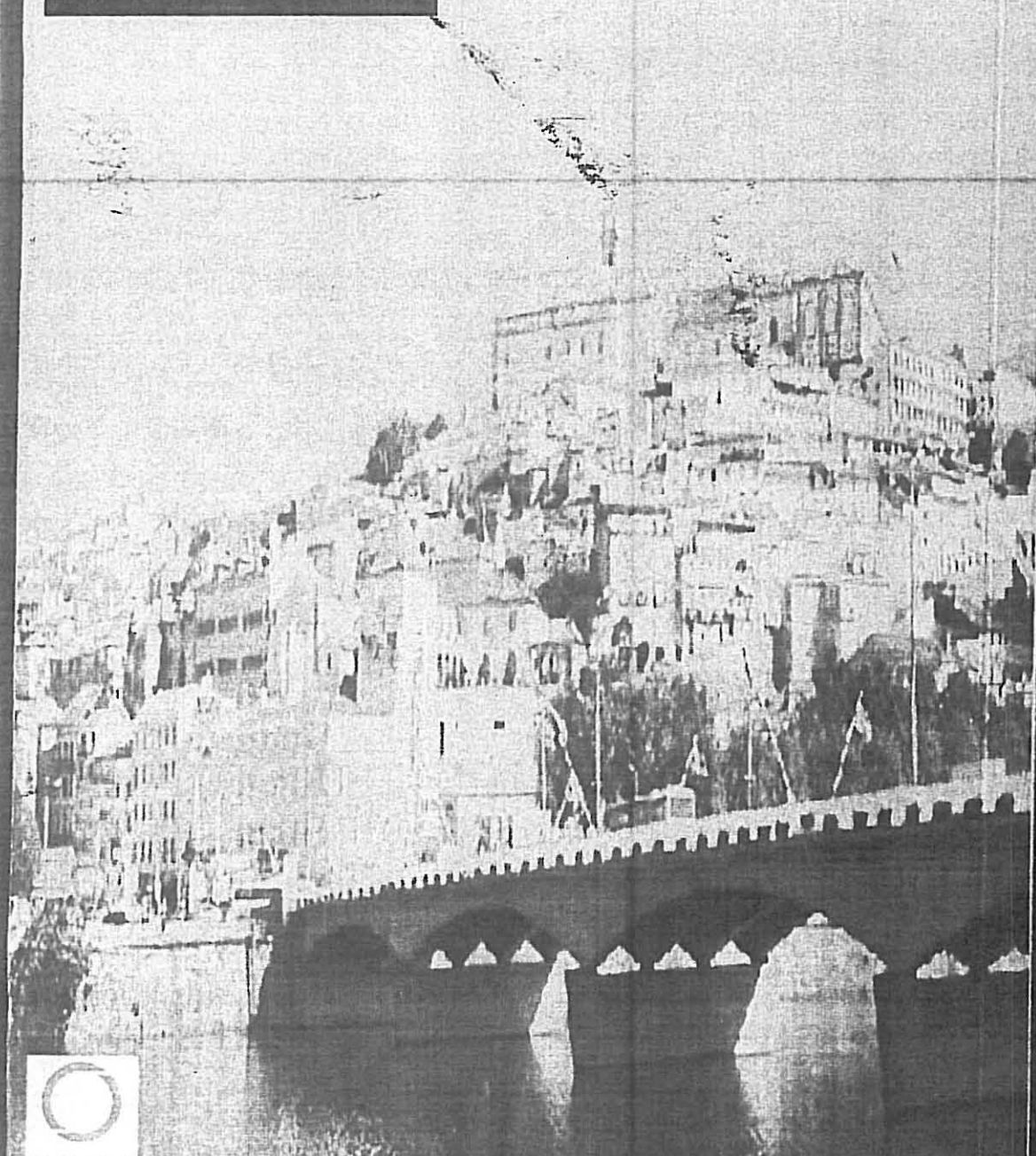


Apdio



associação portuguesa de
investigação operacional



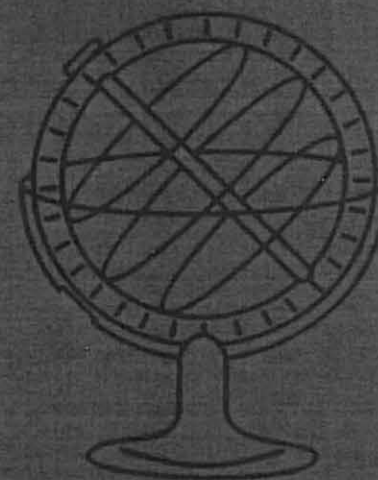
TRANSPORTES
URBANOS

ISBN: 978-989-95055-4-4



Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra

**Livro de Actas do 15º Congresso
da
Associação Portuguesa de Investigação Operacional
IO 2011**



Coordenadores: Domingos Cardoso e João Climaco

FEUC
Coimbra

sector de exploração de sistemas de saneamento básico: serviços de operação e manutenção. A gestão informática destas actividades (por exemplo, via web/PDA), implicaria que cada viatura dispusesse de um sistema GPS com a finalidade de permitir o controlo em tempo real do dia-a-dia das equipas, através do conhecimento prévio do plano de instalações a visitar mensalmente, elaborado por georreferenciação em ortofotomapas.

A aplicação da metodologia desenvolvida não se confina ao contexto da exploração de sistemas de saneamento básico adoptado no âmbito deste trabalho, estendendo-se, de forma natural, a toda a actividade de prestação de serviços com características similares à abordada.

6- Referências

- Carvalho, J. M. C. d. (2004). *Logística*, Edições Sílabo, Lda. 3.ª Edição, 189-221, ISBN: 972-618-279-4.
- Clark, R. J. (2008). *Service Operations Management - Improving Service Delivery*, Prentice Hall. ISBN: 978-1-4058-4732-2.
- Fitzsimmons, J. A., Fitzsimmons, M. J. (1994). *Service Management for Competitive Advantage*, MacGraw-Hill International Editions. ISBN: 0-07-021217-1.
- Vigo, D., Toth, Paolo (2002). *The Vehicle Routing Problem*, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications. SIAM, Philadelphia.
- Bellmore, M., Nemhauser, G. L. (1968). *The traveling salesman problem: A survey*. Operations Research. vol. 16, pp. 538-558.
- Cordeau, J-F, Laporte, G., Savelsbergh, M.W.P., Vigo, D. (2007). Vehicle Routing, In Barnhart, C., Laporte, G. (Eds.), *Handbook in OR & MS*. vol.14, pp 367-428.
- Hartman, R. (2003). Contracting Water and Wastewater Utility Operations. How-to Guide No. 8, 1-18.

