

Revista Estudos do I.S.C.A.A., IIª Série, 6/7 (2000/2001)

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA:
CONTRIBUTO PARA UMA REVISÃO DE LITERATURA**

FRANCISCO NUNO ROCHA GONÇALVES

francisco.goncalves@isca.ua.pt

ASSISTENTE DO I.S.C.A.A.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO

II. EFICIÊNCIA PRODUTIVA E METODOLOGIA NÃO-PARAMÉTRICA:
REVISÃO DE LITERATURA

1. EFICIÊNCIA PRODUTIVA

2. A METODOLOGIA NÃO-PARAMÉTRICA

3. VARIÁVEIS AMBIENTAIS

III. PRINCIPAIS CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

I. INTRODUÇÃO

O presente artigo¹ tem por objectivo fundamental apresentar uma metodologia de análise da eficiência produtiva de unidades económicas de produção, bem como alguns conceitos relacionados. Tipicamente, na literatura, estas unidades são quaisquer organizações com uma actividade susceptível de ser analisada numa óptica económica². Por exemplo, são sucursais de um banco, lojas de uma cadeia de retalho, unidades de saúde ou escolas. Existem ainda aplicações empíricas em que as unidades são sujeitos individuais, que são analisados enquanto observações independentes (ex.: Chilingirian, 1995).

Uma metodologia relativamente mais divulgada compreende os métodos econométricos. De facto, os elementos de uma determinada amostra podem ser comparados entre si e assim avaliados, por recurso à estatística. Contudo, normalmente, a estrutura de produção de cada unidade é desconhecida (ex.: não são conhecidas as suas verdadeiras curvas de custo) e este é o argumento fundamental para a adopção de um método não-paramétrico para gerar os índices de eficiência de cada unidade. O método *Data Envelopment Analysis* (DEA) é um método não-paramétrico que permite gerar índices de eficiência, não impondo uma forma funcional paramétrica para a tecnologia de produção.

¹ Este artigo foi elaborado a partir de um trabalho mais vasto, materializado nas provas de Mestrado (Mestrado em Economia, ramo de Economia Industrial e da Empresa) do seu autor, decorridas em Maio de 2000, na Faculdade de Economia do Porto.

² Independentemente da natureza do bem ou serviço aí produzido, procura comparar-se o desempenho de unidades funcionalmente autónomas de gestão de determinados recursos, com vista à produção desse bem ou serviço. As unidades deverão ter uma independência razoável, em matéria de capacidade de decisão sobre níveis de produção e afectação de recursos. Consequentemente, há inúmeras possibilidades para os objectos de estudo, do ponto de vista do seu desempenho económico.

II. EFICIÊNCIA PRODUTIVA E METODOLOGIA NÃO PARAMÉTRICA: REVISÃO DE LITERATURA

De seguida, apresenta-se o conceito de eficiência produtiva e a respectiva decomposição em eficiência técnica pura, eficiência de congestão, eficiência de escala e eficiência alocativa. Descreve-se também uma metodologia não-paramétrica, o *Data Envelopment Analysis*. A secção final deste capítulo releva o papel das forças ambientais.

1. EFICIÊNCIA PRODUTIVA

Os trabalhos pioneiros sobre a medição da eficiência produtiva devem-se a Koopmans (1951) e a Debreu (1951), tendo a abordagem destes autores sido posteriormente aprofundada por Farrell (1957). Um contributo fundamental de Koopmans (1951), referido em Färe, Grosskopf and Lovell (1994, p. 7), foi a proposta de uma definição de eficiência, actualmente designada de eficiência técnica, segundo a qual “um vector de *outputs* (*inputs*) é tecnicamente eficiente se e só se o aumento de um *output* (a diminuição de um *input*) for possível apenas com a diminuição de um outro *output* (o aumento de outro *input*)”. Este conceito de eficiência permite distinguir, para uma dada tecnologia de produção, entre combinações de *outputs* ou *inputs* eficientes e não eficientes.

Contudo, a definição de Koopmans não permite determinar o grau de eficiência de um vector de *outputs* ou *inputs* ou identificar o conjunto de vectores eficientes que sirva como conjunto de referência de um vector ineficiente. Farrell (1957, p. 255), quando explora o trabalho de Koopmans, refere que a definição de eficiência técnica de Koopmans deve ser interpretada como uma medida relativa, ou seja, a eficiência técnica de um vector de *outputs* ou *inputs* deve ser determinada relativamente a um conjunto de referência.

Debreu (1951) desenvolveu uma medida concreta de eficiência técnica. O “coeficiente de utilização de recursos” proposto por Debreu (1951) permite identificar os vectores de *inputs* tecnicamente

eficientes e medir o grau de eficiência técnica desses vectores. O coeficiente de utilização de recursos é calculado como 1 (um) menos a redução equiproporcional máxima de todos os *inputs*, mantendo-se constante a quantidade inicial do(s) *output(s)* (Lovell, 1993, p. 10). Se o coeficiente for igual a um, então o vector dos *inputs* é tecnicamente eficiente, dado que não é possível diminuir os *inputs*, sem diminuir a quantidade de pelo menos um *output*. Um coeficiente inferior à unidade indica ineficiência técnica.

