

O MÉTODO DEA E ANÁLISE DE CORRELAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DE EMPRESAS, COM APLICAÇÃO A EMPRESAS TURÍSTICAS

El método DEA y el análisis de correlación para evaluación de
eficiencia de empresas, con aplicación a empresas turísticas

The DEA method and analysis of correlation for company efficiency,
applied to tourism companies

Fernanda Alves Rocha Guimarães

fe.alves@gmail.com

Faculdade Estácio de Sá de Belo Horizonte

Mestrado em Turismo e Meio Ambiente Centro Universitário UNA

Especialização em Marketing - Faculdade Estácio de Sá de Belo Horizonte

Especialização em Planejamento, Gestão e Ensino em Turismo - Centro Universitário Newton Paiva, CNP

Graduação em Turismo - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC

Mauri Fortes

mauri.fortes@terra.com.br

Centro Universitário UNA

Pós-Doutorado - Purdue University, P.U

Doutorado em Engenharia Agrícola e de Alimentos - Purdue University, P.U

Mestrado em Ciências Técnicas Nucleares - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

Especialização em Corporate Finance - New York Institute of Finance

Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

Wanyr Romero Ferreira

wanyr@terra.com.br

Centro Universitário UNA

Doutorado em Doctorat de l'Université Paul Sabatier - Université de Toulouse III (Paul Sabatier), U.T. III

Mestrado em Dirección y Gestión de Empresas Turísticas - Escuela de Administración de Empresas

Mestrado em Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

Especialização em Engenharia Térmica - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

Ricardo Viana Carvalho de Paiva

ricardovcp@una.br

Centro Universitário UNA

Mestrado em Administração - Fundação Getúlio Vargas - RJ

Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

Correspondência

Rua S. Gonçalo do Abaeté - 72

Bairro Santa Branca

31565-050 - Belo Horizonte - MG

Data de Submissão: 16/11/2009

Data de Aprovação: 17/08/2010

RESUMO

A análise por envoltória de dados (DEA) tem-se mostrado uma técnica segura para avaliar e comparar unidades de negócios que podem incluir uma ou múltiplas empresas, municípios ou regiões. Devido à sua simplicidade, ela é uma técnica que pode se tornar particularmente importante nas situações altamente complexas encontradas quando da tomada de decisões associadas ao turismo. Neste trabalho propõe-se uma metodologia que envolve o uso associado da técnica não-paramétrica DEA e da análise estocástica (paramétrica) de correlação. A utilidade do método é avaliada pela sua aplicação na solução de dois problemas-exemplo associados ao turismo. O primeiro exemplo mostra a avaliação da eficiência relativa das diferentes unidades de uma cadeia de *fast food* e permite afirmar que a técnica proposta pode ser aplicada diretamente à cadeia de restaurantes, agências de viagens, etc. O segundo exemplo relaciona-se com a avaliação da eficiência de hotéis de uma cadeia, com base em duas variáveis de saída: satisfação do cliente e relação custo-benefício, e seis variáveis de entrada (relacionadas a custos): preço, conveniências, conforto do quarto, controle de temperatura, serviço e qualidade dos alimentos. Os resultados mostram que o método proposto é altamente eficaz quando usado para eliminar variáveis de entrada ou de saída significativamente correlacionadas.

PALAVRAS-CHAVE: Data Envelopment Analysis. DEA Estocástica. Eficiência em turismo

RESUMEN

El análisis por envoltura de datos (DEA) ha demostrado ser una técnica segura para evaluar y comparar unidades de negocios que pueden incluir una o múltiples empresas, municipios o regiones. Debido a su sencillez, es una técnica que puede llegar a ser particularmente importante en las situaciones altamente complejas encontradas cuando se produce la toma de decisiones asociadas al turismo. En este trabajo se propone una metodología que involucra el uso asociado de la técnica no-paramétrica DEA y del análisis estocástico (paramétrico) de correlación. La utilidad del método es evaluada por su aplicación en la solución de dos problemas-ejemplo asociados al turismo. El primer ejemplo muestra la evaluación de la eficiencia relativa de las diferentes unidades de una cadena de fast food y permite afirmar que la técnica propuesta puede ser aplicada directamente a la cadena de restaurantes, agencias de viajes, etc. El segundo ejemplo se relaciona con la evaluación de la eficiencia de hoteles de una cadena con base en dos variables de salida: satisfacción del cliente y relación costo-beneficio, y seis variables de entrada (relacionadas a costos): precio, conveniencias, comodidad de la habitación, control de la temperatura, servicio y calidad de los alimentos. Los resultados muestran que el método propuesto es altamente eficaz cuando es usado para eliminar variables de entrada o de salida significativamente correlacionadas.

PALABRAS CLAVE: Data Envelopment Analysis. DEA Estocástica. Eficiencia en turismo.

ABSTRACT

Data envelopment analysis (DEA) has been proven to be a safe technique, broadly used to evaluate and compare decision making units, which may include one or multiple companies, municipalities or regions. Due to its simplicity, this technique can become particularly important in the tourism sector given the highly complex situations encountered in associated decision making processes. This paper proposes a methodology that involves the coupled use of the non-parametric DEA technique and the stochastic or parametric correlation analysis. The usefulness of the method is assessed by its application to solve two tourism-related example problems. The first example problem shows the evaluation of the relative efficiencies of different units (restaurants) of a fast food chain and that the proposed technique can be

applied directly to restaurant chains, car rental and travel agencies, etc. The second example is related to the evaluation of the efficiencies of hotel units of a chain, based upon two desired output variables, guest satisfaction and benefit-cost ratio, and seven (cost-related) input variables, namely, price, conveniences, room comfort, temperature control, service and food quality. The results point that the proposed method is highly efficient when used to eliminate significantly correlated input or output variables.

KEY-WORDS: Tourism efficiency, Data Envelopment Analysis. Stochastic DEA

1 INTRODUÇÃO

Empresas que possuem diversas unidades de negócios com características distintas necessitam, também, de avaliação de suas eficiências relativas, uma vez que fatores idênticos ou semelhantes influenciam, de maneira diferente, a produtividade de cada unidade (KOZYREFF FILHO & MILIONI, 2004). A determinação das eficiências relativas de unidades de negócio ou tomadoras de decisão pode levar ao estabelecimento de mecanismos para melhorar o desempenho atual da empresa bem como introduzir novas tecnologias e elevar a produção de forma racional. Esses mecanismos podem incluir novas técnicas gerenciais para elevação do nível de produção e produtividade, além de se usarem os dados para fins de planejamentos estratégicos, táticos e operacionais (TUPY & YAMAGUCHI, 1998).

Banker, Charnes & Cooper (1984) e Souza (2003) apresentam os dois tipos de eficiência, plausíveis de serem aplicados a processos de produção e de serviços:

- **Eficiência técnica** – refere-se à competência com que os insumos utilizados no processo são transformados em produtos, ou quando não existem outros processos ou combinações de processos que alcancem o mesmo nível de produção com um nível inferior de insumos. Relaciona-se ao aspecto físico da produção.

- **Eficiência econômica** – está ligada ao processo de otimização de custo e de lucro. Considera-se um processo produtivo como sendo economicamente eficiente quando não existe outro processo, ou combinações de processos, que ofereçam uma produção igual a um custo menor. É uma extensão da eficiência técnica, uma vez que o custo e o lucro envolvem aspectos físicos e monetários.

Os métodos de medição de eficiência são classificados em métodos paramétricos e não paramétricos, conforme admitam, ou não, uma forma funcional para a tecnologia de produção. Os métodos não paramétricos mais usados são a Análise por Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA) e os números índices; os métodos paramétricos envolvem técnicas estocásticas, como a análise de correlação e os modelos de regressão (MARQUES & SILVA, 2006). Dentre essas técnicas, a avaliação da eficiência relativa de unidades estratégicas ou tomadoras de decisão de empresas, cidades, estados e regiões pode ser efetuada somente por meio da DEA (FUCHS & ZACH, 2004; BROWN & RAGSDALE, 2002; RAGSDALE, 2004).

