

Estratégia & Negócios

ISSN 1984-3372

<http://portaldeperiodicos.unisul.br>

APLICAÇÃO DE MÉTODO DE PESQUISA OPERACIONAL (DEA) NA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UNIDADES PRODUTIVAS PARA ÁREA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

APPLICATION OF METHOD OF OPERATIONAL RESEARCH (DEA) IN THE PERFORMANCE EVALUATION OF PRODUCTION UNITS FOR AREA VOCATIONAL EDUCATION

João Roberto Lorenzetti

Mestre em Administração pela Universidade do Sul de Santa Catarina. Diretor de Ensino e Professor do SENAI.
E-mail: Lorenz@sc.senai.br

Ana Lúcia Miranda Lopes

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Professora e Pesquisadora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.
E-mail: analopes@face.ufmg.br

Marcus Vinicius Andrade de Lima

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Professor e Pesquisador da Universidade Federal de Santa Catarina.
E-mail: marcus.lima@cse.ufsc.br

Recebido em 12/03/2009. Aprovado em 11/12/2009. Disponibilizado em 29/09/2010.
Avaliado pelo Sistema *double blind review*

Estratégia e Negócios, Florianópolis, v. 1, n. 2, jan./jun. 2010

<http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/EeN/index>



©Copyright 2008 UNISUL-PPGA/Estratégia e Negócios. Todos os direitos reservados. Permitida citação parcial, desde que identificada a fonte. Proibida a reprodução total. Em caso de dúvidas, consulte o editor: terezinha.angeloni@unisul.br ; (48) 3229-1932.

RESUMO

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) tem sido extensivamente utilizada como apoio à gestão, na estimativa do desempenho relativo de unidades produtivas semelhantes entre si. Particularmente, vem sendo aplicada a empresas que trabalham utilizando múltiplos insumos para a produção de múltiplos produtos, para os quais é difícil designar preços ou pesos. O estudo é do tipo exploratório, descritivo e avaliativo. As técnicas de coleta de dados foram a observação, a análise documental e a pesquisa bibliográfica. As informações coletadas foram tratadas de forma qualitativa e quantitativa. Este trabalho apresenta um estudo de caso de aplicação do método DEA a uma empresa sem fins lucrativos, da área de educação profissional e serviços técnicos e tecnológicos (o SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial). Estudou-se a substituição de procedimentos já existentes de avaliação de desempenho de unidades produtivas, incluindo aspectos operacionais, financeiros e de gestão. Avaliou-se o desempenho de 21 unidades operacionais do SENAI segundo duas perspectivas: financeira e de qualidade. O modelo DEA escolhido é o de retornos variáveis à escala orientados a produto (BCC). Os resultados mostram que 33,3% das unidades são eficientes sob a perspectiva financeira, 42,8% o são sob a perspectiva da qualidade, e 19,0% do total das unidades são eficientes sob ambas as perspectivas. Conclui-se que o modelo DEA é apropriado à avaliação de desempenho das unidades operacionais do SENAI, pois fornece resultados valiosos aos gestores da instituição, tais como o estabelecimento de metas e a identificação de *benchmarks* para as unidades ineficientes.

Palavras-chave: DEA. Avaliação de desempenho. Educação Profissional.

1 INTRODUÇÃO

Um dos problemas enfrentados na administração de empresas é o estabelecimento de métodos eficientes para avaliação de desempenho de unidades, setores ou empresas inteiras, a consequente determinação das unidades relativamente ineficientes, e as metas a serem adotaedas para o alcance dos padrões de eficiência do grupo. Este problema é tão mais complexo quanto mais numerosos forem os fatores de influência de entrada e saída para os processos destas unidades, setores ou empresas (denominados respectivamente de insumos e produtos neste trabalho), e as relações entre eles.

Proposto originalmente em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978), o método de medição de desempenho *Data Envelopment Analysis* - DEA consiste, justamente, em determinar a eficiência relativa de uma unidade produtiva, considerando-se a aproximação de uma fronteira de eficiência¹. Em termos mais precisos, pode-se dizer que é um método não paramétrico de construção de uma fronteira de eficiência, relativamente à qual se pode estimar a eficiência de cada unidade, bem como determinar as unidades referenciais para os casos de ineficiência. Embora as aplicações iniciais de DEA tenham sido, predominantemente, sobre organizações sem fins lucrativos (CHIRIKOS, 2000, ZHU, 2003, LOPES e LANZER, 2002, AVKIRAN, 2001, e CALHOUN, 2003), trabalhos tem sido publicados sobre aplicações em instituições diversas (BRANDÃO, 2002), para aplicação no setor industrial (FARID PEREIRA et al, 2002, e LILIENFELD 2004), para aplicações no setor agrícola (AVELAR, 2002), para aplicação no setor de telefonia (WEILL, 2004), entre outros.