A medida de eficiência técnica de Debreu (1951) é radial. Uma medida de eficiência técnica radial implica que a procura do maior (menor) vector de *outputs* (*inputs*) possível (isto é, eficiente) está restringida por uma regra de equiproporcionalidade. Um vector de *inputs* ou *outputs* tecnicamente eficiente de acordo com a medida de Debreu, não é necessariamente tecnicamente eficiente de acordo com a definição de Koopmans (1951). Contudo, um vector de *inputs* ou *outputs* que seja tecnicamente eficiente de acordo com a definição de Koopmans (1951) é considerado tecnicamente eficiente pela medida de Debreu (1951). A localização de um vector de *inputs* ou *outputs* na fronteira de produção é condição suficiente para que esse vector seja considerado tecnicamente eficiente utilizando a medida de Debreu (1951), todavia não é condição suficiente de acordo com a definição de Koopmans (1951). Neste caso, dado um vector de *inputs* ou *outputs* localizado na fronteira de produção, pode ainda ser possível reduzir (aumentar) a quantidade de pelo menos um *input* (*output*).

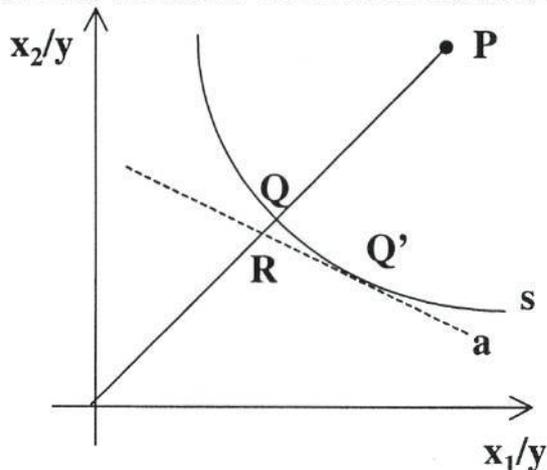
A medida radial de eficiência técnica apresenta algumas vantagens. Por um lado, é uma medida independente das unidades de medida dos *inputs* ou dos *outputs*. Por outro lado, possibilita uma interpretação simples das variações dos *inputs* ou dos *outputs*.

Na sequência dos trabalhos de Debreu e Koopmans, Farrell (1957) desenvolveu o conceito de eficiência alocativa, que reflecte a capacidade de uma unidade de produção para seleccionar correctamente o vector de *inputs* tecnicamente eficiente, dados os preços dos *inputs*. Partindo do pressuposto de que uma unidade de produção tem como objectivo a minimização do custo, Farrell (1957) define a medida de eficiência produtiva (ou global) como o produto da

medida de eficiência técnica e da medida de eficiência alocativa.

A figura 2.1 ilustra as medidas de eficiência técnica e alocativa de Farrell (1957). Pressupondo rendimentos constantes à escala, a isoquanta s representa a isoquanta unitária, e os eixos representam as quantidades necessárias de x_1 e x_2 para produzir uma unidade de *output*.

Figura 2.1. Medidas de Eficiência de Farrell



Fonte: Adaptado de Farrell (1957)

Seja P o vector das quantidades de *inputs* (x_1, x_2) utilizado por uma unidade de produção para produzir uma unidade de *output*. Por definição, qualquer combinação de factores na isoquanta³ s é considerado tecnicamente eficiente. Sendo a medida de eficiência técnica radial, a combinação de factores P é comparada com a combinação Q , que resulta da intersecção da isoquanta s com a linha recta que parte da origem e passa pelo ponto P . Então, a medida de eficiência técnica é dada pelo rácio por $OQ/OP < 1$.

Seja o preço relativo dos factores dado pela inclinação da recta a . Se o nível de produção desejado é uma unidade de *output*, a combinação Q' representa o vector de factores óptimo. Q e Q' são combinações tecnicamente eficientes, contudo, dados os preços relativos dos factores, Q não é alocativamente eficiente. Dado que o

³ De momento, não se discute se a isoquanta é conhecida, ou como foi obtida. Esta é uma discussão importante, mas que será introduzida apenas na próxima secção.

custo da combinação R é igual ao custo da combinação Q' , a medida de eficiência alocativa do vector P é dada pelo rácio $OR/OQ < 1$. Por fim, a medida de eficiência global (ou produtiva) da combinação P é dada pelo rácio OR/OP .

