0,059	0,025	236
São Paulo – CPTM	0,811	0,419	194
Barcelona (FGC)	0,211	0,121	175
São Paulo - Metro	0,836	0,489	171
Bilbao	0,116	0,071	164
Milão	1,289	0,792	163
Chicago	1,410	0,924	153
Frankfurt	0,299	0,209	143
Hannover	0,261	0,189	138
Barcelona (FMB)	0,426	0,356	120
Montreal	0,635	0,554	115
Toronto	0,773	0,730	106
Lisboa	0,188	0,178	106
Estugarda	0,256	0,252	102
Madrid	1,000	1,000	100
Hamburgo	0,433	0,451	96
Helsínquia	0,152	0,167	91
Paris	3,129	3,457	91
Londres	4,892	5,489	89
Berlim	0,840	1,005	84
Rio de Janeiro	0,136	0,164	83
Turim	0,385	0,469	82
Atlanta	0,300	0,386	78
Los Angeles	0,750	1,056	71
Saint Louis	0,104	0,157	66
Lausanne	0,042	0,066	64
Washington	0,776	1,251	62
Denver	0,184	0,312	59
Porto	0,066	0,128	52
Cleveland	0,086	0,176	49
San Diego	0,090	0,185	49
Roterdão	0,162	0,336	48

⁴ As empresas que operam, simultaneamente, o transporte de autocarros e em metropolitano, encontram-se assinaladas a sombreado.

4. Análise Econométrica

Os valores dos índices TFP podem ser explicados, por um lado, por um conjunto de factores que não são passíveis de ser influenciados no âmbito da gestão, como, por exemplo, as alterações na rede e as condições de mercado (Oum, 1995) e, por outro lado, tal como foi analisado anteriormente, poderão ser justificados por uma utilização mais ou menos eficiente dos diferentes *inputs*, para atingir um determinado nível de *output* (Barbot, 2006).

Deste modo, no sentido de identificar os potenciais efeitos de certas variáveis “incontroláveis” e de avaliar quais os *inputs* capazes de melhor explicar as diferenças nos níveis de produtividade TFP, foram construídas duas regressões, a segunda das quais permite decompor os índices TFP nas suas variadas fontes, enquanto que a primeira se destina a investigar quais as variáveis exógenas que são responsáveis por mais (ou menos) elevados índices de TFP.

Numa primeira equação, foram estimados os efeitos de cinco variáveis nos resultados finais de TFP, as quais procuram exprimir o serviço regular de passageiros, o tamanho da rede, a antiguidade e o tipo de empresa que opera o sistema de metropolitano.

Mais concretamente, foram utilizadas as seguintes variáveis: *PASSKM*, que corresponde ao número de passageiros-quilómetro, em milhões, medido pelo número de passageiros x distância média percorrida, em quilómetros, e que já havia sido utilizada como *output* para o cálculo dos índices de TFP; *KM*, a qual é medida pelo número de quilómetros da rede de metropolitano; *ID*, que diz respeito à idade do metro, ou seja, ao número de anos decorridos desde que o metropolitano se encontra em operação, desde a sua construção; *ESTKM*, entendida como o número de estações por quilómetro de linha; por último, foi incluída uma variável “dummy”, *MEBUS*, a qual é igual a “1”, caso a empresa operadora seja responsável, não só pelo transporte de metropolitano, mas, também, pelo transporte de passageiros em autocarros, e igual a “0” em caso contrário, e que resulta do facto de os resultados do estudo empírico apontarem para uma tendência de maior produtividade das empresas que operam única e exclusivamente o sistema de metropolitano.

Assim, a primeira equação assume a seguinte forma:

$$TFP = b_0 + b_1PASSKM + b_2KM + b_3ID + b_4ESTKM + b_5MEBUS + \mu$$

No que diz respeito ao sinal dos coeficientes, é esperado um sinal positivo para as variáveis *PASSKM* e *KM*, na medida em que quanto maior o número de passageiros-quilómetro e maior a extensão da rede de metro, mais elevado será, em princípio, o nível de produtividade obtido pela respectiva empresa, indiciando a existência de economias de escala. O coeficiente da variável *ID* tanto poderá ter um sinal positivo como negativo, uma vez que se, por um lado, quanto maior o número de anos do metro, maior serão os custos de manutenção incorridos e, portanto, menor a produtividade, por outro lado, quanto mais novo este for, maiores serão os custos de amortização dos veículos e, portanto, menor será, em princípio a sua eficiência. No que respeita à variável *ESTKM*, espera-se que esta tenha coeficiente negativo, dado que quanto maior for o número de estações em que o metro é obrigado a parar, menos produtivo, ao que tudo indica, ele será. Por último, atendendo aos resultados obtidos no capítulo anterior, relativos aos índices de produtividade TFP, a variável *MEBUS* poderá ter um coeficiente negativo, devido à tendência que parece existir para a menor produtividade das empresas que operam, simultaneamente, o transporte de metropolitano e o transporte de passageiros em autocarros. No entanto, um coeficiente positivo desta variável poderia sugerir a existência de economias de gama, as quais correspondem a ganhos que as empresas podem obter do aproveitamento de complementaridades de recursos ou de actividades, ou seja, o aproveitamento dos mesmos recursos pelo operador em duas actividades distintas poderia levar a ganhos de produtividade.

Analisando os resultados da análise econométrica¹, apresentados no quadro 4.1., podemos concluir que as variáveis *PASSKM*, *KM* e *MEBUS* são significativas, o mesmo não acontecendo com as variáveis *ID* e *ESTKM*, pelo que o número de anos do sistema de metro e o número de estações por quilómetro de rede não parecem ter qualquer influência relevante no nível de produtividade TFP. A variável *PASSKM* apresenta o

¹ As regressões econométricas foram realizadas recorrendo ao *software Eviews*, através do Método dos Mínimos Quadrados. A Heterocedasticidade foi corrigida por intermédio do teste de White, consistente com os desvios-padrão e a covariância.

sinal esperado, sugerindo a existência de economias de escala, ou seja, um aumento do número de passageiros-quilómetro induz um aumento da produtividade TFP, sem que se verifique um aumento proporcional no custo dos seus *inputs*. Por outro lado, as variáveis *KM* e *MEBUS*, significativas a um nível de 4% e 6%, respectivamente, possuem um coeficiente negativo, sendo que, enquanto na segunda variável o sinal obtido era o esperado, o mesmo não se passa em relação à primeira. Assim, uma redução do número de quilómetros da rede em 2,5 unidades leva a um aumento do índice TFP numa unidade. Observa-se, então, que as economias de escala resultam, essencialmente, do aumento do número de passageiros-quilómetro, e não de uma maior extensão da rede de metro. Esta situação sugere que os factores responsáveis pela maior produtividade serão, fundamentalmente, o *load factor* e a frequência de viagens. Deste modo, as economias de escala associam-se a economias de densidade, sendo o *load factor* responsável pela existência de economias de escala, e a maior frequência de viagens a origem das economias de densidade.² O facto de a variável *MEBUS* apresentar um sinal negativo reforça a ideia obtida com os resultados do estudo empírico, relativo aos índices de produtividade TFP, de que as empresas operadoras de metro e de autocarros, simultaneamente, são menos produtivas do que aquelas que se dedicam exclusivamente ao transporte de passageiros em metropolitano, pelo que exclui a eventual hipótese de existência de economias de gama neste sector. Por sua vez, no que respeita às variáveis *ID* e *ESTKM*, não significativas, ambas apresentam coeficientes com sinal negativo, tratando-se do sinal esperado no caso da segunda variável.

De facto, os resultados obtidos para os índices de produtividade TFP, no capítulo anterior, permitem-nos observar que empresas com um elevado número de passageiros-quilómetro, nomeadamente as responsáveis pelos sistemas de metropolitano de Moscovo, Hong Kong e Nova Iorque, tendem a registar níveis mais elevados de índices de *output* e, conseqüentemente, maiores índices de produtividade TFP. O quadro 4.2. apresenta os dados referentes ao número de passageiros transportados por veículo, para os operadores de metro referidos e para a empresa de referência, a *Metro de Madrid, S.A.*

² Não existindo dados para o *load factor* e para a frequência de viagens de todos os operadores, as conclusões são apenas indicativas.

Os valores de R^2 e R^2 ajustado não são elevados, sendo de 21,24% e 9,66%, respectivamente, o que leva a concluir que existem outras variáveis, não consideradas, capazes de influenciar os níveis de produtividade TFP das diferentes empresas de metro.