Este trabalho, a partir de uma base conceitual somada a dados de uma aplicação prática, propõe-se a analisar a viabilidade de utilização de um modelo DEA para a avaliação do desempenho de unidades operacionais de uma empresa privada sem fins lucrativos, de atuação no Estado de Santa Catarina, na área de educação profissional e serviços técnicos e tecnológicos: o SENAI SC. Inicialmente, expõe-se alguns aspectos básicos de economia de produção, que servirão como base para a análise mais detalhada do método DEA que será utilizado no estudo de caso. Em seguida, os fundamentos, interpretação e aplicação dos modelos DEA básicos são apresentados, de forma genérica. O estudo de caso está organizado como: detalhamento do contexto (elementos de contorno e estrutura / procedimentos anteriormente adotados), aplicação de métodos específicos DEA, descrição das ferramentas de cálculo desenvolvidas e utilizadas, e análise de resultados obtidos. Finalmente, conclui-se, com uma breve reflexão sobre a aplicabilidade do método no caso proposto, embasada nas experiências anteriores, a respeito das características da instituição e dos resultados do estudo aplicado.

2 ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UNIDADES OPERACIONAIS UTILIZANDO DEA

Convém tratar de algumas definições básicas, para evitar possíveis confusões de

¹ Bases de economia de produção para utilização do DEA podem ser encontradas nos trabalhos de COELLI et al. (1998), e DE LEONE et al. (1999), entre outros.

nomenclatura, iniciando pelo termo “unidade produtiva”, que é utilizado neste texto para designar as unidades sob análise, detentoras de uma tecnologia produtiva, sujeitas a determinadas condições de contorno que afetam sua produção, consumidoras de insumos e que produzem resultados, para as quais desejamos determinar índices de eficiência relativa².

É importante, também, relacionar os conceitos de “produtividade” e “eficiência” à fronteira de produção, e à função de produção. O termo “função de produção” é aqui utilizado para representar a função que determina a relação técnica entre insumos e produtos de uma determinada unidade produtiva. Já o termo “fronteira” denomina os pontos que cercam os limites de produtividade, sobre os quais uma unidade produtiva hipotética é tecnicamente eficiente. Considerando uma determinada função de produção, a produtividade (relação entre produtos e insumos) pode variar, de acordo com a escala de produção e, portanto, uma unidade produtiva pode ser tecnicamente eficiente, mas a produtividade pode ainda aumentar, se explorada a economia de escala (COELLI, 1998). Em outras palavras, temos retornos de acordo com a escala de produção, que podem ser constantes, crescentes ou decrescentes. Para uma estimativa das funções de produção, são necessários dados sobre insumos e produtos relacionados à tecnologia de produção considerada, e métodos paramétricos³, ou não-paramétricos, dentre os quais destaca-se o DEA, que utiliza programação matemática.

Como exemplo, consideremos um grupo de cinco unidades produtivas sujeitas a um único insumo e produzindo dois produtos. O gráfico 1(a) mostra uma fronteira de eficiência teórica para este conjunto de unidades produtivas (denominadas de A a E), e o gráfico 1(b) mostra uma fronteira de eficiência estimada por método não paramétrico. As unidades B, C, D e E estão sobre a fronteira de eficiência, enquanto A está “interna” à fronteira. A relação entre as distâncias OA’ e OA representa uma medida de eficiência (técnica) para a unidade A.

² O termo “Unidade Produtiva” foi utilizado, embora leitores pertencentes ou conhecedores da organização tratada no estudo de caso que aqui é apresentado possam considerar mais adequados o termo “UO” (Unidade Operacional).