Como referimos, a medida de eficiência produtiva é igual ao produto da medida de eficiência técnica e da medida de eficiência alocativa:

$$\frac{OR}{OP} = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} \quad (2.1)$$

Farrell (1957) pressupõe na sua análise que a unidade de produção tem como objectivo a minimização do custo e assume uma tecnologia de produção com rendimentos constantes à escala. Pressupondo a minimização do custo, Färe, Grosskopf and Lovell (1985, 1994) apresentam medidas de eficiência produtiva para tecnologias de produção menos restritivas, em que se assume diferentes hipóteses quanto aos rendimentos à escala e quanto à monotonicidade. Existem outras hipóteses comportamentais que podem ser consideradas na análise da eficiência produtiva. Färe, Grosskopf and Lovell (1985, 1994) também desenvolvem medidas de eficiência produtiva no contexto da maximização da receita e do lucro. Pressupondo a maximização da receita (lucro), a medida de eficiência produtiva e as respectivas componentes são definidas no espaço dos *outputs* (*outputs-inputs*). As propriedades das várias medidas de eficiência produtiva e respectivas componentes são desenvolvidas e demonstradas formalmente em Färe, Grosskopf and Lovell (1985, 1994).

Färe, Grosskopf and Lovell (1983) desenvolveram uma decomposição da medida de eficiência técnica. A principal motivação para esta decomposição reside na identificação das fontes mais importantes da ineficiência técnica observada e ainda na quantificação das diferenças de desempenho entre observações (Färe, Grosskopf and Lovell, 1983). Esta decomposição é também apresentada em Färe, Grosskopf and Lovell (1985, 1994). Nestes trabalhos, Färe, Grosskopf

and Lovell (1985, 1994) incluem quer as medidas radiais, quer as medidas não-radiais⁴.

Dada a decomposição da eficiência técnica, a medida de eficiência produtiva é igual ao produto de quatro medidas de eficiência (Färe, Grosskopf and Lovell (1983, 1985, 1994)). Estas medidas possuem “significado económico e são mutuamente exclusivas e exaustivas” (Färe, Grosskopf and Lovell, 1985, p. 188). Pressupondo que a unidade de produção tem como objectivo a minimização do custo, a medida de eficiência produtiva é dada por:

$$EP(x,y,w) = ETP(x,y) \times EC(x,y) \times ES(x,y) \times EA(x,y,w) \quad (2.2)$$

em que:

$EP(x,y)$ = medida de eficiência produtiva;

$ETP(x,y)$ = medida de eficiência técnica pura;

$EC(x,y)$ = medida de eficiência de congestão;

$ES(x,y)$ = medida de eficiência de escala;

$EA(x,y)$ = medida de eficiência alocativa;

x = vector dos *inputs*;

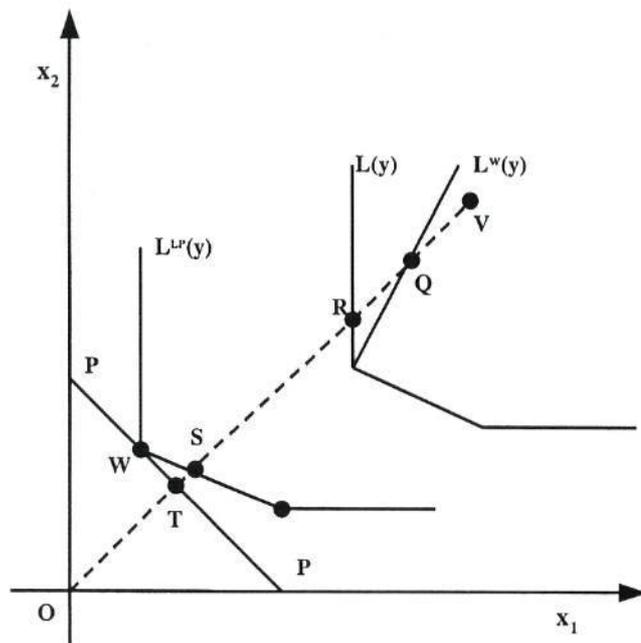
y = vector dos *outputs*;

w = vector dos preços dos *inputs*.

A análise de cada uma destas medidas de eficiência é feita por recurso à figura 2.2.

⁴ Neste artigo, optou-se apenas pela recensão e utilização das medidas radiais. Deste modo, os desenvolvimentos, que se seguem, referem-se a medidas radiais de eficiência.

Figura 2.2. Medida Radial de Eficiência dos *Inputs*



Fonte: adaptado de Färe, Grosskopf and Lovell (1985, p. 189)

Sejam V a combinação de *inputs* utilizada por uma unidade de produção para produzir y e PP a isocusto cuja inclinação representa os preços relativos dos *inputs*. A curva $L^{LP}(y)$ representa a fronteira do conjunto de necessidades de factores, pressupondo-se rendimentos constantes à escala e monotonicidade forte. Esta fronteira representa o conjunto eficiente de longo prazo.

A medida de eficiência técnica, como já referimos, é obtida através da máxima contracção radial das quantidades utilizadas de todos os *inputs*, de modo a que ainda seja possível produzir a mesma quantidade de *output*. Dada a fronteira $L^{LP}(y)$, a combinação $S \in L^{LP}(y)$ é uma combinação tecnicamente eficiente e está localizada sobre o raio OV . A medida de eficiência técnica da combinação V é dada pelo rácio OS/OV .