Mais especificamente, a DEA é uma técnica multivariável, não paramétrica, que utiliza a programação linear (PL) para diferenciar as eficiências de unidades tomadoras de decisão ou DMUs (Decision Making Units), ou seja, de unidades semelhantes que têm o mesmo objetivo de converter entradas em saídas (CHARNES *et al.*, 1994; KASSAI, 2002).

Em estatística, a amostra a ser utilizada em testes de hipóteses e intervalos de confiança, deve consistir de variáveis com leis de probabilidade conhecidas (normal, exponencial, binomial, etc.). Essas técnicas são freqüentemente chamadas de paramétricas pelo fato que os procedimentos experimentais são projetados para gerar informação sobre parâmetros específicos, tais como médias, desvios-padrões, etc., e tirar proveito da lei de probabilidade conhecida. Normalmente, os métodos paramétricos exigem que os dados amostrais venham de uma população normalmente distribuída (LARSON, 1982; TRIOLA, 2005; SÁ, 2007). O coeficiente de correlação é a medida mais popular de associação entre dados contínuos e seu uso constitui uma técnica de inferência estatística. A correlação difere da regressão uma vez que, na análise de correlação, todas as variáveis são presumidas serem aleatórias e desempenharem um papel simétrico, sem diferenciar entre variáveis dependentes e independentes (SÁ, 2007). Outro método estatístico, o método de

equações estruturais (MEE) é uma técnica estatística multivariada que permite o uso de relações separadas para cada conjunto de variáveis dependentes. A análise fatorial, análise de trajetória e regressão representam casos especiais do método de equações estruturais (REYNOLDS & TAYLOR, 2009). Assim, o MEE é uma técnica de estimação apropriada e eficiente quando usada para substituir um conjunto de equações de regressão múltipla separadas, interdependentes, que devem ser estimadas simultaneamente. Os métodos estatísticos não permitem análise de eficiência com múltiplas entradas e saídas.

Apesar da extensa literatura envolvendo modelos e aplicações da DEA a diferentes áreas, pode-se afirmar que há poucos trabalhos associados ao uso acoplado de métodos paramétricos e não paramétricos (MARQUES & SILVA, 2006; SIMAR & ZELENYUK, 2008; REYNOLDS & TAYLOR, 2009). Geralmente não se efetuam testes para se avaliar a significância ou relevância dos dados de entrada ou saída. De maneira ideal, esses testes deveriam ser simples e equivalentes a testes-*t* de parâmetro de regressão (HORSKY & NELSON, 2006).

No turismo, como em outras áreas, para identificar e comparar organizações de alto desempenho há necessidade do uso de técnicas de avaliação do desenho organizacional, desenvolvimento de produto e implantação de estratégia (FUCHS, 2004; FUCHS & ZACH, 2004). Cumpre citar que a avaliação de empresas, cidades ou circuitos turísticos envolve avaliação de demanda e oferta associada a fenômenos sociais, econômicos, políticos e ambientais, que refletem efeitos temporais tais como sazonalidades, baixos investimentos, alta rotatividade de funcionários graduados ou não e dificuldade de planejamento de médio e longo prazos.

Assim, este trabalho tem dois objetivos:

- apresentar uma forma simples de acoplamento de método paramétrico (análise de correlação) à DEA, para análise de eficiências relativas de empresas em geral;
- mostrar a aplicação da técnica proposta ao setor de turismo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As diferentes e principais técnicas estatísticas, usadas em inferência e quantificação em geral, encontram-se prontamente disponíveis na imensa literatura, como, por exemplo, em Sá (2007), que apresenta não só técnicas multivariáveis de regressão e análise de correlação, como, também, técnicas de análise fatorial. Uma revisão sobre equações estruturadas encontra-se em Reynolds & Taylor (2009).

A DEA tem por base a estimação de uma fronteira eficiente composta pelos dados de DMUs que representam as melhores práticas (benchmarks) de produção na amostra (unidades eficientes de Pareto) (BANKER *et al.*, 2004; KOZYREFF FILHO & MILIONI, 2004; GOMES, MANGABEIRA & MELO, 2005).

As principais características e vantagens da DEA são (CHARNES, COOPER & RHODES, 1978; CHARNES *et al.*, 1994; MARQUES & SILVA, 2006): soluções relativas; orientação para as entradas (fontes, inputs) ou saídas (outputs); facilidade em lidar com múltiplas entradas e saídas; adoção dos melhores resultados como elementos de comparação; não admissão de uma forma paramétrica para fronteira ou para a ineficiência quando associada ao erro; natureza conservativa das avaliações e decomposição da natureza da eficiência em várias componentes.

A DEA é uma técnica oriunda da programação linear que visa avaliar a eficiência relativa de unidades tomadoras de decisão (Decision Making Units ou DMUs). A técnica DEA efetua uma avaliação pela comparação entre DMUs que realizam tarefas semelhantes com diferentes quantidades de insumos (entradas) e de bens produzidos (saídas). A eficiência de uma unidade é definida como sendo a soma dos pesos ponderados das saídas, dividida pela soma dos pesos ponderados das entradas, e é medida em relação a uma fronteira. Esta fronteira é definida pela pontuação das unidades consideradas como 100% eficientes, dentro do universo pesquisado. Basicamente, a DEA provê uma classificação categórica das unidades em eficientes e ineficientes ao permitir retornos de escala tanto constantes - modelo CCR (CHARNES *et al.*, 1994), quanto variáveis - modelo BCC (BANKER *et al.*, 2004) para as entradas e saídas.

Devido à interação com outras disciplinas, tais como a economia e a estatística, já existe vasta literatura sobre DEA cobrindo sua aplicação em várias áreas. Assim, a técnica de DEA tem sido usada para medir o desempenho de unidades de decisão e seu uso se expandiu a áreas de aplicação que incluem, dentre outras:

- abordagem do índice de qualidade de vida de crianças em função do desenvolvimento de países (RAAB et al., 2000);
- avaliação de desenvolvimento humano (DESPOTIS, 2005; DESPOTIS, 2004; MAHLBERG & OBERSTEINER, 2001; SAGAR & NAJAM, 1998);
- avaliação da efetividade de políticas públicas de desenvolvimento em infra-estrutura (KARKAZIS & THANASSOULIS, 1998);
- desenvolvimento sustentável de países (CHERCHYE & KUOSMANEN, 2004);
- agricultura, setor público e serviços (VIVERITA & ARIFF, 2004; RAJA, 2004; PEREIRA, 2004);
- análise dos fatores de qualidade dos serviços de bancos (CASU & GIRARDONE, 2004; PAVLYUK & BALASH, 2004);
- eficiência na área de saúde (KONTODIMOPOULOS & NIAKAS, 2004; STAAT, 2004).

No Brasil, também já existem trabalhos utilizando DEA aplicada, entre outras, às áreas de:

- análise de demonstrações contábeis (KASSAI, 2002);
- eficiência de escolas públicas (MOITA, 1995);
- metodologia de premiação em olimpíadas (GOMES et al., 2001);
- planejamento na indústria de transformação (DE NEGRI, 2003);
- engenharia de produção – apoio a tomada de decisão (MOREIRA, 1998; LINS et al., 2004; MELLO & GOMES, 2004);
- determinação de eficiências na agricultura e em sistemas de informação (GOMES et al., 2005);
- determinação de eficiência na produtividade em fazendas (HELFAND, 2003).