Evolução do desempenho de lojas de retalho ao longo do tempo utilizando o índice de *Malmquist*

Clara Vaz^{a*}, Ana Camanho^b

^aEscola Superior de Tecnologia e Gestão
 Instituto Politécnico de Bragança
 Campus Santa Apolónia, 134, 5301-857 Bragança, Portugal
 clvaz@ipb.pt

^bFaculdade de Engenharia da Universidade do Porto
 Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal
 ucamanho@fe.up.pt

* Corresponding Author

Abstract

Este artigo avalia a evolução do desempenho de lojas de base alimentar de um retalhista Europeu. A técnica de *Data Envelopment Analysis* e o índice de *Malmquist* são combinados com a técnica de *bootstrap* para medir as alterações de produtividade entre os anos de 2002 e 2004, e identificar as alterações consideradas estatisticamente significativas. Na avaliação de desempenho ao longo do tempo há que ter em conta dois efeitos: a variação de eficiência técnica de cada loja e a alteração da fronteira da tecnologia. O índice de *Malmquist* permite captar correctamente estes dois efeitos. A variação da eficiência técnica mede a evolução da capacidade de cada loja em aproximar-se dos melhores níveis observados nas unidades de referência. A alteração da fronteira da tecnologia traduz a evolução verificada nas práticas das melhores lojas, que indicam os melhores níveis de produtividade alcançáveis no período em análise, e o rumo a seguir numa perspectiva de melhoria contínua.

Keywords: *Data Envelopment Analysis, Efficiency, Malmquist index, Bootstrap, retail.*

1- Introdução

A técnica de *Data Envelopment Analysis* (DEA) e o índice de produtividade total de *Malmquist* têm sido largamente usados para avaliar a evolução de produtividade de organizações, em vários sectores da economia. As suas vantagens prendem-se com o facto de permitirem acomodar tecnologias de produção com múltiplos inputs e outputs e de não necessitarem de informação relativa aos preços dos recursos utilizados e resultados produzidos. A decomposição do índice de produtividade total de *Malmquist*

permite, adicionalmente, obter informações sobre as causas de variação da evolução do desempenho.