Dado o preço relativo dos factores, W é uma combinação técnica e alocativamente eficiente. Sendo o custo da combinação T igual ao custo da combinação W , a medida de eficiência alocativa do vector V é dada pelo rácio OT/OS . Este rácio relaciona o custo mínimo de produção de y (aferido em W ou T) com o custo de um vector

tecnicamente eficiente (combinação S).

De acordo com a definição de eficiência produtiva (global) de Farrell (1957), a combinação W é a combinação globalmente eficiente. A localização em W implica quer a redução equiproporcional das quantidades de ambos os *inputs* para se atingir um ponto tecnicamente eficiente, quer a alteração das proporções das quantidades destes *inputs* para se atingir um ponto alocativamente eficiente. A medida de eficiência global da combinação V é dada pelo rácio OT/OV .

A ineficiência de escala ocorre sempre que a unidade de produção não está a operar na escala de operações consistente com o equilíbrio concorrencial de longo prazo, ou seja, num ponto consistente com rendimentos constantes à escala (Färe, Grosskopf and Lovell, 1985, p. 190). A medida de eficiência de escala de uma combinação de *inputs* é calculada através do rácio da medida de eficiência técnica dessa combinação, avaliada em relação a um conjunto eficiente que pressupõe rendimentos constantes à escala, e a medida de eficiência técnica obtida em relação a um conjunto eficiente que pressupõe rendimentos variáveis à escala. A curva $L(y)$ representa a fronteira do conjunto de necessidades de factores, pressupondo rendimentos variáveis à escala e monotonicidade forte. Dados $L(y)$ e $L^{LP}(y)$, a medida de eficiência de escala da combinação de *inputs* V é dada por OS/OR .

A medida de eficiência técnica pura de uma combinação de *inputs* é uma medida de eficiência técnica avaliada em relação a um conjunto eficiente que não impõe a propriedade da monotonicidade forte, $L^W(y)$. No caso da combinação de *inputs* V , a medida de eficiência técnica pura é dada pelo rácio OQ/OV .

O conceito de eficiência de congestão, ou eficiência estrutural, foi introduzido por Färe and Svensson (1980). Este conceito é consistente com a noção de que a congestão de *inputs* ocorre sempre que o aumento de algum(ns) *input(s)* implica uma diminuição do *output* ou quando o decréscimo de um ou vários *inputs* implica um aumento do *output* (Färe, Grosskopf and Lovell, 1985).

A ineficiência estrutural ou de congestão resulta da produção numa região não económica em que o produto marginal é negativo

(Färe, Grosskopf and Lovell, 1985). A medida de eficiência estrutural da combinação V é dada pelo rácio OR/OQ . Esta medida é obtida pelo rácio da medida de eficiência técnica de V calculada relativamente a $L(y)$ (conjunto eficiente com monotonicidade forte) e a medida de eficiência técnica desta combinação avaliada relativamente a $L^W(y)$ (conjunto eficiente pressupondo a não monotonicidade forte).

A tabela 2.1 apresenta a decomposição da medida de eficiência produtiva obtida com base nos dados da figura 2.2.

Tabela 2.1. Decomposição da Medida de Eficiência Produtiva

Medidas de Eficiência	Rácios
Produtiva (ou Global)	OT/OV
Alocativa	OT/OS
Técnica	OS/OV
Escala	OS/OR
Congestão	OR/OQ
Técnica Pura	OQ/OV

Existem vários trabalhos empíricos na área dos cuidados de saúde, que apresentam a decomposição da medida de eficiência produtiva, ou global. Exemplos desses trabalhos são Banker, Conrad and Strauss (1986), Byrnes and Valdmanis (1995), Ferrier and Valdmanis (1996) e Mobley and Magnussen (1998).

2. A METODOLOGIA NÃO-PARAMÉTRICA

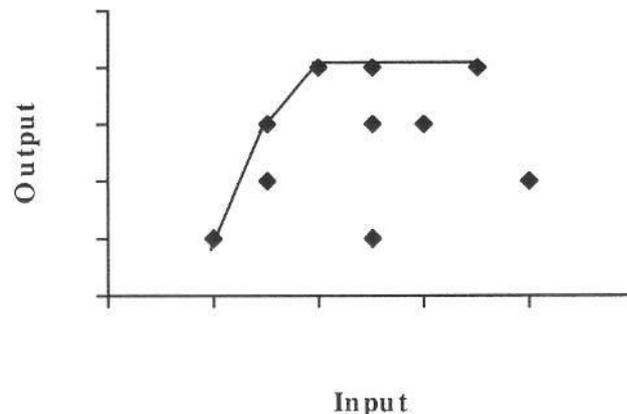
Na literatura existem duas abordagens à análise da eficiência que foram sendo desenvolvidas e aplicadas em paralelo ao longo do tempo: a abordagem paramétrica e a abordagem não-paramétrica. A principal diferença entre estas duas abordagens reside na especificação ou não especificação de uma forma funcional paramétrica para a tecnologia de produção.