Quadro 4.1. Análise Econométrica – Resultados da Regressão 1

Variável Dependente	N	Constante	Variáveis Independentes							
			PASSKM	KM	ID	ESTKM	MEBUS			
TFP	40	1046,473 0,05	** 3.93E-14 0,00	***	-2,499 0,04	**	-3,360 0,30	-46,279 0,13	-488,889 0,06	*

* Significativo a 10%
 ** Significativo a 5%
 *** Significativo a 1%

Quadro 4.2. Número de Passageiros transportados por veículo

Empresas	Passageiros / Veículos
Madrid	300280,33
Moscovo	566094,61
Hong Kong	773911,41
Nova Iorque	217723,15

Fonte: Relatórios e Contas

Na segunda equação estimada, procura-se avaliar quais os factores que mais contribuem para explicar os elevados níveis de produtividade TFP e baixos índices de *input* obtidos pelas diferentes empresas operadoras do transporte metropolitano, nomeadamente entre os *inputs* utilizados para o cálculo do índice de TFP no capítulo anterior, relativo ao estudo empírico, e, mais concretamente, o trabalho, o capital e a energia consumida, na qual se incluem a electricidade e o fuel.

Nesse sentido, foram consideradas as variáveis *EMP*, medida pelo número de trabalhadores por passageiros-quilómetro, *VEIC*, entendida como o número de veículos por passageiros-quilómetro, *EL*, que corresponde ao número de unidades de electricidade consumida por passageiros-quilómetro e, por último, *FUEL*, a qual diz respeito ao número de unidades de fuel consumidas por passageiros-quilómetro.

A equação, apresenta, então, a seguinte forma:

$$TFP = b_0 + b_1EMP + b_2VEIC + b_3EL + b_4FUEL + \mu$$

Espera-se, assim, que as quatro variáveis consideradas possuam coeficientes com o sinal negativo. De facto, quanto menor for o número de empregados por unidade de passageiros-quilómetro, o número de veículos utilizados por passageiros-quilómetro e a energia consumida, em termos de electricidade e fuel, por unidades de passageiros-quilómetro, tanto maior será o nível de produtividade obtida pelo respectivo operador.

O quadro 4.3. apresenta os resultados³ obtidos ao estimar a referida equação. Da sua análise, podemos concluir que, quando consideradas as quatro variáveis de *input* em conjunto, todas elas se demonstram não significativas, o que resulta da existência de um problema de multicolinearidade entre as variáveis, isto é, perante a existência de multicolinearidade, uma variável pode ser influenciada por outra, pelo que os resultados serão afectados por esse factor.

Quadro 4.3. Análise Econométrica – Resultados da Regressão 2

Variável Dependente	N	Constante	Variáveis Independentes			
			EMP	VEIC	EL	FUEL
TFP	40	949,257 0,01	* -81060286 0,30	-3.87E+08 0,20	-511,372 0,56	-1.600,411 0,53

* Significativo a 1%

Nesse sentido, e com o intuito de eliminar este problema de multicolinearidade, foram construídas duas novas regressões, considerando os *inputs* agrupados dois a dois. Assim, por um lado, numa primeira regressão, foram incluídas as variáveis EMP e VEIC e, por outro lado, numa segunda regressão, incluem-se as variáveis relativas ao consumo de energia, EL e FUEL.

³ As regressões econométricas foram realizadas recorrendo ao *software Eviews*, através do Método dos Mínimos Quadrados. A Heterocedasticidade foi corrigida por intermédio do teste de White, consistente com os desvios-padrão e a covariância.

Da análise dos resultados⁴ obtidos, que podem ser observados por intermédio dos quadros 4.4. e 4.5., constata-se que a significância de todas as variáveis aumenta consideravelmente.

Deste modo, no que diz respeito à primeira regressão, pode concluir-se que a variável EMP é significativa a um nível de 7%, enquanto que a variável VEIC se mostra significativa a um nível de 9%. Ambas as variáveis apresentam o sinal esperado, negativo, pelo que se pode concluir que uma redução do número de empregados e do número de veículos por unidades de passageiros-quilómetro, permite obter um aumento no nível de produtividade TFP.

Por outro lado, também as variáveis EL e FUEL, quando consideradas conjuntamente, e separadas das restantes duas variáveis, obtêm níveis de significância de 8% e 3%, respectivamente. Também neste caso, e tal como esperado, os coeficientes apresentam sinais negativos, pelo que se conclui da existência de uma relação inversa entre o nível de produtividade obtida e o consumo de electricidade e de fuel, ou seja, os operadores com reduzidos níveis de consumo de fuel e electricidade terão tendência a possuir índices de *input* mais reduzidos e, conseqüentemente, índices de produtividade TFP mais elevados.