Mais especificamente na área de turismo, existem várias publicações no exterior, dentre elas:

- análise de eficiência de cadeia de Pousadas de Portugal (BARROS, 2005), de restaurantes (REYNOLDS, 2003; RAGSDALE, 2004) e de hotéis (BROWN & RAGSDALE, 2002; SUN & LU, 2005; HSIEH & LIN, 2009);
- análise da eficiência do gerenciamento turístico de municípios (BOSETTI, CASSINELLI & LANZA, 2003);
- avaliação da eficiência em programas estatais de publicidade em turismo e a identificação de parceiros ótimos de comparação por benchmarking (WÖBER & FASENMAIER, 2004);
- formulação de estratégias de benchmarking (FUCHS & ZACH, 2004; PYO, 2001);
- pesquisa de estratégia de marketing em turismo (CHANDRA & MENEZES, 2001);
- produtividade de marketing de uma cadeia de hotéis (KEH, CHU & XU, 2006);
- seleção de parceiros de benchmarking na indústria de hospitalidade (MOREY & MOREY, 1999; DAVUTYAN, 2001).

No Brasil, há trabalhos em que se utilizaram outros modelos de avaliação, tais como o TedQual – Tourism Education Quality (MIRANDA & ZOUAIN, 2008) para avaliar a qualidade em educação e formação turística e o ServQual (VEIGA & FARIAS, 2005) para analisar a percepção de qualidade pelos hóspedes em pousadas. Salazar, Farias e Lucian (2009) efetuaram um estudo exploratório e investigaram o papel do pessoal de linha de frente no comportamento de satisfação dos clientes de cinco restaurantes, por meio de quinze entrevistas, usando análise de conteúdo. A aplicação da técnica DEA ao turismo pode ser encontrada em Romero (2006), Fortes et al. (2006), Castro *et al.* (2008) e Born *et al.* (2008), dentre outros.

3.1 Análise por Envoltória de Dados – DEA (Data Envelopment Analysis)

Pelo método CCR da DEA, a eficiência de uma unidade arbitrária i é definida por (CHARNES *et al.*, 1994; RAGSDALE, 2004; BROWN & RAGSDALE, 2002):

$$\text{Eficiência da unidade } i = \frac{\text{Soma ponderada das unidades de saída } i}{\text{Soma ponderada das unidades de entrada } i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_0} O_{ij} w_j}{\sum_{j=1}^{n_1} I_{ij} v_j} \quad (1)$$

Sendo:

O_{ij} = valor da unidade i na saída j

I_{ij} = valor da unidade i na entrada j

w_j = peso atribuído à saída j

v_j = peso atribuído à entrada j

n_0 = número de saídas variáveis

n_1 = número de entradas variáveis

O problema da DEA consiste em determinar os valores para as variáveis de decisão, ou seja, os pesos w_j e v_j , que maximizam a eficiência (Equação 1). Esta equação é não linear e Charnes *et al.* (1994), propuseram a técnica, mostrada a seguir, para transformá-la em linear. Neste trabalho adotar-se-á o modelo de DEA orientado pela saída, ou seja, o modelo CCR. Um problema separado de programação linear é resolvido para cada unidade em um problema de DEA. Para uma unidade i arbitrária, a função objetivo é:

$$\text{MAX: } \sum_{j=1}^{n_0} O_{ij} w_j \quad (2)$$

Com as restrições:

$$\sum_{j=1}^{n_0} O_{kj} w_j - \sum_{j=1}^{n_1} I_{kj} v_j \leq 0, \text{ para } k \text{ variando de } 1 \text{ ao número de unidades.} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{n_1} I_{ij} v_j = 1 \quad (4)$$

Assim, ao se resolver cada problema de programação linear, a unidade sob investigação oferece a oportunidade de selecionar as melhores possibilidades de pesos para ela mesma ou os pesos que maximizam a soma dos pesos de sua saída.

Quando se aplica a DEA, é importante ressaltar que, para as variáveis de saída, considera-se que "mais é melhor" (por exemplo, o lucro), e para as variáveis de entrada "menos é melhor" (por exemplo, os custos). Quaisquer variáveis de saída ou de entrada que não estejam naturalmente em conformidade com estas regras podem ser transformadas antes de se aplicar a DEA (CHARNES *et al.*, 1994; KASSAI, 2002).

Neste trabalho, as soluções dos problemas de eficiência foram obtidas por meio do suplemento Solver do Excel. Detalhes de implementação do método encontram-se em Fortes *et al.* (2006).

3.2 Análise de Correlação de Dados

Ao se efetuar uma análise de correlação de dados entre variáveis visa-se a análise da existência ou não de relação entre elas. O coeficiente de correlação linear r (também chamado de *coeficiente de correlação de produto de momentos de Pearson*) é a medida utilizada para determinar o grau de intensidade da relação linear entre duas variáveis quantitativas (TRIOLA, 2005; GUJARATI, 2006). As variáveis são tratadas simetricamente, não havendo distinção entre as variáveis dependente e explanatória. Pressupõe-se também que as duas variáveis sejam aleatórias.

Assim a medida habitual da precisão de uma relação entre duas variáveis x e y é o coeficiente de correlação (r_{xy}) que pode ser calculado a partir da covariância entre duas variáveis x e y (cov_{xy}) e seus respectivos desvios-padrões (s_x e s_y) pelas expressões (GRIFFITHS *et al.*, 1999):

$$\begin{aligned} cov_{xy} &= \frac{(x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{x})(y_2 - \bar{y}) + \dots + (x_N - \bar{x})(y_N - \bar{y})}{N} \\ &= \frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \end{aligned} \quad (1)$$

Ou de uma forma mais simplificada

$$cov_{xy} = \frac{1}{N} \sum x_i y_i - \bar{x} \bar{y} \quad (2)$$

A correlação r_{xy} é definida por

$$correlação = r_{xy} = \frac{cov_{xy}}{s_x s_y} \quad (3)$$

Esta normalização pelos desvios-padrão S_x e S_y tem o efeito de fazer de r_{xy} um número sem dimensão que é independente das unidades nas quais x e y são medidos. Quando definido, o r_{xy} variará de -1 , que significa uma relação negativa perfeitamente linear entre x e y , a 1 , que indica uma relação positiva perfeitamente linear entre x e y . Se $r_{xy} = 0$ não há nenhuma relação linear entre as variáveis. É importante notar, contudo, que às vezes não há nenhuma relação linear entre duas variáveis, mas existe uma relação regular não-linear entre elas, e assim, uma variável pode ser perfeitamente predita pela outra (REIS, 2008).

Os valores estatisticamente significativos de correlação podem ser obtidos por meio de tabelas tais como a Tabela 1 (simplificada). Quando o valor absoluto de r exceder o valor na tabela tem-se uma correlação linear significativa; caso contrário, não há evidência suficiente para se afirmar que existe uma correlação linear significativa. Na Tabela 1, n representa o número de pares de dados amostrais (TRIOLA, 2005).

Tabela 1 – Exemplos de valores críticos do coeficiente de correlação de Pearson r , em função do número de repetições, n .

n	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	n	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
...
8	0,707	0,834	30	0,361	0,463
9	0,666	0,798	35	0,335	0,430
10	0,632	0,765	40	0,312	0,402
11	0,602	0,735	45	0,294	0,378
12	0,576	0,708	50	0,279	0,361
...

Fonte: TRIOLA, 2005

3.3 Análise por Envoltória de Dados acoplada a análise paramétrica

A DEA, por ser uma técnica não-paramétrica, não requer, em princípio, uma investigação do relacionamento estatístico entre as variáveis de saída e as de entrada.

Para Jubran (2006), em uma análise de eficiência DEA, para a redução do número de *outputs* sugere-se a exclusão de medidas de desempenho que não estejam fortemente relacionadas com os objetivos da organização. Esta é uma visão que não considera os aspectos estatísticos.