Dado que este artigo apresenta a metodologia não-paramétrica, procurar-se-á nesta secção apresentar a essência desta abordagem e

referir as contribuições mais relevantes que foram feitas ao longo do tempo.

A abordagem não-paramétrica é frequentemente designada por *Data Envelopment Analysis* (DEA), visto que gera a fronteira de produção como uma curva envelope das observações. A fronteira de produção é constituída por combinações lineares das observações extremas, resultando uma fronteira formada por segmentos de recta lineares. A figura 2.3 ilustra como é gerada a curva envelope das observações para uma amostra hipotética.

Figura 2.3. Curva Envelope Gerada por DEA



A fronteira de produção não-paramétrica é utilizada como a tecnologia de referência para medir a eficiência produtiva de um dado vector de *outputs* ou *inputs*. A eficiência de um vector de *inputs* (*outputs*) é medida pela distância deste vector relativamente à fronteira de produção não-paramétrica, sendo esta distância dada pela redução (expansão) radial máxima possível do vector. Este procedimento é consistente com as medidas de eficiência de Debreu (1951) e Farrell (1957) (Färe, Grosskopf and Lovell, 1985, 1994).

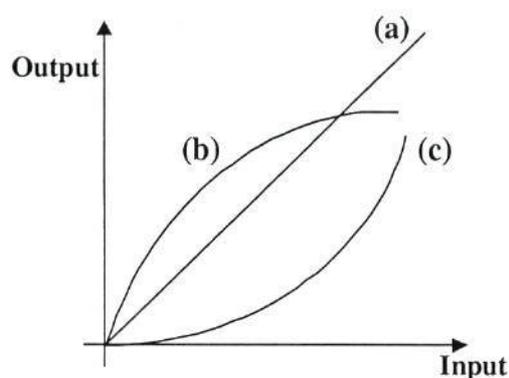
O método não-paramétrico foi inicialmente utilizado por Farrell (1957) e Farrell and Fieldhouse (1962), que construíram uma tecnologia de produção não-paramétrica pressupondo hipóteses muito restritivas quanto aos rendimentos à escala. Afriat (1972) demonstrou como se podia gerar uma fronteira de produção não-paramétrica

eliminando a restrição de rendimentos constantes à escala.

Charnes, Cooper and Rhodes (1978) generalizaram a medida de eficiência técnica de Farrell no contexto de múltiplos *inputs* e *outputs*, utilizando a abordagem DEA. A fronteira não-paramétrica em Charnes, Cooper and Rhodes (1978) pressupunha rendimentos constantes à escala. Banker, Charnes and Cooper (1984) geram medidas de eficiência técnica e de escala no contexto de vários *inputs* e *outputs*, identificando se os rendimentos à escala são crescentes, decrescentes ou constantes. Pressupondo diferentes hipóteses quanto aos rendimentos à escala e quanto à monotonicidade da tecnologia de produção, Färe, Grosskopf and Lovell (1985, 1994) geram várias fronteiras de produção não-paramétricas no contexto de múltiplos *inputs* e *outputs*.

A figura 2.3 ilustra simplificadaamente três tecnologias de produção com diferentes rendimentos à escala. Esta ilustração contempla apenas um *output* e um *input*.

Figura 2.3. Tipos de Rendimentos à Escala

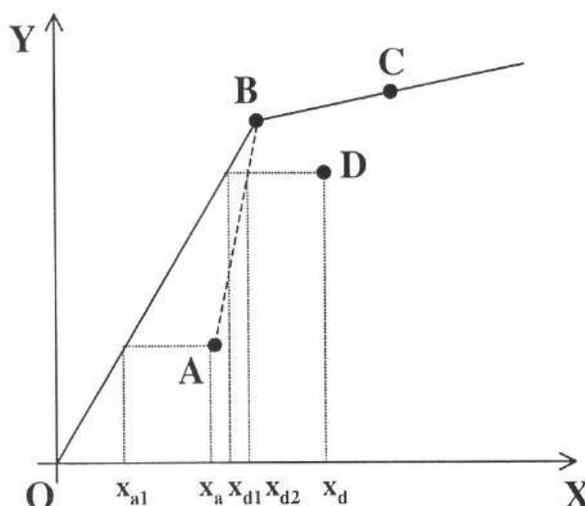


O segmento de recta (a) representa uma tecnologia com rendimentos constantes à escala, em que é constante a relação *input/output*. A tecnologia de produção com rendimentos crescentes à escala é dada pela curva (c), visto que o aumento de quantidade de *input* implica um acréscimo mais que proporcional da quantidade do *output*. Por fim, se o acréscimo de *input* produzisse um aumento menos que proporcional de *output*, estaríamos na presença de

rendimentos decrescentes à escala, como na curva (b).