Tal como se havia verificado na primeira regressão, também nestes casos os valores observados de R^2 e R^2 ajustado não são muito elevados, sendo que, no segundo caso referido, em que são incluídas as variáveis *EL* e *FUEL*, estes são até bastante reduzidos, de 5,2% e 0,08%, respectivamente, enquanto na terceira regressão, em que são estimados os efeitos das variáveis *EMP* e *VEIC*, assumem um valor ligeiramente mais elevado, de 16% e 11,5%, respectivamente.

⁴ As regressões econométricas foram realizadas recorrendo ao *software Eviews*, através do Método dos Mínimos Quadrados. A Heterocedasticidade foi corrigida por intermédio do teste de White, consistente com os desvios-padrão e a covariância.

Quadro 4.4. Análise Econométrica – Resultados da Regressão 3

Variável Dependente	N	Constante	Variáveis Independentes	
			EMP	VEIC
TFP	40	864,559 0,01	** -1.05E+08 0,07	* -3.64E+08 0,09

* Significativo a 10%

** Significativo a 1%

Quadro 4.5. Análise Econométrica – Resultados da Regressão 4

Variável Dependente	N	Constante	Variáveis Independentes	
			EL	FUEL
TFP	40	659,305 0,01	*** -836,438 0,08	* -5.021,228 0,03

* Significativo a 10%

** Significativo a 5%

*** Significativo a 1%

De facto, constata-se que as empresas operadoras dos Metros de Valparaíso, Santiago do Chile e Moscovo, verificando valores reduzidos de trabalhadores, veículos e electricidade por unidades de passageiros-quilómetro, apresentam valores igualmente baixos para o índice de *input* e elevados níveis de produtividade TFP.

Por outro lado, pode-se constatar, mais uma vez, a tendência para uma menor produtividade das empresas operadoras, simultaneamente, do sistema de metropolitano e de autocarros, as quais apresentam valores mais elevados, sobretudo no que respeita ao número de empregados e de veículos por passageiros-quilómetro e, conseqüentemente, índices de *input* mais desfavoráveis.

Em resumo, as conclusões fundamentais da análise efectuada podem-se sintetizar em quatro pontos fundamentais.

Em primeiro lugar, não existem economias de gama na operação de metro e de autocarros pela mesma empresa. Embora a associação de duas actividades numa só empresa seja uma tendência actual a nível europeu, e já bastante cimentada no continente norte-americano, apresentando vantagens tanto para o consumidor como para a planificação da rede, tem a desvantagem de reduzir a produtividade. Assim, será preferível optar por sistemas de planificação e bilhética conjuntos (caso do TIP⁵), mas mantendo a separação das operações.

Por outro lado, conclui-se acerca da existência de economias de escala por uma utilização mais intensiva da infra-estrutura (rede), e não por um maior comprimento da rede, e de economias de densidade, como resultado de uma maior frequência de viagens realizadas.

Verifica-se, também, que o número de estações por quilómetro não tem qualquer influência na produtividade. Se, por um lado, um maior número de paragens poderá aumentar a utilização dos factores, por outro lado, esse maior número de paragens permite uma melhor utilização dos veículos.

Por último, os resultados obtidos permitem-nos observar que a idade do metro não tem, igualmente, qualquer influência na produtividade das empresas operadoras.

⁵ Transportes Intermodais do Porto

5. Conclusão

Esta dissertação teve como principal objectivo medir e analisar a eficiência e a produtividade de um conjunto de empresas operadoras de transporte em metropolitano, numa altura em que são cada vez mais discutidas as vantagens bem visíveis deste modo de transporte relativamente ao transporte rodoviário.

Nesse sentido, foram consideradas 40 empresas operadoras de transporte em metropolitano, distribuídas por 19 países da Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia. Os dados utilizados dizem respeito ao ano de 2008, sendo que, no caso das empresas norte-americanas, foram considerados os dados relativos ao período compreendido entre 1 de Julho e 30 de Junho, e, no caso da empresa responsável pelo metropolitano de Londres, ao período compreendido entre 1 de Abril de 2008 e 1 de Março de 2009.