No entanto, a técnica de DEA tem sido criticada na literatura pelo facto da sua natureza determinística não permitir acomodar o erro aleatório inerente aos dados, não fornecendo informação sobre o erro associado aos valores de eficiência obtidos pelos modelos. Para ultrapassar este problema, Simar e Wilson [1998, 1999] desenvolveram a técnica de *bootstrap* aplicada aos resultados dos modelos de DEA. A utilização combinada da técnica de DEA, índice de *Malmquist* e *bootstrap* torna possível a caracterização da evolução do desempenho das unidades de decisão (DMUs - *Decision Making Units*) considerando apenas os efeitos estatisticamente significativos. Esta abordagem tem sido efectivamente pouco utilizada na literatura como referiu Odeck (2009). Neste estudo, pretende-se utilizar esta abordagem para avaliar a evolução do desempenho das lojas de uma empresa de retalho (hipermercados e supermercados) entre os anos 2002 e 2004.

A secção seguinte fornece uma breve descrição da empresa utilizada como Caso de Estudo. A secção 3 descreve a metodologia usada na avaliação do desempenho das lojas de retalho ao longo do tempo. Os resultados obtidos e as suas implicações são discutidos na secção 4. Finalmente a secção 5 apresenta as principais conclusões.

2- Caso de Estudo

O sector de retalho em Portugal é dominado por quatro grupos comerciais, que operam num mercado oligopolista caracterizado por uma intensa concorrência. Esta tem sido avivada pelas ofensivas das lojas de desconto, que se diferenciam pelos preços baixos. Neste contexto de intensa concorrência do sector e conseqüente diminuição de margens, a avaliação e melhoria dos níveis de eficiência é um factor chave na gestão das cadeias de retalho.

A cadeia de retalho analisada neste artigo surge com dois formatos de lojas no mercado Português: hipermercados e supermercados. A operação da loja é gerida a dois níveis, pelo departamento central e pelos responsáveis da loja. O departamento central define a estrutura de funcionamento comum a todas as lojas e controla o seu desempenho. Cada

loja tem por objectivo maximizar as vendas e gerir da melhor forma os recursos disponíveis (área, stock, pessoal e encargos gerais).

A análise de desempenho das lojas é baseada numa política de gestão por objectivos. Os indicadores de desempenho utilizados pela empresa consistem em rácios que comparam os valores efectivamente obtidos por cada loja com o histórico e com os objectivos definidos pelo orçamento. Genericamente, o orçamento da loja define o objectivo relativo aos diversos indicadores de desempenho.

Verifica-se que a avaliação de desempenho realizada pela empresa implica a preparação e análise de múltiplos relatórios relativos aos vários indicadores de desempenho das lojas o que torna a análise do histórico e o processo de orçamentação complexo. Para facilitar e agilizar estes processos, pretende-se desenvolver uma metodologia que permita caracterizar a evolução do desempenho das lojas. Numa primeira fase, pretende-se utilizar a técnica de DEA para definir uma medida de eficiência para cada loja que tenha em conta as várias vertentes do seu desempenho. Numa segunda fase, pretende-se caracterizar o desempenho das lojas ao longo do tempo. Na avaliação de desempenho das lojas ao longo do tempo é necessário distinguir dois efeitos: a variação de eficiência técnica de cada loja e a alteração da fronteira da tecnologia. O índice de *Malmquist* permite captar correctamente estes dois efeitos. A variação da eficiência técnica mede a evolução da capacidade de cada loja em aproximar-se dos melhores níveis observados nas unidades de referência. A alteração da fronteira da tecnologia traduz a evolução verificada nas práticas das melhores lojas, que indicam os melhores níveis de produtividade alcançáveis no período em análise. Esta informação é importante porque permite caracterizar o histórico do desempenho das lojas e apoiar o processo de definição de objectivos para cada loja.

Este estudo avalia o desempenho de 70 lojas que incluem 14 hipermercados (hiper) e 56 supermercados (super).

3-Metodologia

3.1-Modelo de DEA

A técnica de DEA foi utilizada para avaliar a eficiência das lojas. Considere-se o modelo original de Charnes et al [1978], com economias de escala constantes (CRS:

Constant Returns to Scale) e orientação aos outputs, o que decorre do objectivo primordial do retalho, correspondente à maximização das vendas.