Entretanto, neste trabalho, propõe-se a verificação da correlação existente nos subconjuntos de entrada (*inputs*) e saída (*outputs*). O motivo para esta avaliação de correlação é que variáveis significativamente correlacionadas apresentam ponderação excessiva quando se aplica a DEA e devem, portanto, ser substituídas por apenas uma delas. Esta mudança de metodologia de análise, por evitar excesso de ponderação de variáveis, pode ocasionar alterações significativas no resultado das eficiências. Por outro lado, a existência deste relacionamento pode ser útil, pois a consequente redução de número de variáveis permitirá, possivelmente, uma análise mais clara de causas e efeitos e eventual simplificação dos modelos.

Conseqüentemente, ao invés de técnicas estatísticas mais complexas, utilizou-se, neste trabalho, o coeficiente de correlação de produto de momentos de Pearson para determinar o grau de intensidade da relação linear entre duas variáveis aleatórias quantitativas (TRIOLA, 2005; GUJARATI, 2006; GRIFFITHS *et al.*, 1999). É importante notar, contudo, que pode não haver nenhuma relação linear entre duas variáveis, mas pode existir uma relação regular não-linear entre elas, de tal forma que uma variável pode ser estatisticamente predita pela outra (GRIFFITHS *et al.*, 1999).

3.4 Definição dos exemplos de aplicação

Um problema importante em análise pela DEA é a seleção de parâmetros de entrada e saída, que depende dos objetivos do sistema de gestão turística. Os trabalhos de Hwang & Chang (2003) e Keh, Chu & Xu (2006) permitem inferir que as entradas e saídas são determinadas pela experiência na formulação e execução de planos operacionais, bem como pela disponibilidade de dados; no caso de empresas turísticas, as entradas incluem, tipicamente, material, pessoal, capital (incluindo marketing) e equipamentos. Esses recursos produzem saídas (receitas) expressas em termos de bens tangíveis e intangíveis de serviços através de operações de atendimento ao cliente e suporte operacional e incluem receitas provenientes da locação de quartos, de alimentos e bebidas, além de receitas operacionais provenientes de locação de espaços lojas, lavanderia, piscina, salões de eventos, salões de beleza e livrarias.

Assim, conforme já mencionado, na literatura revista, encontraram-se relativamente poucos estudos quantitativos de análise de eficiência no setor de turismo, fato que motivou a aplicação do método a este setor. O método paramétrico/ não paramétrico proposto foi aplicado a dois problemas-exemplo:

- O **primeiro exemplo** pode se relacionar à avaliação de eficiências de estabelecimentos prestadores de serviços turísticos. Mais especificamente, no exemplo efetua-se o cálculo de eficiências de uma cadeia de fast food, Steak & Burger, com 12 estabelecimentos em uma mesma região; consideram-se dois dados de entrada e três de saída.

O exemplo a ser analisado pode ser definido a partir dos seguintes dados:

- Número de DMUs: 12 unidades.
- Variáveis de saída: lucro (em \$100.000,00), nível de satisfação dos clientes (em escala de 0 a 10) e percepção de limpeza (em escala de 0 a 100).
- Variáveis de entrada: horas de trabalho (em unidades de \$100.000,00) e total dos custos de operação (em unidades de \$100.000,00).
- Modelo: CCR por ser um modelo mais adequado para a indústria altamente competitiva de hotéis e restaurantes (REYNOLDS, 2003; BROWN & RAGSDALE, 2002; BARROS, 2005; SUN & LU, 2005; HSIEH & LIN, 2009; KEH, CHU & XU, 2006).

- O **segundo exemplo** envolveu a avaliação de desempenho de uma cadeia de hotéis, com seis dados de entrada e dois de saída.

Este exemplo mostra uma análise de eficiência relativa de oito (8) diferentes hotéis americanos fictícios, avaliados, inicialmente, em termos de seis variáveis de entrada e duas de saída.

A análise a ser apresentada pode ser definida a partir dos seguintes dados:

- Número de DMUs: 8 unidades.
- Variáveis de saída: Satisfação e relação benefício-custo avaliadas pelos hóspedes, numa escala de 0 a 10.
- Variáveis de entrada: preço, conveniências, conforto do quarto, controle de temperatura, serviço e qualidade dos alimentos.
- Modelo: CCR

Ambos os exemplos se baseiam em dados de RAGSDALE (2004).

A apresentação dos resultados e a discussão associada, no caso de ambos os exemplos, têm a seguinte seqüência:

- Inicialmente apresentam-se os dados que definem os problemas em termos de entradas, saídas e unidades. Simultaneamente, efetua-se uma análise básica, utilizando apenas a técnica DEA, como é normalmente feito na literatura. Esta fase da análise é chamada de **Análise básica via DEA**.

- A seguir, efetua-se uma análise puramente estatística, utilizando a análise de correlação, visando a identificação das variáveis significativamente correlacionadas. Esta fase da análise é chamada de **Análise de correlação estatística**.

- Finalmente, utilizam-se os dados de correlação e efetuam-se novas análises via DEA, com os dados filtrados dos efeitos de correlação. Esta fase da análise é chamada de **Análise simultânea DEA - Correlação**

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Exemplo 1 - Avaliação das eficiências dos restaurantes de uma cadeia de fast-food por meio da DEA e da DEA-estocástica

Análise básica via DEA

A Tabela 2 mostra, em forma tabular apropriada para planilhas eletrônicas, os dados referentes a este exemplo, nas seis primeiras colunas. Deve-se notar a presença de variáveis objetivas e

duas variáveis de caráter subjetivo associadas à satisfação de clientes e percepção de limpeza, devidamente quantificadas. Esta característica que permite associar diferentes tipos de variáveis é uma propriedade importante da DEA. Outro ponto a salientar é que os valores de eficiência DEA tendem a aumentar com o aumento dos valores das variáveis de saída (dados desejados) e com a redução dos valores das variáveis de entrada (dados de investimento)

A avaliação de eficiências, por meio da técnica DEA apenas, é apresentada na Tabela 2. Os resultados indicam que somente as unidades (restaurantes) 2, 4, 7 e 12 operam com 100% de eficiência relativa (pela análise DEA). Os dados das unidades eficientes permitem observar que:

- Unidade 2: mesmo não tendo dados de entrada baixos, possui altos dados de saída, ou seja, o melhor índice de satisfação dos clientes e o segundo melhor índice de limpeza e de lucro.

- Unidade 4: tem baixos dados de entrada, principalmente de horas de trabalho; não possui os melhores dados de saída que, entretanto, não são os mais baixos.

- Unidade 7: dentre as 12, é a que possui os menores valores de entrada, ou seja, menores custos da unidade, ao mesmo tempo em que apresenta índices relativos adequados de limpeza e de satisfação dos clientes.

- Unidade 12: possui altos valores de saída, o maior índice de lucro, o segundo maior índice de satisfação do cliente e o terceiro melhor de limpeza, com índices compatíveis de entrada.

Tabela 2 – Eficiência DEA para o exemplo 1, relativo à cadeia de restaurantes

Unidades	----- Saídas -----			----- Entradas -----		Eficiência DEA
	Lucro	Satisfação	Limpeza	Horas trabalhadas	Custos operacionais	
1	5,98	7,70	92	4,74	6,75	0,967
2	7,18	9,70	99	6,38	7,42	1,000
3	4,97	9,30	98	5,04	6,35	0,835
4	5,32	7,70	87	3,61	6,34	1,000
5	3,39	7,80	94	3,45	4,43	0,843
6	4,95	7,90	88	5,25	6,31	0,826
7	2,89	8,60	90	2,36	3,23	1,000
8	6,40	9,10	100	7,09	8,69	0,772
9	6,01	7,30	89	6,49	7,28	0,857
10	6,94	8,80	89	7,36	9,07	0,796
11	5,86	8,20	93	5,46	6,69	0,919
12	8,35	9,60	97	6,58	8,75	1,000

Fonte: Ragsdale, 2004.