Em primeiro lugar, no capítulo 2, foram apresentados alguns estudos realizados e considerados pertinentes no âmbito do sector dos transportes, e que muito contribuíram para a realização deste estudo. Destaca-se, no entanto, o facto de os estudos realizados em relação ao transporte em metropolitano serem muito escassos, devido ao elevado grau de confidencialidade que persiste neste sector. Nesta secção, foram, ainda, referidos e explicados alguns conceitos teóricos relevantes, nomeadamente os de economias de escala, economias de gama, economias de densidade e economias de rede. Em seguida, no capítulo 3, procedeu-se ao cálculo e análise dos índices de produtividade dos diversos operadores da amostra considerada, recorrendo, para o efeito, ao método *Total Factor Productivity* (TFP), de acordo com a metodologia proposta por Caves *et al.* (1982). Este método revelou-se como um instrumento bastante conveniente, na medida em que permite agregar diferentes conjuntos de *outputs* e de *inputs*, possuindo, contudo, algumas limitações, decorrentes do facto de a produtividade de uma empresa poder, igualmente, ser afectada por diversas variáveis que não são passíveis de ser controladas no âmbito da gestão, como, por exemplo, a conjuntura económica, a composição dos *outputs* ou o comprimento da rede. Não foi possível, ainda, considerar os custos da infra-estrutura, na medida em que, em alguns casos, estes

encontram-se, total ou parcialmente, amortizados há muito tempo, enquanto que nos metros mais recentes não estão. No entanto, se tais custos fossem incluídos, isso iria penalizar as empresas de metropolitanos de construção mais recente.

Por último, no capítulo 4, recorrendo ao cálculo de regressões econométricas, procurou-se identificar quais os efeitos de algumas variáveis consideradas exógenas nos valores obtidos para os índices de produtividade TFP, assim como investigar quais os factores que melhor contribuem para explicar esses mesmos valores.

Deste modo, a realização deste trabalho permitiu concluir que, de um modo geral, as empresas sul-americanas são aquelas que apresentam maiores níveis de eficiência, enquanto que os operadores norte-americanos se revelam os menos eficientes, o que parece resultar do facto de todos eles exercerem mais que uma actividade em simultâneo, nomeadamente o transporte de passageiros em metropolitano e em autocarros, pelo que se pode concluir pela inexistência de economias de gama neste sector específico. De facto, embora esta seja uma tendência actual, deverá ser preferível optar por sistemas de planificação e de bilhética conjuntos, à semelhança do que acontece no TIP, mas mantendo as actividades em separado, uma vez que a sua associação demonstrou ser um dos responsáveis pela redução da produtividade. Por outro lado, foi possível observar que uma utilização mais intensiva da infra-estrutura e uma maior frequência de serviços dão origem a maiores níveis de produtividade, pelo que se pode concluir acerca da existência de economias de escala e economias de densidade, respectivamente. Já no que respeita ao número de estações por quilómetro e ao número de anos em que o metro se encontra em operação, estes não demonstram qualquer influência na produtividade das empresas operadoras de metro.

De acordo com os resultados TFP, os metros de Valparaíso, Santiago e Moscovo são aqueles que apresentam níveis de eficiência mais elevados, sendo que, enquanto nos dois primeiros casos os valores mais altos se devem, sobretudo, a um índice de *input* bastante reduzido, embora o índice de *output* seja, igualmente, reduzido, no caso do resultado obtido para o metro de Moscovo, este deve-se, essencialmente, ao elevado índice de *output*. Por sua vez, os operadores de metro de Roterdão, San Diego e

Cleveland revelam-se os mais ineficientes, possuindo tanto índices de *output* como de *input* muito baixos.

No que aos operadores portugueses diz respeito, a *Metro do Porto, S.A.* apresenta um nível de produtividade muito reduzido, quando comparada com os restantes operadores, enquanto que o Metropolitano de Lisboa, embora distante dos sistemas mais eficientes, e abaixo da média europeia, apresenta um índice de produtividade superior ao da empresa de referência, a *Metro de Madrid, S.A.*

Parece, pois, fundamental, por um lado, uma redução dos custos operacionais, nomeadamente através da minimização de custos com efectivos e com os veículos, e, por outro lado, um aumento dos proveitos operacionais, o que poderá ser conseguido por intermédio da captação de novos utilizadores e pelo aumento das receitas provenientes de outras actividades que não se encontram directamente relacionadas com a actividade de transporte de passageiros, como as de serviços de restauração, aluguer de espaços, campanhas de publicidade nos veículos, *merchandising*, entre outras.