Pressupondo um output e um input, consideramos a figura 2.5, em que cada ponto A, B, C, e D representa uma observação diferente.

Figura 2.5. Rendimentos à Escala no Método DEA



Fonte: Adaptado de Färe, Grosskopf and Lovell (1985)

Uma medida simples de eficiência é o rácio do *output* por unidade de *input*. Dado que em B este rácio é máximo, a curva envolvente das observações é [OB]. O ponto A não está nesta fronteira e o grau de (in)eficiência técnica é dado por $x_{A1}/x_A (<1)$. Nesta análise, pressupõem-se rendimentos constantes à escala.

As medidas de eficiência, apresentadas na secção anterior, podem ser geradas pressupondo que a tecnologia de produção exhibe rendimentos não crescentes à escala ou rendimentos variáveis à escala. Assumindo rendimentos não crescentes à escala (rendimentos variáveis à escala), a curva envelope das observações seria [OBC] ($[x_AABC]$).

Em relação à observação D, o índice de ineficiência técnica é igual a x_{D1}/x_D , pressupondo rendimentos não crescentes ou rendimentos constantes à escala. No caso de rendimentos variáveis à escala, o índice de ineficiência técnica é igual a x_{D2}/x_D .

Charnes *et al.* (1982, 1983) desenvolvem um tipo de modelos de DEA, designados de modelos multiplicativos, que implicam uma

alteração na geometria habitual das curvas envelope. Estes modelos geram curvas envelope constituídas por segmentos de recta não lineares, do tipo *log-lin* ou Cobb-Douglas.

Os modelos aditivos de DEA, propostos por Charnes *et al.* (1985), geram fronteiras do tipo linear e permitem considerar múltiplos *inputs* e *outputs*, bem como rendimentos à escala variáveis.

Os modelos DEA foram, adicionalmente, aperfeiçoados após o reconhecimento da presença de variáveis de *input* ou *output* não discricionárias (fora do controlo da unidade de produção). Banker and Morey (1986a) apresentam uma aplicação empírica que contempla variáveis de *input* não discricionárias.

A introdução de variáveis *dummy* ou discretas nos modelos DEA é sugerida e apresentada em Banker and Morey (1986b). Charnes *et al.* (1995, p. 53) sugerem um modelo DEA com múltiplas variáveis não contínuas.

Charnes *et al.* (1995, p. 55) referem algumas técnicas para incorporar informação prévia na análise. Nos modelos DEA não existem restrições para o peso relativo de cada *input* e *output*, para além da restrição de não-negatividade. A imposição de algumas restrições evitará que a solução proponha quantidades de *input* ou *output* excessivamente baixas ou elevadas, tornando a solução pouco verosímil.

Lovell (1993) refere a introdução de propriedades estatísticas no DEA como um objecto de investigação importante, embora reconheça que não existe experiência empírica suficiente para avaliar a confiança dos modelos existentes. A generalidade dos modelos e aplicações de DEA são determinísticos, impossibilitando a inferência estatística. Esta é a maior crítica à metodologia não-paramétrica e o desenvolvimento do DEA estocástico pode vir a permitir ultrapassá-la.

Färe, Grosskopf and Lovell (1985, p. 193) referem algumas vantagens e desvantagens às características da abordagem não-paramétrica à análise da eficiência produtiva. Em primeiro lugar, é uma abordagem flexível que permite o cálculo de medidas de eficiência na perspectiva quer dos *inputs*, quer dos *outputs*. Em segundo lugar, os índices de eficiência calculados por este método são

o limite superior do grau de eficiência de uma dada observação, dado que são derivados por referência à curva envelope do conjunto de todos os dados da amostra. Por fim, qualquer desvio em relação à curva envelope é interpretado como sendo ineficiência. Porém, a ineficiência pode ser apenas parte da verdadeira explicação, devido ao papel de factores exógenos, a diferenças de qualidade ou a outros factores não contemplados na análise (Färe, Grosskopf and Lovell, 1985).

Em suma, as desvantagens do método DEA determinístico são a impossibilidade de exercer inferência estatística sobre as estimativas e ainda o facto de a fronteira envelope ser calculada a partir de um subconjunto de observações extremas, sendo por isso, muito sensível a erros de medida e à presença de *outliers*. Porém, a utilização de fronteiras paramétricas estocásticas também é sensível a *outliers*.

3. VARIÁVEIS AMBIENTAIS

As unidades de produção, independentemente da sua natureza, são influenciadas pelo ambiente em que se inserem. As contingências ambientais podem englobar um conjunto vasto de factores como, por exemplo, a estrutura da propriedade (pública ou privada), a localização geográfica, o poder dos sindicatos e condicionamentos legais específicos. Note-se que estes factores estão, em geral, fora do controlo da gestão das unidades de produção e podem explicar diferenças no grau de eficiência das unidades de produção.