Considere-se que n DMUs designadas por j ($j = 1, \dots, n$) utilizam m inputs x_{ij} (x_{1j}, \dots, x_{mj}) $\in \mathbb{R}_+^m$ na obtenção de s outputs y_{rj} (y_{1j}, \dots, y_{sj}) $\in \mathbb{R}_+^s$. A eficiência relativa da DMU₀ pode ser avaliada usando o modelo de programação linear (1):

$$\text{Max}\{h_0 | x_{i0} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, i = 1, \dots, m, h_0 y_{r0} \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}, r = 1, \dots, s, \lambda_j \geq 0\} \quad (1)$$

O modelo (1) avalia a eficiência técnica (E) da DMU₀ que corresponde ao inverso de h_0^* . A solução óptima do modelo (1), h_0^* , corresponde ao factor máximo com que todos os outputs da DMU₀ podem ser expandidos tendo em conta os recursos utilizados. A medida de eficiência atingirá o valor um quando a DMU avaliada for considerada eficiente, enquanto valores inferiores indicarão a existência de ineficiências. As unidades com um nível de eficiência igual a um estão situadas na fronteira do conjunto das possibilidades de produção (PPS) identificado pelo modelo de DEA. Uma unidade ineficiente é definida como aquela em que existe evidência de que, utilizando um nível igual ou inferior de todos os inputs, poderia produzir um nível de outputs superior ao que actualmente produz. Note-se que o valor de eficiência técnica pura da DMU₀ é calculado incluindo a restrição adicional $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ no modelo (1). Neste caso, a fronteira do conjunto de possibilidades de produção é caracterizada por rendimentos variáveis à escala (VRS - *Variable Returns to Scale*).

Para corrigir os valores de eficiência tendo em conta o erro aleatório inerente aos dados, utilizou-se a abordagem proposta por Simar e Wilson [1998]. Estes autores propuseram o método de *bootstrap* aplicado à técnica de DEA (*smooth bootstrap*) para proceder à inferência estatística dos valores de eficiência calculados pelos modelos DEA. Assim, é possível estimar para cada DMU, o intervalo de confiança da eficiência, o factor de correcção de eficiência (*bias*) e a eficiência corrigida (*bias-corrected efficiency*). Os valores da eficiência corrigida foram utilizados para a avaliação do desempenho das lojas.

3.2-Índice de Malmquist

Para avaliar a evolução da produtividade das lojas entre os períodos t e $t + 1$, usou-se o índice de produtividade total de *Malmquist*. O índice de produtividade total de

Malmquist de Färe et al. [1994a] para uma DMU entre os períodos t e $t + 1$ é calculado pela expressão (2).

$$I = \left[\frac{E^t(t+1) E^{t+1}(t+1)}{E^t(t) E^{t+1}(t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Em termos de notação, E representa a eficiência técnica de cada DMU avaliada. O valor entre parêntesis associado à eficiência E representa o período em que a DMU é avaliada. O expoente de E representa a tecnologia de referência utilizada para calcular a eficiência da DMU. Por exemplo, $E^t(t)$ corresponde à eficiência técnica de uma DMU observada no período t calculada em referência à fronteira do período t . $E^t(t)$ é igual ao inverso da solução óptima obtida no modelo (1), isto é, $E^t(t) = 1/h_0^*$. Observe-se que os valores de eficiência das DMUs num dado período calculados com referência a outro período, $E^t(t+1)$ e $E^{t+1}(t)$, podem ter um valor superior a 1. Por exemplo, $E^{t+1}(t)$, será superior a 1 se o vector input-output da DMU do período t estiver fora do conjunto de possibilidades de produção relativo ao período $t + 1$.

Em termos de interpretação, valores do índice de produtividade total (I) superiores a 1 correspondem a melhoria do desempenho. O cálculo do índice de *Malmquist* deve ser baseado na tecnologia de rendimentos constantes à escala, podendo estimar-se as variações de produtividade associadas a mudanças de escalas através da decomposição do índice em vários factores, tal como proposto em Färe e Grosskopf [1996].

Färe et al. [1994a,b] propuseram uma decomposição do índice de *Malmquist* (I) em três componentes: (i) IE : índice de mudança da eficiência técnica pura medida segundo rendimentos variáveis à escala, (ii) SE : índice de mudança de eficiência de escala e (iii) IF : índice de mudança de tecnologia, medido segundo rendimentos constantes à escala. A decomposição resultante é apresentada na expressão (3).

$$I = IE \times SE \times IF \quad (3)$$

As fórmulas de cálculo de cada componente, IE , SE e IF são apresentadas nas expressões (4), (5) e (6), respectivamente. As eficiências que estão assinaladas pela notação $|v$ são medidas utilizando como referência a fronteira de rendimentos variáveis à escala (fronteira VRS).

$$IE = \frac{E^{t+1}(t+1)^{1/v}}{E^t(t)^{1/v}} \quad (4)$$

$$SE = \frac{S^{t+1}(t+1)}{S^t(t)} = \frac{\frac{E^{t+1}(t+1)^{1/v}}{E^{t+1}(t+1)^{1/v}}}{\frac{E^t(t)^{1/v}}{E^t(t)^{1/v}}} \quad (5)$$

$$IF = \left[\frac{E^t(t)}{E^{t+1}(t)} \frac{E^t(t+1)}{E^{t+1}(t+1)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