A elaboração desta dissertação ficou, no entanto, condicionada por algumas limitações, em especial no que diz respeito à já referida confidencialidade de dados relativos a estudos realizados neste sector, à dificuldade de recolha de dados nos relatórios e contas das diferentes empresas – as quais, muitas vezes, não apresentam os dados desagregados por rubrica e por modo de transporte, sendo que este último factor acabou por se revelar positivo pelas conclusões que permitiu obter –, para além das também mencionadas limitações da metodologia TFP.

Este trabalho permitiu, assim, aferir do nível de produtividade das diferentes empresas operadoras de metropolitano, não sendo este, contudo, o único factor responsável pelo seu sucesso. Deste modo, e uma vez que aqui não foi possível ter em conta esses factores, considera-se que, em futuros estudos, seria interessante abordar o impacto do custo dos *inputs* e da eficiência produtiva no seu custo unitário, os efeitos das tarifas praticadas na sua produtividade, nomeadamente em termos de *tarifa óptima*, ou os efeitos do modelo de gestão, público ou privado, praticado neste sector.

6. Referências Bibliográficas

- AB Storstockholms Lokaltrafik (2009), “Annual Report 2008”, http://sl.se/Global/Pdf/Rapporter/arsredovisning_2008.pdf, acessado em 30.04.2010;
- Azienda Transporti Milanesi (2009), “Consolidated Financial Statements 2008”, http://www.atm-mi.it/en/IlGruppo/ChiSiamo/Documents/consolidate_financial_statements.pdf, acessado em 19.05.2010;
- Azienda Transporti Milanesi (2009), “Sustainability Report 2008”, http://www.atm-mi.it/it/IlGruppo/ChiSiamo/Documents/ATM_09_Sustainability_2008.pdf, acessado em 19.05.2010;
- Barbot, C., Á. Costa e E. Sochirca (2006), “Airlines performance in the new market context: a comparative productivity and efficiency analysis”, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 14, Nº 5, pp. 263-269;
- Berliner Verkehrsbetriebe (2008), “Geschäftsbericht 2008“, <http://www.bvg.de/index.php/de/3902/name/Geschaeftsbericht+.html>, acessado em 22.04.2010;
- Budapest Transport Privately Held Corporation (2009), “Annual Report 2008”, http://www.bkv.hu/ftp/annual_report/annualreport2008.pdf, acessado em 22.04.2010;
- Button, K. J. (2010), *Transport Economics (3rd edition)*, Cheltenham: Edward Elgar;
- Caves, D. W., L. R. Christensen e W. E. Diewert (1982), “Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers”, *The Economic Journal*, 92, pp. 73-86;
- Chicago Transit Authority (2009), “Financial statements and Supplementary Information 2008”, http://www.transitchicago.com/assets/1/finance_budget/cta_financialstatements_2009-2008.pdf, acessado em 22.04.2010;
- Companhia do Metropolitano de São Paulo (2009), “Relatório da Administração”, <http://www.metro.sp.gov.br/empresa/relatorio/2009/raMetro2009.pdf>, acessado em 23.04.2010;
- Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (2009), “Balanco Patrimonial 2008”, http://www.cptm.sp.gov.br/E_CONTABEIS/Balanco_Patrimonial_2008.pdf, acessado em 23.04.2010;