Uma análise crítica do método DEA, para o caso em questão, permite afirmar que:

- A DEA fornece índices objetivos de eficiência, tendo por base dados de entrada que envolvem custos ou fatores operacionais ou de investimento que devem ser pequenos, relativamente aos das outras DMUs em análise. A DEA fornece também dados de saída que envolvem os objetivos principais da empresa, quase sempre lucro e outras características que mostram a efetividade dos investimentos.

- Entretanto, a DEA não permite analisar a possibilidade de dupla ponderação de dados de entrada ou de saída, que ocorre quando existe alta correlação estatística entre estes dados. De fato, supondo, por exemplo, que dados de entrada apresentem um alto grau de correlação (entre si), uma parte destes dados deveria ser eliminada, para evitar redundância de informação, com conseqüente redução do número de variáveis investigadas e simplificação da pesquisa, sem perda de qualidade.

Análise de correlação estatística

A Tabela 3 mostra os valores de coeficientes de correlação relativos a todas as variáveis de entrada e de saída do problema-exemplo. O número de repetições (Tabela 1), n , igual a 12, refere-se ao número de DMUs.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação do exemplo 1, relativo à cadeia de restaurantes

	Lucro	Satisfação	Limpeza	Horas Trabalhadas	Custos <i>Operacionais</i>
Lucro	1				
Satisfação	0,458	1			
Limpeza	0,342	0,751	1		
Horas Trabalhadas	0,849	0,392	0,352	1	
Custos Operacionais	0,925	0,376	0,292	0,937	1

Para $n = 12$ unidades, o valor crítico de r é 0,576, Tabela 1 (TRIOLA, 2005), no nível de significância $\alpha = 0,05$. Conforme mostrado em negrito na Tabela 3, as correlações que apresentam resultado superior ao valor crítico (em negrito, na tabela) são as existentes entre lucro e horas de trabalho, entre lucro e custos operacionais, entre satisfação e limpeza e entre horas de trabalho e custos de operação. Entretanto, quando se faz a análise pela metodologia DEA, correlações entre as variáveis de saída ou entre as variáveis de entrada não são levadas em consideração. Assim, em outras palavras, no caso de se usar a DEA como único instrumento de decisão, as correlações entre satisfação e limpeza e entre horas de trabalho e custos de operação seriam de pouca valia. Por outro lado, se a análise de correlação fosse adequada a uma melhor avaliação de eficiências (DEA), somente as correlações entre lucro e horas de trabalho e entre lucro e custos operacionais seriam significativas. Por outro lado, deve-se observar a alta correlação entre horas de trabalho e custos operacionais, fato que permite questionar o uso conjunto destes dados, como sendo independentes.

Portanto, a análise de correlação permite inferir que:

- Pode-se questionar em nível de significância $\alpha = 0,05$, a independência estatística dos dados de entrada: horas trabalhadas e custo operacional.

- Pelo mesmo motivo, pode-se, também, questionar a independência entre os dados de entrada de limpeza e de satisfação.

- Portanto, em princípio, o problema poderia, em sua maior parte, ser analisado em termos de apenas um dado de entrada (qualquer deles) e dois dados de saída (lucro e qualquer um dos dois outros, limpeza ou satisfação).

Análise simultânea DEA - Correlação

Apresenta-se, a seguir, na Tabela 4, uma análise de eficiência DEA acoplada aos dados de correlação mostrados na Tabela 3.

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que existem correlações estatísticas que podem ajudar no processo de compreensão, análise e aplicação dos dados disponíveis. Tendo por base os dados de correlação, simularam-se, de novo, o comportamento dos índices de eficiência DEA sob diversas condições dos dados de entrada; os resultados encontram-se na Tabela 4. Esta tabela mostra que:

- conforme indicavam os dados de correlação, a retirada dos dados de limpeza, dada sua baixa correlação com o número de horas trabalhadas e custos operacionais, além de sua correlação significativa com os dados de satisfação, praticamente não afetou os índices de eficiência DEA;

- o mesmo pode ser dito ao se retirarem os dados de satisfação do cliente; não houve modificação devido à correlação entre esses dados e os de limpeza.

- ao se retirarem ambos, os dados de limpeza e de satisfação, a unidade 7 deixou de ser eficiente, indicando que há uma fronteira ligando a combinação de limpeza e satisfação e que a unidade 7 se otimiza nesta fronteira;

- finalmente, ao se retirarem os dados de lucro, ou seja, a saída mais correlacionada aos dados de entrada, praticamente desapareceram as unidades eficientes, ou seja, houve uma disrupção dos dados do problema. A unidade 7 permaneceu eficiente, pois seu ponto de fronteira que era profundamente afetada pelo seu baixo lucro, permaneceu imutável, ou seja, melhorou consideravelmente em termos de eficiência.

Tabela 4 - Eficiências DEA para diversos modelos do exemplo 1, relativo à cadeia de restaurantes

Unidade	Modelos Simulados				
	Completo DEA Simples	Sem dados de limpeza	Sem dados de Satisfação	Sem dados de Limpeza e Satisfação	Sem lucro
1	0,967	0,962	0,967	0,960	0,509
2	1,000	1,000	1,000	1,000	0,491
3	0,835	0,834	0,835	0,816	0,554
4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,632
5	0,843	0,829	0,843	0,799	0,762
6	0,826	0,822	0,826	0,814	0,501
7	1,000	1,000	1,000	0,951	1,000
8	0,772	0,769	0,772	0,765	0,413
9	0,857	0,853	0,857	0,853	0,439
10	0,796	0,796	0,796	0,796	0,364
11	0,919	0,914	0,919	0,910	0,499
12	1,000	1,000	1,000	1,000	0,412

Pode-se, portanto, inferir da técnica DEA - estocástica, aqui apresentada, que:

- Os dados de entrada e saída devem ser escrutinados quanto à sua correlação, fato que pode permitir a exclusão dos dados correlacionados quando da análise via DEA, com conseqüente redução de tempo computacional necessário para a análise e simplicidade das análises inerentes.

- Por outro lado, os dados considerados mais importantes (lucro, no exemplo), podem ser mascarados por dados operacionais (caso da DMU 7).

4.2 Exemplo 2 - Avaliação da eficiência de uma cadeia de hotéis por meio da DEA e da DEA-estocástica

Apresenta-se, agora, uma análise que expandirá e confirmará a grande utilidade do emprego da técnica DEA-estocástica, como ferramenta para tomada de decisões em turismo e hospitalidade.

Análise básica via DEA

A Tabela 5 mostra todos os dados de entrada e o resultado da análise de eficiência por meio unicamente da DEA. Deve-se notar que, neste exemplo, trabalha-se com um número de dados de entrada maior que o do exemplo anterior, ou seja, são seis parâmetros de entrada. Uma análise visual não permitiria localizar facilmente as unidades eficientes.

Sem maiores refinamentos, após a obtenção dos índices DEA, pode-se efetuar a seguinte análise:

- A unidade 2 é eficiente, pois além dos altos valores de saída, apresentou menores custos nos índices preço, conforto do quarto, controle de temperatura, serviço e qualidade da alimentação; interessante, mesmo com seu dado de preço situado numa fronteira, a unidade 1 não obteve índice de eficiência unitário.

- A unidade 5 apresentou apenas a relação benefício-custo na fronteira (máximo valor de saída); os valores de entrada foram baixos e a combinação da relação saída / entrada levou a uma eficiência unitária. O número de variáveis em jogo mostra, a um tempo, a efetividade da DEA e a dificuldade de tomada de decisão sem uma metodologia quantitativa e objetiva.