A mudança da eficiência técnica pura (4) avalia em que medida a produção da DMU se aproxima dos melhores valores observados da fronteira VRS em cada período, isto é, se a sua eficiência técnica pura aumenta entre t e $t + 1$. Por esta razão, essa componente é designada por factor de *catching up*. Assim, valores maiores do que 1 indicam que a produção da DMU em análise em $t + 1$ está mais próxima da fronteira VRS do que em t .

A mudança de eficiência de escala (5) de uma DMU é definida pelo rácio entre as eficiências de escala verificadas nos períodos $t + 1$ e t , isto é, $S^{t+1}(t + 1)$ e $S^t(t)$, respectivamente. Por exemplo, $S^t(t)$ é a eficiência de escala para o período t , sendo definida pela razão entre a eficiência técnica medida à fronteira CRS do período t , e a eficiência técnica pura medida à fronteira VRS do período t [Banker et al., 1984]. A eficiência de escala mede o impacto da escala na operação da DMU e avalia a capacidade de obtenção da produtividade máxima. Assim, SE avalia em que medida a DMU se aproxima dos valores da produtividade máxima (MPSS - *Most Productive Scale Size*) entre o período t e $t + 1$. Caso o índice SE seja maior do que 1 significa que a posição da DMU em $t + 1$ está mais próxima dos valores de MPSS do que no período t .

A mudança de tecnologia (6) mede radialmente a distância entre as fronteiras CRS relativas aos períodos t e $t + 1$. Valores do índice IF maiores do que 1 significam que a produtividade da fronteira em $t + 1$ é superior à produtividade da fronteira em t , isto é, ocorreu progresso técnico (ou tecnológico). O índice de mudança de tecnologia (IF) permite, para cada DMU, comparar o posicionamento das fronteiras da tecnologia em cada um dos períodos de tempo.

Para além de analisar individualmente a mudança da tecnologia (IF) para cada DMU, é possível avaliar globalmente se a fronteira do período $t + 1$ relativamente à fronteira

do período t progride, regride ou se se verificam simultaneamente as duas situações (zonas com cruzamento de fronteiras). Para isso, é necessário avaliar a posição relativa das fronteiras para o conjunto das DMUs observadas. Observe-se que o mais relevante é saber se as DMUs no momento mais recente ($t + 1$) estão localizadas em zonas onde a fronteira de $t + 1$ é mais produtiva do que a fronteira do período anterior. Isto significa que o cruzamento das fronteiras deve ser explorado apenas para a combinação de recursos e resultados das DMUs observadas no período mais recente, o que corresponde à análise do rácio seguinte: $E^t(t + 1)/E^{t+1}(t + 1)$. Na prática, podem surgir as seguintes situações entre t e $t + 1$: (i) se o rácio é sempre superior a um para todas as DMUs avaliadas significa que ocorreu progresso tecnológico. (ii) se o rácio for sempre inferior a um para todas as DMUs avaliadas significa que ocorreu retrocesso tecnológico. (iii) Se existir pelo menos um rácio inferior a 1 e outro superior a 1 significa que há combinações produtivas onde se observou progresso tecnológico e outras em que se observou retrocesso. Isto implica que as fronteiras de t e $t + 1$ se cruzam.

Para avaliar a robustez dos índices estimados para cada DMU, calcularam-se intervalos de confiança para I , IE , SE , IF e $E^t(t + 1)/E^{t+1}(t + 1)$, usando a técnica de *bootstrap* proposta por Simar e Wilson [1999]. Os intervalos de confiança permitem verificar se cada índice é significativamente diferente de 1. Isto significa que se o intervalo contém o valor um não há evidência estatística de que tenham ocorrido alterações significativas. Em oposição, se os limites do intervalo forem inferiores (ou superiores) ao valor 1 significa que há evidência estatística de que ocorreu um declínio (ou progresso). Esta abordagem tem sido relativamente pouco utilizada na literatura, embora se encontrem alguns estudos que apliquem a técnica de *bootstrap* neste contexto [Gilbert e Wilson, 1998; Odeck, 2009; Tortosaausina et al., 2008].