Coelli, Rao and Battese (1997, p. 166) apresentam quatro técnicas que podem ser utilizadas para explicar as diferenças observadas nos índices de eficiência, calculados para cada observação de uma amostra.

Na primeira técnica, selecciona-se uma variável que distingue as observações de uma amostra (*e.g.*, localização geográfica). Tendo em conta esta variável, hierarquizam-se as observações e geram-se índices de eficiência para cada observação, em que o seu conjunto de referência é composto apenas pelas observações com a mesma localização geográfica ou por observações com localizações mais

desfavorecidas. Por exemplo, na análise da eficiência produtiva de unidades comerciais localizadas numa área suburbana vs. no centro da cidade, não seria correcto gerar índices de eficiência para as unidades suburbanas, considerando no seu conjunto de referência as unidades localizadas no centro da cidade. Em termos de desvantagens, esta técnica não permite que se considere mais do que uma variável de cada vez, e obriga a que se defina *a priori* o sentido de influência desta variável no grau de eficiência.

A segunda técnica aplica-se a casos em que o factor ambiental não permite a ordenação das observações (*e.g.*, tutela pública ou privada). Nestas condições, divide-se a amostra inicial em várias sub amostras, de acordo com a variável ambiental, e geram-se índices de eficiência para cada observação de cada sub amostra. De seguida, comparam-se os índices de eficiência das várias sub amostras. Esta técnica não permite que se considere mais do que uma variável ambiental.

Na terceira técnica, as variáveis ambientais são consideradas como *inputs* ou *outputs* da unidade de produção e, conseqüentemente, são incluídas no cálculo dos índices de eficiência. Coelli, Rao and Battese (1997) referem que, apesar deste método ser preferível aos anteriores, continua a ser necessário conhecer *a priori* o sentido de influência destas variáveis sobre o grau de eficiência, o que nem sempre é possível.

A quarta técnica consiste numa abordagem bi-etápica. Na primeira etapa da análise, são gerados os índices de eficiência para cada observação da amostra. Na segunda etapa, os índices de eficiência são relacionados com as variáveis ambientais seleccionadas, através de um modelo econométrico de variável dependente limitada (*e.g.*, *Tobit* ou *Probit*). As vantagens do método bi-etápico são a simplicidade na estimação econométrica (Lovell, 1993, p. 53), a par da não imposição de um sentido de influência das variáveis ambientais sobre o grau de eficiência (Coelli, Rao and Battese, 1997, p. 168).

Existem vários estudos empíricos que utilizaram a abordagem bi-etápica e o método DEA na análise da eficiência produtiva das instituições hospitalares (*e.g.*, Kooreman, 1994; Ferrier and

Valdmanis, 1996; Burgess and Wilson, 1998).

III. PRINCIPAIS CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Neste artigo apresentou-se um método de análise da eficiência produtiva. Os resultados empíricos, resultantes da aplicação das metodologias descritas, indicam a proporção de unidades económicas que é eficiente, de acordo com cada conceito de eficiência.

Apresentou-se o conceito de eficiência produtiva (ou económica ou custo, se na perspectiva da minimização do custo⁵). A ineficiência global resulta da existência de ineficiência técnica e ineficiência alocativa. Assim, obtêm-se resultados (por virtude das decomposições possíveis) para os índices de eficiência alocativa e para os índices de eficiência técnica. Os meios concretos para melhorar a eficiência das observações podem ser vários e a sua escolha deverá ser feita através de um estudo individualizado de cada caso. É ainda possível investigar as fontes de ineficiência alocativa das unidades observadas.

O índice de eficiência de escala para além de permitir hierarquizar as unidades económicas, possibilita a identificação do tipo de rendimentos à escala presentes em cada unidade.

Apesar de não ser um procedimento consensual é possível relacionar cada um dos índices de eficiência com várias variáveis explicativas, caracterizadoras do ambiente de inserção das unidades produtivas.

As limitações dos estudos que empregam estes métodos são várias e resultam, essencialmente, da indisponibilidade de alguns dados relevantes, da qualidade dos dados disponíveis e das desvantagens inerentes ao método DEA.

O método DEA gera a fronteira de produção como uma curva envolvente das observações da amostra, sem especificar uma forma funcional paramétrica para a tecnologia de produção. O desconhecimento da tecnologia de produção de cada unidade e da sua

⁵ É possível trabalhar na perspectiva da produção ou do custo. Basta atender à dualidade entre estas duas funções.

estrutura (e.g., rendimentos à escala) é a razão fundamental da adopção de um método não-paramétrico para gerar os índices de eficiência. Contudo, a metodologia DEA apresenta alguns problemas. Dado que o DEA é um método não estocástico, não é possível conduzir testes de hipóteses sobre a significância estatística dos índices de eficiência e todos os desvios relativamente à fronteira de produção são considerados como ineficiência. Assim, a investigação tem avançado no sentido do desenvolvimento do método DEA estocástico.