- As unidades 6 e 8 podem ser analisadas de forma análoga à da unidade 5.

Tabela 5 – Eficiência DEA para o exemplo 2, relativo a hotéis

Unidade	Hotel	----- Saídas -----		----- Entradas -----						Eficiência DEA
		Satisfação	Relação benefício-custo	Preço	Conveniências	Conforto do quarto	Controle de temperatura	Serviço	Qualidade da alimentação	
1	Embassy Lodge	85	82	70,00	2,3	1,8	2,7	1,5	3,3	0,885
2	Sheritown Inn	96	93	70,00	1,5	1,1	0,2	0,5	0,5	1,000
3	Hynton Hotel	78	87	75,00	2,2	2,4	2,6	2,5	3,2	0,873
4	Vacation Inn	87	88	75,00	1,8	1,6	1,5	1,8	2,3	0,883
5	Merrylot	89	94	80,00	0,5	1,4	0,4	0,9	2,6	1,000
6	FairPrice Inn	93	93	80,00	1,3	0,9	0,2	0,6	2,8	1,000
7	Nights Inn	92	91	85,00	1,4	1,3	0,6	1,4	2,1	0,857
8	Western Hotels	97	92	90,00	0,3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,000

Análise de correlação estatística

Os dados da Tabela 5 apontam para vários problemas de análise, apesar de não se poder excluir o fato que uma tomada de decisão em termos dos coeficientes DEA seja válida. Assim, deve-se comentar que:

- Os dados de entrada apresentam correlação significativa? Uma resposta positiva levaria a um questionamento sobre a metodologia de obtenção de dados coerentes e ao próprio resultado da DEA. E quanto aos dados de saída?

- Qual é a importância relativa dos parâmetros de entrada, e dos dados de saída?

A Tabela 6 mostra os valores de coeficientes de correlação relativos a todas as variáveis de entrada e de saída do problema-exemplo.

Para $n = 8$ unidades, o valor crítico de r é 0,707 (TRIOLA, 2005), no nível de significância $\alpha = 0,05$. As correlações que apresentam resultado superior ao valor crítico são as existentes entre:

- Satisfação (saída) e Conforto do quarto (entrada)
- Satisfação (saída) e Qualidade da alimentação (entrada)
- Relação benefício-custo (saída) e Conveniências (entrada)
- Relação benefício-custo (saída) e Controle de temperatura (entrada)
- Preço (entrada) e Conveniências (entrada)
- Conforto (entrada), Controle de temperatura (entrada) e Serviço (entrada).

Tabela 6 - Coeficientes de correlação do exemplo 2, relativo a hotéis

	Satisfação	Relação benefício-custo	Preço	Conveniências	Conforto do quarto	Controle de temperatura	Serviço	Qualidade da alimentação
Satisfação	1,000							
Relação benefício-custo	0,676	1,000						
Preço	0,451	0,499	1,000					
Conveniências	-0,686	-0,787	-0,754	1,000				
Conforto do quarto	-0,764	-0,641	-0,115	0,390	1,000			
Controle de temperatura	-0,679	-0,866	-0,214	0,526	0,897	1,000		
Serviço	-0,685	-0,596	0,089	0,366	0,922	0,834	1,000	
Qualidade da alimentação	-0,739	-0,569	-0,048	0,366	0,489	0,563	0,477	1,000

Nesta análise, o interesse se centra em manter fatores de entrada e saída com correlações significativas. Por outro lado, questiona-se a utilidade de dados de entrada com correlações significativas; o mesmo se aplica aos dados de saída.

Portanto, a análise de correlação permite inferir que se pode questionar em nível de significância $\alpha = 0,05$, a independência estatística dos dados de entrada:

- Preço e Conveniências
- Conforto, Controle de temperatura e Serviço.

Análise simultânea DEA – Correlação

De novo, tendo por base os dados de correlação, simularam-se o comportamento dos índices de eficiência DEA sob diversas condições dos dados de entrada; os resultados encontram-se na Tabela 7. Esta tabela mostra que:

- Conforme indicavam os dados de correlação, a retirada da variável "preços" mostrou ser este parâmetro essencial para o aumento da eficiência das unidades 5 e 6; também mostra que uma redução no preço das unidades 4 e 7 poderia levá-las a se tornarem eficientes.

- A retirada do parâmetro de serviço não acarretou mudança nas unidades eficientes (2, 5, 6 e 8); mostrou, também, que o serviço é um parâmetro importante para as unidades 1, 3 e 4.

- Ao se retirarem ambos, os dados de serviço e preço, não houve mudança nas unidades eficientes (2, 5, 6 e 8), porém os resultados mostram que o serviço é um parâmetro importante para as unidades 1, 3 e 4.

- Finalmente, ao se retirarem os dados de preço, serviço e conforto de quarto não houve mudança nas unidades eficientes (2, 5, 6 e 8). Observa-se também, aqui, que tanto o serviço quanto o conforto do quarto são os parâmetros mais importantes para as unidades 1, 3 e 4, que devem ter um foco especial nestes itens; a unidade 7 deve melhorar em serviço e conforto de quarto.

Tabela 7 - Eficiências DEA para diversos modelos do exemplo 2, relativo a hotéis

Unidade	Modelos Simulados				
	Completo DEA Simples	Sem parâmetro de Preço	Sem parâmetro de Serviço	Sem parâmetros de Preço e Serviço	Sem parâmetros de Preço, Serviço e Conforto de quarto
1	0,884	0,883	0,513	0,513	0,3276
2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,0000
3	0,873	0,871	0,462	0,462	0,3613
4	0,883	0,925	0,651	0,651	0,4978
5	1,000	0,967	1,000	1,000	1,0000
6	1,000	0,983	1,000	1,000	1,0000
7	0,857	0,968	0,834	0,834	0,6922
8	1,000	1,000	1,000	1,000	1,0000

5. CONCLUSÃO

A metodologia DEA é uma ferramenta de análise de eficiência que vem sendo muito utilizada em diversos setores da economia e pode perfeitamente ser utilizada por empresas prestadoras de serviços turísticos. A análise de correlação estatística é de extrema importância para determinar quais variáveis devem ser utilizadas na DEA, bem como as variações de análise que podem ser aplicadas.

Pode-se inferir que a análise simples, usando o acoplamento da DEA com os dados estatísticos de correlação, permite uma visão muito mais clara do problema de otimização de eficiências.

Apresentaram-se dois problemas-exemplo para mostrar a metodologia proposta e sua utilização como instrumento de decisão. O primeiro problema-exemplo analisado, referente a uma cadeia de fast food, serve como modelo aplicável à análise de eficiência econômica e operacional de diversos estabelecimentos ligados ao turismo tais como restaurantes, bares, estabelecimentos de hospedagem, locadoras de veículos, operadoras de turismo, agências de turismo, etc. O segundo exemplo aplica-se diretamente à avaliação de desempenho ou de mudanças operacionais, de marketing e de investimentos sobre o desempenho relativo de várias unidades hoteleiras de uma mesma cadeia.

Em essência, a metodologia apresentada permite que se obtenha um coeficiente objetivo de *desempenho* de unidades turísticas levando em conta quaisquer parâmetros que afetem seus desempenhos. Pode-se, portanto, concluir do método DEA-estocástica, aqui apresentado, que:

- O método DEA- estocástica permite inferir sobre medidas gerenciais que melhorarão a eficiência relativa de unidades.

- Os dados levantados mostram que a análise DEA, sem a ajuda de análise de correlação pode se transformar numa experiência complexa dada a não linearidade dos dados de entrada e de saída; entretanto, a linearidade, quando estabelecida estatisticamente, via análise simples de correlação permite inferir sobre procedimentos gerenciais, simplificando-os. Em certos casos, por exemplo, pode permitir a redução de custos sem diminuir o grau de satisfação dos clientes.