- Costa, Á., (1998), “Public transport efficiency and effectiveness: Metro de Madrid”, *Transport Networks in Europe: concepts, analysis and policies*, K. J. Button *et al.* (editores), pp. 248-264, Publicações Edward Elgar;
- Costa, Á. e R. Markellos (1997), “Evaluating Public Transport Efficiency With Neural Network Models”, Vol. 5, Nº 5, pp. 301-312;
- Estache, A., M. Gonzalez e L. Trujillo (2002), “What does privatization do for efficiency? Evidences from Argentina’s and Brazil’s railways”, *World Development Journal*, Vol. 30, Nº 11, pp. 1885-1897;
- EUROSTAT (2010), “Electricity Prices for Industrial Consumers”, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=ten00114>, acedido em 30.05.2010;
- Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (2009), “Memòria’08”, http://www.fgc.es/downloads/continguts_corporatius/informes_anuals/memoria_anual08_cat.pdf, acedido em 21.04.2010;
- Greater Cleveland Regional Transit Authority (2009), “Comprehensive Annual Financial Report 2008”, http://www.riderta.com/pdf/annual_reports/2008_CA-FR.pdf, acedido em 18.05.2010;
- Gruppo Torinese Transporti (2009), “Gestione Economica 2008”, http://www.comune.torino.it/gtt/gruppo/bil_sost/05_economico.pdf, acedido em 19.05.2010;
- Gruppo Torinese Transporti (2009), “Gestione Sociale 2008”, http://www.comune.torino.it/gtt/gruppo/bil_sost/07_sociale.pdf, acedido em 19.05.2010;
- Gruppo Torinese Transporti (2009), “Gestione Ambientale 2008” http://www.comune.torino.it/gtt/gruppo/bil_sost/06_ambientale.pdf, acedido em 19.05.2010;
- Hamburger Hochbahn AG (2009), “Annual Report 2008”, http://www.hochbahn.de/wps/wcm/connect/edb25b80433ae745839edbed8c1618a7/Annual_Report_HOCHBAHN_08.pdf?MOD=AJPERES, acedido em 26.05.2010;
- Helsinki City Transport – HKL Metro (2009), “Annual Report 2008”, http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/4d12988040b07af7b833f8fe05de5ea6/Toimintakertomus_2008_ENG.pdf?MOD=AJPERES, acedido em 18.05.2010;
- International Energy Agency (2009), “Key World Energy Statistics 2009”, http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf, acedido em 26.05.2010;

- Metro Bilbao (2009), “Memoria’08”, <http://www.metrobilbao.com/cas/metro/memoPDF/memo2008/memoria2008.pdf>, acessido em 21.04.2010;
- Metro de Madrid, S.A. (2009), “Annual Accounts 2008”, http://www.metro-madrid.es/export/sites/metro/comun/documentos/memoria/2008ing/Cuentas_Anuales_ing2.pdf, acessido em 21.04.2010;
- Metro de Madrid, S.A. (2009), “Management Report 2008”, http://www.metro-madrid.es/export/sites/metro/comun/documentos/memoria/2008ing/Informe_de_gestion_ing1.pdf, acessido em 21.04.2010;
- Metro de Santiago, S.A. (2009), “Memoria Anual 2008”, <http://www.metro-santiago.cl/files/documentos/memoria2008/memoria.pdf>, acessido em 17.05.2010;
- Metro do Porto, S.A. (2009), “Relatório e Contas 2008”, http://www.metro-doporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=17246, acessido em 05.04.2010;
- Metro do Porto, S.A. (2009), “Relatório de Sustentabilidade 2008”, http://www.metrodoporto.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=17246, acessido em 05.04.2010;
- Metrô Rio (2009), “Demonstrações Contábeis 2008”, http://www.metro-rio.com.br/megapar_2008final.pdf, acessido em 23.04.2010;
- Metro Valparaíso, S.A. (2009), “Memoria Anual 2008”, http://www.metro-valparaiso.cl/archivos_empresa/Memoria%20Anual%202008.pdf, acessido em 17.05.2010;
- Metro Transit Saint Louis (2009), “Comprehensive Annual Financial Report 2009”, <http://www.metrostlouis.org/InsideMetro/CAFRs/FY2009ComprehensiveAnnualFinancialReport.pdf>, acessido em 10.06.2010;
- Metropolitan Atlanta Rapid Transit Authority (2009), “Comprehensive Annual Financial Report 2009”, http://www.itsmarta.com/uploadedFiles/About_MARTA/Reports/FY-2009-CAFR.pdf, acessido em 22.04.2010;
- Metropolitan Transport Authority (2009), “Comprehensive Annual Financial Report 2009”, http://www.metro.net/about_us/finance/images/cafr_2008.pdf, acessido em 22.04.2010;
- Metropolitan Transportation Authority (2009), “Consolidated Financial Statements 2008”, http://www.mta.info/mta/investor/pdf/annual_08.pdf, acessido em 01.05.2010;
- Metropolitan Transit System San Diego (2009), “Comprehensive Annual Financial Report 2009”, <http://www.sdmts.com/MTS/documents/CAFRfinal11-10-2009.pdf>, acessido em 23.04.2010;