Tendo em conta que a fronteira de produção é gerada como uma curva envolvente das observações da amostra, este método é sensível à presença de *outliers*.

Apesar das limitações apontadas, conclui-se que a utilização do DEA na análise da eficiência de unidades produtivas, proporciona informações valiosas para a melhoria das respectivas actividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRIAT, S. N. (1972), "Efficiency Estimation of Production Functions", *International Economic Review*, Vol. 13, nº 3, 568-598.
- BANKER, R. and R. MOREY (1986a), "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs", *Operations Research*, Vol. 34, nº 4, 531-521.
- BANKER, R. and R. MOREY (1986b), "The Use of Categorical Variables in DEA", *Management Science*, Vol. 32, nº 12, 1613-1627.
- BANKER, R., A. CHARNES and W. COOPER (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in DEA", *Management Science*, Vol. 30, nº 9, 1078-1092.
- BANKER, R., R. CONRAD and R. STRAUSS (1986), "A Comparative Application of DEA and Translog Methods: an Illustrative Study of Hospital Production", *Management Science*, 32, nº 1, 30-44.
- BURGESS, J. and P. WILSON (1998), "Variation in Inefficiency among US Hospitals", *INFOR*, Vol. 36, nº 3, 84-101.
- BYRNES, P. and V. VALDMANIS (1995), "Analyzing Technical and Allocative Efficiency of Hospitals", in Charnes, A., W. Cooper, A. Lewin and L. Seinfeld (editores), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, USA: Kluwer Academic Publisher.
- CHARNES, A., W. COOPER and E. RHODES (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, nº 6, 429-444.

- CHARNES, A., W. COOPER, A. LEWIN and L. SEIFORD (1995), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, USA: Kluwer Academic Publisher.
- CHARNES, A., W. COOPER, B. GOLANY, L. SEIFORD and J. STUTZ (1985), "Foundations of DEA for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions", *Journal of Econometrics*, Vol. 30, nº 1, 91-107.
- CHARNES, A., W. COOPER, L. SEIFORD and J. STUTZ (1982), "A Multiplicative Model for Efficiency Analysis", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 16, nº 5, 223-224.
- CHARNES, A., W. COOPER, L. SEIFORD and J. STUTZ (1983), "Invariant Multiplicative Efficiency and Piecewise Cobb-Douglas Envelopments", *Operations Research Letters*, Vol. 2, nº 3, 101-103.
- CHILINGERIAN, J. (1995), "Exploring Why Some Physicians' Hospital Practices are More Efficient: taking DEA inside the hospital", in CHARNES, A., W. COOPER, A. LEWIN and L. SEINFORD (editores), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, USA: Kluwer Academic Publisher.
- COELLI, T., D. RAO and G. BATTESE (1997), *An Introduction to Productivity and Efficiency Analysis*, USA: Kluwer Academic Publisher.
- DEBREU, G. (1951) "The Coeficient of Resource Utilization", *Econometrica*, Vol. 19, nº 3, 273-292.
- FÄRE, R. and L. SVENSSON (1980), "Congestion of Production Factors", *Econometrica*, Vol. 48, nº 7, 1745-1753.
- FÄRE, R. and S. GROSSKOPF (1985) "A Non-parametric Cost Approach to Scale Efficiency", *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 87, nº 4, 594-603.
- FÄRE, R., S. GROSSKOPF and K. LOVELL (1983) "The Structure of Technical Efficiency", *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 85, nº 2, 181-190.
- FÄRE, R., S. GROSSKOPF and K. LOVELL (1985), *The Measurement of Efficiency of Production*, USA: Kluwer-Nijhoff Publishing.
- FÄRE, R., S. GROSSKOPF and K. LOVELL (1994), *Production Frontiers*, Great Britain: Cambridge University Press.
- FARRELL, M. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, Vol. 120, Part III, 253-290.
- FARRELL, M. and M. FIELDHOUSE (1962), "Estimating Efficient Production Functions under Increasing Returns to Scale", *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, Vol. 125, Part II, 252-267.
- FERRIER, G., and V. VALDMANIS (1996), "Rural Hospital Performance and its Correlates", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 7, nº 1, 63-80.
- KOOPMANS, T. C. (1951), "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities", in Koopmans, T. C. (editor), *Activity Analysis of Production and Allocation*, New York: Wiley.
- KOOREMAN, P. (1994), "Nursing Home Care in the Netherlands: a Nonparametric Efficiency Analysis", *Journal of Health Economics*, Vol. 13, nº 3, 301-316.
- LOVELL, K. (1993), "Production Frontiers and Productive Efficiency", in FRIED, H., K. LOVELL and S. SCHMIDT (editores), *The Measurement of Productive Efficiency*,

USA: Oxford University Press.

MOBLEY, L. and J. MAGNUSSEN (1998), "An International Comparison of Hospital Efficiency: does Institutional Environment Matter?", *Applied Economics*, Vol. 30, nº 8, 1089-1100.

1089-1100.