A técnica aqui apresentada foi aplicada pelos autores, com sucesso, em um estudo de análise de demanda turística em capitais e os resultados, ainda em fase de elaboração final, serão brevemente enviados para publicação.

REFERÊNCIAS

BARROS, Carlos Pestana. Measuring efficiency in the hotel sector. **Annals of Tourism Research**, v.32, n. 2, p. 456-477, 2005.

BANKER, Rajiv D.; CHARNES, A.; COOPER, William W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BANKER, Rajiv D.; COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; THRALL, Robert M.; ZHU, Joe. Returns to scale in different DEA models. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 154, n.2, p. 345-362, 2004.

BORN, Thaís Cristina da Costa; FORTES, Mauri; FERREIRA, Wanyr Romero; GUIMARÃES, Fernanda Alves R. Análise Socioeconômica e Ambiental da Demanda turística nas Capitais Brasileiras. In: EMINÁRIO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM TURISMO, 5, **Anais...** Belo Horizonte, 2008. 12p.

BOSETTI, V.; CASSINELLI, M.; LANZA, A. Using Data Envelopment Analysis to Evaluate Environmentally Conscious Tourism Management. In: CONFERENCE OF TOURISM AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, I, Chia, Sardenha: September 19-20, 2003. 27p.

BROWN, J.R.; RAGSDALE, C.T. The competitive market efficiency of hotel brands: An application of data envelopment analysis. **Journal of Hospitality & Tourism Research**, v. 26, n.4, p. 332-360, 2002.

CASTRO, Luciano Dornellas de; FORTES, Mauri; GUIMARÃES, Fernanda Alves R.; SILVA, Mariana Faria Thomé da. Quantificação de aspectos econômicos e sociais do Circuito das Águas de Minas Gerais. In:

SEMINÁRIO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM TURISMO, 5, **Anais ...** Belo Horizonte, 2008. 12p.

CASU, B.; GIRARDONE, C. An analysis of the relevance of off-balance sheet items in explaining productivity change in European banking. In: EMROUZNEJAD, A. & PODINOVSKI, V. (Ed.), **Data Envelopment Analysis and Performance Managements**. 1ª ed. Coventry: Warwick Print, 2004. p. 51-58.

CHANDRA, S.; MENEZES, D. Applications of Multivariate Analysis in International Tourism Research: The Marketing Strategy Perspective in NTOs. **Journal of Economics and Social Research**, v. 3, n.1, p. 77-98, 2001.

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

CHARNES, A.; COOPER, W.W.; LEWIN, A.; SEIFORD, L. M. **Data envelopment analysis: theory, methodology and application**. 2 ed. New York: Springer, 1994. 513p.

CHERCHYE, L.; KUOSMANEN, T. Benchmarking sustainable development: a synthetic meta-index approach. **World Institute for Development Economics Research**, United Nations University Research, paper n. 2004/28, april/2004. 32 p.

DAVUTYAN, N. **Efficiency enhancement in the tourism sector: some Turkish examples**. Dept. of Industrial Engineering, Cankaya Univ. Ankara, Turkey, 2001. Disponível em: <<http://www.ecomod.net/conferences/ecomod2002/papers/davutyan.pdf>>. Acesso em: 10/07/2005.

DE NEGRI, J. A. **Desempenho exportador das firmas industriais no Brasil: a influência da eficiência de escala e dos rendimentos crescentes de escala**. Texto para discussão. IPEA-Brasília, nov/2003. 23p.

DESPOTIS, D.K. Measuring human development via data envelopment analysis: the case of Asia and Pacific. **Omega - International Journal of Management Science**, v.33, n.5, p.385-390, 2005.

DESPOTIS, D.K. A reassessment of the human development index via data envelopment analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v. 55, p. 1-12, 2004.

EMROUZNEJAD, A.; PARKER, B.; TAVARES, G. Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. **Journal of Socio-Economics Planning Science**, v.42, n.3, p.151-157, 2008.

FORTES, M., FERREIRA, W. R., ROMERO, W. F., BAHIA, E. T. Logística de Eventos Aplicada ao Turismo. In: DIAS, R.; VIEIRA FILHO, N.A.Q. (Ed.) **Hotelaria e Turismo: elementos de gestão e competitividade**. 1 ed. Campinas: Alinea, 2006, v.1, p. 98-115.

FUCHS, M. Strategy Development in Tourism Destinations: A DEA Approach. **Poznan University of Economics Review**, v. 4. n. 1, p.52-73, 2004.

FUCHS, Matthias; ZACH, Florian. On the usefulness of Data Envelopment Analysis for strategy development: a tourism destination case study. In EMROUZNEJAD, Ali, PODINOVSKI, Victor. **Data Envelopment Analysis and Performance Management**. Warwick print, Coventry, UK. 2004. Disponível em: < <http://www.deazone.com/%20DEA2004> >. Acesso em: 24 Fev. 2009.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; LINS, M.P.E. Uso de Análise de Envoltória de Dados e Auxílio Multicritério à Decisão na análise de dados das Olimpíadas 2000. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21, 2001. **Anais...** CD ROM, 8p.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. C.; MELLO, J. C. C. B. S. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Revista Economia e Sociologia Rural**, v.43, n.4, p.607-631, 2005.

GRIFFITHS, A.J.F.; GERLBART, W.M.; MILLER, J.H.; LEWONTIN, R.C. **Modern Genetic Analysis**. New York: W. H. Freeman and Company, 1999. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=mga.TOC> >. Acesso em: 27 Jan. 2009.

- GUJARATI, D.N. **Econometria Básica**. 4. ed. São Paulo: Editora Campus, 2006. 819p.
- HELFAND, S. M. Farm size and determinants on productive efficiency in the Brazilian center-west. In: INTERNATIONAL CONF. OF THE INT. ASSOC. OF AGRICULTURAL ECONOMIST (IAAE), 25, Durban, South Africa, August 16-22, 2003, 15p.
- HSIEH, L.-F.; LIN, L.H. A performance evaluation model for international tourist hotels in Taiwan – An application of the relational network DEA. **Int. J. Hospitality Management**, v.29, n.1, p. 14-24, 2010.
- HORSKY, Dan; NELSON, Paul. Testing the statistical significance of linear programming estimators. **Management Science**, v. 52, n.1, p.128-135, 2006.
- HWANG, Shih-Nan; CHANG, Te-Yi. Using data envelopment analysis to measure hotel managerial efficiency change in Taiwan. **Tourism Management**, v. 24, n.4, p. 357-369, 2003.
- JUBRAN, Aparecido Jorge. **Modelo de análise de eficiência na administração pública: estudo aplicado às prefeituras brasileiras usando a análise envoltória de dados**. 2006. 226f. Tese. (Doutorado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- KARKAZIS, J.; THANASSOULIS, E. Assessing the effectiveness of regional development policies in Northern Greece using Data Envelopment Analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 32, n.2, p. 123-137, 1998.
- KASSAI, Silvia. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. 350f. Tese. (Doutorado em Contabilidade e Controladoria). Departamento de Contabilidade e Atuária da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – USP. São Paulo.
- KEH, Hean Tat; CHU, Singfat; XU, Jiye. Efficiency, effectiveness and productivity of marketing in services. **European Journal of Operational Research**, v. 170, n. 1, p. 265-276, 2006.
- Keh, H.; Chu, S.; Xu, J. Efficiency, effectiveness, and productivity of marketing in services. **European Journal of Operational Research**, v.170, n.1, p.265-276, 2006.
- KONTODIMOPOULOS, N.; NIAKAS D. Efficiency measurement of hemodialysis units in Greece with Data Envelopment Analysis, In: EMROUZNEJAD, A. & PODINOVSKI, V. (Ed.), **Data Envelopment Analysis and Performance Managements**. 1a ed. Coventry: Warwick Print, 2004. p. 148-154.
- KOZYREFF FILHO, Ernée; MILIONI, Armando Zeferino. Um método para estimativa de metas DEA. **Revista Produção**, São Paulo, v.14, n.2, p.70-81, 2004.
- LARSON, Harold J. **Introduction to probability theory and statistical inference**. 3.ed. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. New York: Wiley, 1982. 637 p.
- LINS, M.P.E.; ALMEIDA, B.F.; BARTOLO JR., R. Avaliação de desempenho na pós-graduação utilizando a Análise Envoltória de Dados: o caso da Engenharia de Produção Programa de Engenharia de Produção. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v.1, n.1, p.41-56, 2004.
- MAHLBERG, B.; OBERSTEINER, M. Remeasuring the HDI by Data Envelopment Analsis. **International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)**, Interim Report IR-01-069, Laxenburg, Austria, 2001.
- MARQUES, Rui Cunha; SILVA, Duarte. Inferência estatística dos estimadores de eficiência obtidos com a técnica fronteira não paramétrica de DEA: Uma metodologia de Bootstrap. **Investigação Operacional**, v.26, n.1, p.89-110, 2006.
- MELLO, J.C.C.B.S. & GOMES, E.G. Eficiências Aeroportuárias: uma abordagem comparativa com Análise Envoltória de Dados. **Revista de Economia e Administração**, v.3, n.1, p.15-23, 2004.
- MIRANDA, Anderson Lourenço; ZOUAIN, Deborah Moraes. A aproximação entre o estudo do turismo e a ciência da administração a luz do modelo Tedqual. **Turismo - Visão e Ação**, v. 10, n.1, p. 113-132 jan. /abr. 2008.
- MOITA, M. H. V. **Medindo a eficiência relativa de Escolas Municipais das cidades do Rio Grande do Sul – RS, usando a abordagem DEA**. 1995. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis, 1995.