- Metropolitano de Lisboa (2009), “Relatório e Contas de 2008”, <http://www.metrolisboa.pt/portals/0/frelcontas2008.pdf>, acessido em 06.04.2010;
- Metroselskabet (2009), “Annual Report 2008”, <http://www.m.dk/Om+Metroen/Organisation/Metroselskabet/~media/Metro/Content/PDF%202009/Metro-Annual-report-08-web.ashx>, acessido em 18.05.2010;
- Metrovías, S.A. (2009), “Estados Contables 2008”, <http://www.metrovias.com.ar/v2/images/inversores/EECCMetrovias200812.pdf>, acessido em 23.04.2010;
- Moscow Metro (2009), “Annual Report 2008”, <http://mosmetro.ru/files/13610086904a5190d7640e3/2008en.pdf>, acessido em 26.04.2010;
- Oum, T. H. e C. Yu (1994), “Economic Efficiency of Railways and Implications for Public Policy: A Comparative Study of the OECD Countries Railways”, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 28, Nº 2, pp. 121-138;
- Oum, T. H. e C. Yu (1995), “A productivity comparison of the world’s major airlines”, *Journal of Air transport Management*, Vol. 2, Nº 3/4, pp. 181-195;
- Penn World Table (2007), http://pwt.econ.upenn.edu/php_site/pwt_index.php, acessido em 06.06.2010;
- Régie Autonome des Transports Parisiens (2009), http://www.ratp.fr/en/upload/docs-application/pdf/2010-09/ratp_financier_2008_gb.pdf, acessido em 21.04.2010
- Regional Transport District (2009), “Comprehensive Annual Financial Report 2008”, http://www.rtd-denver.com/PDF_Files/Financial_Reports/7252008_CAFR_FYE_123108.pdf, acessido em 22.04.2010;
- Rotterdamse Elektrische Tram (2009), “Aardig onderweg Jaarverslag 2008”, <http://www.ret.nl/over-ret/organisatie/~media/PDF/Jaarverslagen/Jaarverslag%202008.ashx>, acessido em 23.04.2010;
- Sampaio, B. R., O. L. Neto e Y. Sampaio (2008), “Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 42, Nº 3, pp. 445-454;
- Santos, C. J. P. (2008), “Análise do Desempenho dos Metropolitano na Europa. Reflexão sobre o caso português”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa;

- Société de Transport de Montréal (2009), “Financial Report 2008”, <http://www.stm.info/English/en-bref/a-rapfin08.pdf>, acedido em 01.05.2010;
- Société de Transport de Montréal (2009), “Activity Report 2008”, <http://www.stm.info/English/en-bref/a-ra2008.pdf>, acedido em 01.05.2010;
- Société de Transport de Montréal (2009), “Sustainable Development Report 2008”, <http://www.stm.info/English/en-bref/a-rdd2008.pdf>, acedido em 01.05.2010;
- Stuttgarter Straßenbahnen AG (2009), “Geschäftsbericht 2008“, http://www.ssb-ag.de/files/ssb_gb08.pdf, acedido em 25.05.2010;
- Toronto Transit Commission (2009), “Annual Report 2008”, http://www3.ttc.ca/PDF/About_the_TTC/TTC_Annual_Report_2008.pdf, acedido em 23.04.2010;
- Transport for London (2009), “Annual report and Statement of Accounts 2008/09”, <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/corporate/annual-report-and-statement-of-accounts-2008-09.pdf>, em 21.04.2010;
- Transports Metropolitans de Barcelona (2009), “Informe Anual 2008”, http://www.tmb.cat/publicacions_tmb/inf2008/ca_ES/inf2008.pdf, em 21.04.2010;
- Transports Publics de la Région Lausannoise (2009), “Rapport d’activité 2009”, http://www.ratp.fr/en/upload/docs/application/pdf/2010-09/ratp_financier_2008_gb.pdf, em 30.04.2010;
- Üstra Hannoversche Verkehrsbetriebe AG (2009), “Konzernlagebericht 2008”, http://www.uestra.de/fileadmin/uestra/downloads/geschaeftsberichte/GB_Konzern_2008.pdf, acedido em 26.05.2010;
- VerkehrsGesellschaft Frankfurt am Main (2009), “Geschäftsbericht 2008“, http://www.vgf-ffm.de/fileadmin/data_archive/Downloads/RZ_GB_2008_Netz.pdf, acedido em 25.05.2010;
- Washington Metropolitan Area Transit Authority (2009), Comprehensive Annual Financial Report 2009, http://www.wmata.com/about_metro/docs/cafr_FY09.pdf, acedido em 23.04.2010;
- Yu, M., E. T. J. Lin (2007), “Efficiency and effectiveness in railway performance using a multi-activity network DEA model”, *Omega*, Vol. 36, N° 5, pp.1005-1017.