4- Resultados

4.1- Avaliação da eficiência das lojas

Esta secção pretende avaliar o desempenho da actividade operacional das lojas. Tendo em conta que cada loja é responsável pelos resultados que obtém e pela gestão dos recursos disponíveis, definiram-se como inputs a área, o stock, os encargos gerais, os

encargos de pessoal e a quebra, e como output o valor das vendas brutas, como mostra a Figura 1.

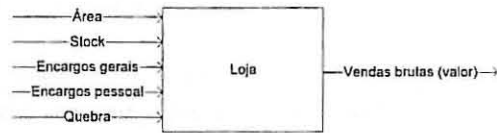


Figura 1- Modelo da actividade operacional da loja

A área representa a dimensão da loja e influencia criticamente as vendas. O stock reflecte o valor médio mensal investido em produtos que cada loja tem disponível para vender. Os encargos gerais referem-se aos custos que cada loja incorre com veículos e deslocações, publicidade, manutenção, energia, gastos administrativos, comunicação, segurança e limpeza. Os encargos de pessoal representam as despesas totais com os funcionários que trabalham na loja. A quebra é o montante anual perdido na loja relativo aos produtos que não se venderam por razões de furto, mau manuseamento e expiração do prazo de validade. Esta variável é um resultado da actividade que se deseja minimizar (i.e., output indesejável). Entre as várias alternativas para a inclusão deste tipo de dados nos modelos de DEA descritas na literatura, optou-se por definir a quebra como um input do modelo. O valor das vendas brutas da loja representa o valor total anual dos produtos vendidos.

Este modelo pretende analisar a capacidade de cada loja em maximizar as vendas com o nível de recursos existentes, o que corresponde a uma análise orientada pelos outputs. O modelo utilizado para avaliar a evolução do desempenho das lojas não considera o efeito da envolvente. Tal deve-se ao facto de a população se manter praticamente constante na envolvente das lojas e da concorrência se alterar apenas para um número reduzido de lojas em 2004.

Utilizou-se o teste proposto por Simar e Wilson [2002], baseado no *bootstrap*, para identificar os rendimentos à escala da actividade das lojas. Os resultados indicaram que há evidência estatística que a actividade das lojas nos anos de 2002 e 2004 exibiu rendimentos variáveis à escala. A técnica de *bootstrap* foi implementada no software R utilizando a *package* FEAR.

Inicialmente calculou-se a eficiência técnica pura para cada loja em cada período, utilizando o modelo (1), seguindo-se uma análise de *bootstrap* para obter os valores da

eficiência corrigida e o factor de correcção de eficiência. Os resultados para as lojas de cada ano resumem-se na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da eficiência técnica pura (Ef. técnica pura), eficiência corrigida (Ef. corrigida) e factor de correcção de eficiência (Factor correcção) das lojas nos períodos 2002 e 2004

		Ano de 2002			Ano de 2004		
		Ef. técnica pura	Ef. corrigida	Factor correcção	Ef. técnica pura	Ef. corrigida	Factor correcção
Supermercados	Média	0.9027	0.8655	0.0333	0.8951	0.8563	0.0319
	Desvio Padrão	0.0890	0.0810	0.0193	0.0824	0.0713	0.0110
Hipermercados	Média	0.9117	0.8534	0.0738	0.9253	0.8595	0.0936
	Desvio Padrão	0.1019	0.0830	0.0362	0.0783	0.0608	0.0237

Os resultados indicam que é insuficiente fazer a avaliação de desempenho com base apenas nos valores de eficiência calculados com os modelos de DEA. Os valores de eficiência corrigida apresentam alguns desvios, com diferentes magnitudes, relativamente aos valores de eficiência originais, devendo ser preferencialmente utilizados. Nos dois anos analisados, as maiores diferenças entre os valores de eficiência originais e os valores corrigidos correspondem maioritariamente às lojas consideradas eficientes no modelo (1). Considerando os valores de eficiência corrigida, os dois formatos das lojas, nos dois anos, mantêm o valor médio de eficiência e apresentam uma dispersão de eficiência idêntica.

4.2- Avaliação da evolução do desempenho das lojas

A utilização integrada da técnica de DEA, índice de *Malmquist* e *bootstrap* permite avaliar a evolução do desempenho das lojas entre o ano 2002, e o ano 2004. Numa primeira análise, calculou-se o índice de *Malmquist*, I , e as suas componentes, IE , SE e IF para as várias lojas, utilizando as expressões (3), (4), (5) e (6) respectivamente. Na segunda análise, para cada loja, estimaram-se os intervalos de confiança relativos ao valor do índice de *Malmquist* e componentes, utilizando a técnica de *bootstrap* proposta por Simar e Wilson [1999]. Esta abordagem permite detectar se as diferenças de produtividade captadas pelo índice de *Malmquist* são significativas. Finalmente, para cada loja, estimaram-se os intervalos de confiança para o rácio $E^{02}(04)/E^{04}(04)$, que constitui o índice de mudança da tecnologia (IF) para as lojas de 2004 com base na técnica de *bootstrap* proposta por Simar e Wilson [1999]. Com este procedimento é possível tirar conclusões robustas sobre a posição relativa das fronteiras dos dois períodos de tempo considerados.