MOREIRA, A. M. M. **Facilitando a chegada ao consenso em processos de negociação: um enfoque multicritério**. 1998. 200f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, PUC Rio de Janeiro, 1998.

MOREY, M.R.; MOREY, R.C. Mutual fund performance appraisals: a multi-horizon perspective with endogenous benchmarking. **Omega - International Journal of Management Science**, v.27, n.2, p.241-258, 1999.

PAVLYUK, D.; BALASH, V. An efficiency analysis of Russian banks. In: EMROUZNEJAD, A. & PODINOVSKI, V. (Ed.), **Data Envelopment Analysis and Performance Managements**. 1ª ed. Coventry: Warwick Print. 2004. p. 59-64..

PEREIRA, M. F. Productive efficiency evaluation of agricultural sector of municipal districts of Amusep (Associação dos Municípios do Setentrião Paranaense). In: EMROUZNEJAD, A. & PODINOVSKI, V. (Ed.), **Data Envelopment Analysis and Performance Managements**. 1ª ed. Coventry: Warwick Print. 2004. p.282-288.

PYO, S. (ed.) **Benchmarks in Hospitality and Tourism**. Nova York: The Haworth Press, 2001. 164p.

RAAB, R.; KOTAMRAJU, P.; HAAG, S. Efficient provision of child quality of life in less developed countries: conventional development indexes versus a programming approach to development indexes. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 34, n.1, p. 51-67, 2000

RAGSDALE, Cliff T. **Spreadsheet Modeling & Decision Analysis: A Practical Introduction to Management Science**. 4.ed. Mason, Ohio: Thomson Learning South-Western, 2004. 842 p.

RAJA, I.G. Data envelopment analysis versus the canonical correlation theory: an empiric application to the spanish wine producers. In: EMROUZNEJAD, A. & PODINOVSKI, V. (Ed.), **Data Envelopment Analysis and Performance Managements**. 1a ed. Coventry: Warwick Print, 2004. p. 101-112.

REIS, Bruno Márcio Scarpelli dos Santos. **Análise comparativa entre investimentos e benefícios gerados pelo turismo nos países latino-americanos por meio da análise por envoltória de dados – DEA**. 2008. 65f. Dissertação (Mestrado em Turismo e Meio Ambiente) - UNA. Belo Horizonte.

REYNOLDS, Dennis. Hospitality-productivity assessment: using data-envelopment Analysis. **Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly**, v.44, p.130-137, 2003.

REYNOLDS, Dennis.; TAYLOR, James. Validating a DEA-based menu analysis model using structural equation modeling. **Hospitality & Tourism Management International** CHRIE Conference-Refereed Track. 2009. Disponível em: <http://scholarworks.umass.edu/refereed/Sessions/Wednesday/25>. Acesso em 27/03/2010.

ROMERO, Wanise Ferreira. **Reavaliação do Desenvolvimento Humano Mundial, Brasileiro e de Cidades Históricas Mineiras pela Análise por Envoltória de Dados**. 2006. 92f. Dissertação (Mestrado em Turismo e Meio Ambiente) - UNA. Belo Horizonte.

SÁ, J. P. Marques de. **Applied Statistics: Using Spss, Statistica, Matlab and R**. Berlin: Springer, 2007. 505 p.

SAGAR, A.D.; NAJAM, A. The human development index: a critical review. **Ecological Economics**, v.25, p.249-264, 1998.

SALAZAR, Viviane Santos; FARIAS, Salomão Alencar de; LUCIAN, Rafael. O Papel das Pessoas nos Ambientes de Restaurantes Gastronômicos e a satisfação do Cliente. **Revista Turismo Visão e Ação – Eletrônica**, v.11, n.3, p. 325 - 340, 2009.

SIMAR, Leopold; ZELENYUK, Valentin. Stochastic FDH/DEA estimators for Frontier Analysis. **Discussion Papers** 8, Kyiv School of Economics. 2008. Disponível em: < <http://ideas.repec.org/p/kse/dpaper/8.html> >. Acesso em: 30 Abr. 2009.

SOUZA, Daniel Pacífico Homem. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**. 2003. 136p. Tese (Doutorado em Ciências, Área de Concentração: Economia Aplicada). Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

STAAT, M. Efficiency of Diabetes Mellitus treatment in Internal Medicine Departments in Germany: a Dea-Bootstrap approach. In: EMROUZNEJAD, A. & PODINOVSKI, V. (ed.), **Data Envelopment Analysis and Performance Managements**. 1a ed. Coventry: Warwick Print, 2004. p. 155- 162.

SUN, Shinn; LU, Wen-Min. Evaluating the performance of the Taiwanese hotel industry using a weight slacks-based measure. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 22, n.4, p. 487-512, 2005.

TRIOLA, Mario F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 682p.

TUPY, Oscar; YAMAGUCHI, Luis Carlos. Eficiência e Produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, v. 45, n. 2, p.39-51. 1998.

VEIGA, Luciana Santos; FARIAS, Josivania Silva. Avaliação da qualidade dos serviços em uma pousada com a aplicação da escala Servqual. **Turismo - Visão e Ação**, v.7, n.2, p. 257-272, 2005.

VIVERITA, R. & ARIFF, M. Corporate financial performance and production efficiency: a study on Indonesia's public and private sector firms. In: EMROUZNEJAD, A. & PODINOVSKI, V. (Ed.), **Data Envelopment Analysis and Performance Managements**. 1a ed. Coventry: Warwick Print, 2004. p.88-93.

WÖBER, K.W. & FASENMAIER, D.R. A multi-criteria to destination benchmarking: a case study of state tourism advertising programs in the United States. In: GU, Z. (ed.) **Management Science Applications in Tourism and Hospitality**. Nova York: The Haworth Press, 2004. p. 1-18.