Os resultados obtidos no *bootstrap* para os índices de *Malmquist* e suas componentes (*I*, *IE*, *SE* e *IF*) resumem-se na Tabela 2 para os 14 hipermercados e os 56 supermercados. Os valores dos índices considerados significativamente diferentes de 1 a um nível de confiança de 90% foram designados por estimativas significativas. Nesta tabela, para cada formato das lojas, a primeira coluna indica o número de vezes que ocorreram valores superiores, inferiores ou iguais a 1 em cada um dos índices, e a segunda coluna indica o número de lojas para as quais as estimativas significativas do índice correspondiam a valores maiores ou menores do que 1.

Tabela 2 - Síntese dos resultados do *bootstrap* para *I*, *IE*, *SE* e *IF* para as lojas

		Hipermercados		Supermercados	
		Estimativas originais	Estimativas significativas	Estimativas originais	Estimativas significativas
Produtividade total (<i>I</i>)	Melhoria	12	10	24	17
	Declínio	2	1	32	23
	Estagnação	0	-	0	-
Eficiência técnica pura (<i>IE</i>)	Melhoria	7	2	21	7
	Declínio	2	1	29	12
	Estagnação	5	-	6	-
Eficiência de escala (<i>SE</i>)	Melhoria	4	1	14	7
	Declínio	6	1	41	16
	Estagnação	4	-	1	-
Tecnologia (<i>IF</i>)	Melhoria	14	5	45	15
	Declínio	0	0	11	0
	Estagnação	0	-	0	-

No caso dos hipermercados, dez melhoraram significativamente o desempenho (*I*), em que metade dos casos se deveu à melhoria da produtividade da fronteira (*IF*). Isto significa que se verificou uma evolução nas práticas dos melhores hipermercados em 2004. Verificou-se que um hipermercado piorou significativamente o desempenho devido à diminuição significativa da eficiência de escala (*SE*). Esta loja corresponde ao hipermercado mais pequeno, que por restrições da estrutura física não pode aumentar de dimensão. Neste caso a posição da loja em 2004 está mais afastada dos valores de produtividade máxima do que em 2002. Nos três restantes hipermercados não se observaram alterações significativas de desempenho entre os dois períodos.

No caso dos supermercados, 17 melhoraram significativamente o desempenho (*I*), na maioria dos casos devido à melhoria da produtividade associada à fronteira (*IF*). Isto significa que também se registou uma evolução nas práticas dos melhores

supermercados em 2004. Observou-se que 23 supermercados pioraram significativamente o desempenho (*I*), na maioria dos casos devido à diminuição significativa da eficiência de escala (*SE*) e/ou da eficiência técnica pura (*IE*). Isto significa, que alguns supermercados se afastaram dos melhores níveis observados nas lojas de referência em 2004. As lojas que pioraram a eficiência de escala incluem a unidade de menor dimensão, 2 unidades de dimensão média e 2 lojas de grande dimensão (uma é a de maior dimensão) e 11 unidades que perderam área disponível de venda para estruturas de apoio à área comercial. Nas restantes 16 lojas não se observaram alterações significativas de desempenho entre os dois períodos.

Globalmente os hipermercados tiveram uma evolução mais favorável do que os supermercados. Enquanto nos hipermercados mais de 70% melhoraram o desempenho, nos supermercados apenas 30% melhoraram, e mais de 40% pioraram significativamente. Esta análise e a desagregação em componentes permite à gestão da empresa caracterizar a evolução do desempenho de cada loja identificando as causas significativas que influenciaram o seu desempenho. Esta informação é útil para apoiar o processo de definição de objectivos para cada loja e o rumo a seguir numa perspectiva de melhoria contínua.

Para determinar o posicionamento relativo das fronteiras em 2004 e em 2002, analisou-se o rácio $E^{02}(04)/E^{04}(04)$ correspondente às lojas no ano de 2004, cujos resultados são apresentados na Tabela 3. Apesar de existirem rácios maiores e menores do que 1 para as lojas, verifica-se que apenas existem rácios significativamente diferentes de 1 em 30 lojas (5 hiper e 25 super). Nestas, os valores dos rácios são sempre superiores a 1, o que significa que não há evidência estatística do cruzamento de fronteiras. Conclui-se que a fronteira do período 2004 progrediu relativamente à fronteira do período 2002, não havendo evidência de que as fronteiras de 2002 e 2004 se cruzem.

Tabela 3 - Síntese dos resultados do *bootstrap* para o rácio $E^{02}(04)/E^{04}(04)$ para as lojas

		Estimativas originais	Estimativas significativas
Hipers	Melhoria	14	5
	Declínio	0	0
	Estagnação	0	-
Supers	Melhoria	50	25
	Declínio	6	0
	Estagnação	0	-

4- Conclusões

Este artigo avalia a evolução do desempenho de lojas entre os anos 2002 e 2004 utilizando o índice de *Malmquist* e a técnica de *bootstrap* [Simar e Wilson, 1999]. Para cada loja, o *bootstrap* permite calcular os intervalos de confiança relativos ao índice de *Malmquist* e suas componentes, de forma a identificar as alterações que foram estatisticamente significativas na evolução (ou não) do desempenho de cada loja.

Esta abordagem permite também averiguar se houve evolução das práticas das lojas entre os dois períodos, dando resposta à expectativa da empresa de saber, efectivamente, se a produtividade das lojas melhorou em cada período. Neste caso, é possível determinar as lojas que melhoraram a produtividade, sendo possível identificar as boas práticas que devem ser implementadas pelas lojas com pior desempenho, e o rumo a seguir numa perspectiva de melhoria contínua.

Em relação ao posicionamento relativo das fronteiras nos dois períodos, este pode não ser identificado com rigor pela análise do valor médio do índice de mudança de tecnologia. Por isso, deve-se analisar o rácio que compõe o índice da mudança de tecnologia para a combinação de recursos e resultados das DMUs observadas no período mais recente de forma a verificar se houve progresso ou retrocesso da fronteira, ou se se verificam ambas as situações (fronteiras cruzadas). Para caracterizar a posição relativa das fronteiras de uma forma estatisticamente significativa, utilizou-se a técnica de *bootstrap* para estimar o intervalo de confiança para o rácio do índice da mudança de tecnologia, $E^t(t+1)/E^{t+1}(t+1)$.

Globalmente os hipermercados tiveram uma evolução mais favorável do que os supermercados. Enquanto nos hipermercados mais de 70% melhoraram o desempenho, nos supermercados apenas 30% melhoraram, e mais de 40% pioraram significativamente. Verificou-se que as lojas melhoraram significativamente o desempenho nomeadamente devido à melhoria da produtividade associada à fronteira, o que significa que houve evolução nas práticas das lojas. Observou-se que os supermercados que pioraram significativamente o desempenho, a maioria dos casos deveu-se à diminuição significativa da eficiência, o que significa que se afastaram dos melhores níveis observados nas lojas de referência e/ou dos valores de produtividade máxima em 2004. Esta análise permite caracterizar o histórico do desempenho das lojas

e fornece informação útil para apoiar o processo de definição de objectivos para cada loja no sentido da melhoria contínua.

5- Referências

- Banker, R. D., Charnes, A. e Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. 30(9), 1078–1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*. 2(6), 429-444.
- Färe, R. e Grosskopf, S. (1996). *Intertemporal production frontier: with dynamic DEA*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. e Roos, P. (1994a). *Productivity developments in Swedish hospitals: a Malmquist output index approach*, pages 253–272. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. e Zhang, Z. (1994b). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*. 84(1), 66–83.
- Gilbert, R. A. e Wilson, P. W. (1998). Effects of deregulation on the productivity of Korean banks. *Journal of Economics and Business*. 50(2), 133–155.
- Odeck, J. (2009). Statistical precision of DEA and Malmquist indices: A bootstrap application to norwegian grain producers. *Omega*. 37(5), 1007–1017.
- Simar, L. e Wilson, P. W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management Science*. 44(1), 49–61
- Simar, L. e Wilson, P. W. (1999). Estimating and bootstrapping Malmquist indices. *European Journal of Operational Research*. 115, 459–471.
- Simar, L. e Wilson, P. W. (2002). Non-parametric tests of returns to scale. *European Journal of Operational Research*. 139(1), 115–132.
- Tortosaausina, E., Grifellatje, E., Armero, C. e Conesa, D. (2008). Sensitivity analysis of efficiency and Malmquist productivity indices: An application to spanish savings banks. *European Journal of Operational Research*. 184(3), 1062–1084