³ Através de Econometria ou Fronteiras Estocásticas, que não serão tratados neste texto. IDEM

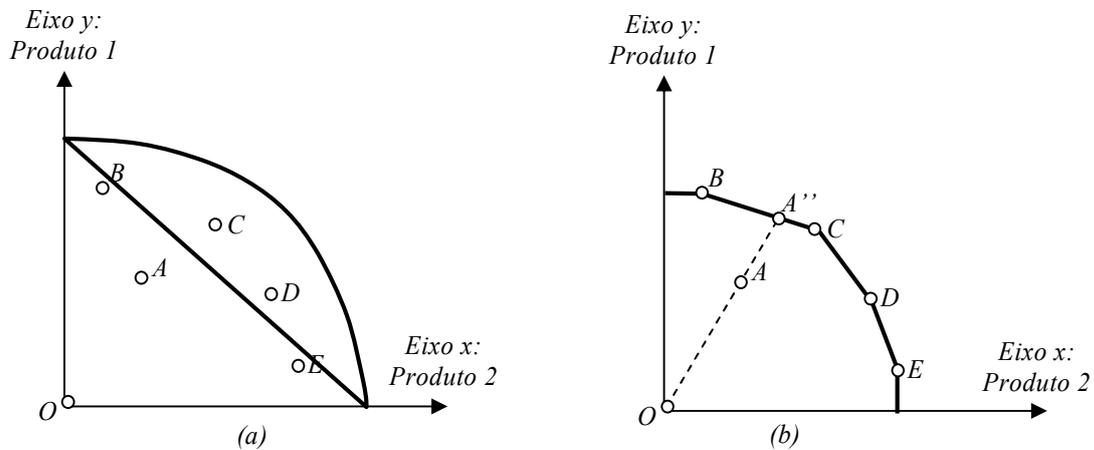


Gráfico 1: (a) Fronteira de eficiência teórica (não conhecida); (b) Fronteira de eficiência estimada por método não paramétrico, a partir de 5 pontos observados (pontos A até E). Ambas traçadas para um insumo constante e dois produtos.

Fonte: Elaborada pelos autores (2004).

Pela abordagem adotada no gráfico acima e neste artigo, buscam-se as quantidades máximas de produtos possíveis, considerando fixa a quantidade de insumos. Em DEA, um modelo deste tipo é chamado de **modelo orientado a produto**. O mesmo problema de avaliação de desempenho de unidades produtivas, considerando a mínima utilização de insumos possível, em condições fixas de produtos, caracteriza uma orientação a insumos e é denominado **modelo orientado a insumo**. Uma maneira simples de perceber as diferenças entre as duas abordagens está no gráfico 2, que representa os produtos (y) em função dos insumos (x), em um modelo de retorno constante de escala.

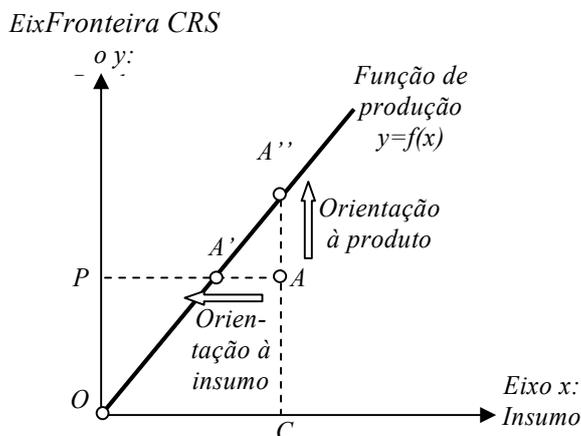


Gráfico 2: Comparação entre as medidas de eficiência técnica orientadas a insumo e a produto. As setas indicam o deslocamento para atingir a função de produção, e consequentemente, a orientação.

Fonte: Elaborada pelos autores (2004)

A abordagem orientada a insumos determina que o aumento da eficiência técnica da unidade produtiva A seja obtido por diminuição de insumos para uma produção constante (direção AA'). Já a abordagem orientada ao produto determina que o aumento da eficiência técnica seja obtido pelo aumento de produção com insumos constantes (direção AA''). Observe-se que as medidas de eficiência mostradas até este ponto são referidas à origem dos eixos, tornando esta medição radial, e os valores calculados relativos, e portanto, invariantes quanto às unidades adotadas (COELLI, 1998).

O objetivo principal do método DEA é o de obter indicadores de desempenho relativo entre unidades produtivas, considerando determinados conjuntos de insumos e produtos. Vale dizer que este é o único método de fácil utilização pelas empresas que possibilita avaliar a eficiência relativa de unidades que produzem múltiplos produtos utilizando múltiplos insumos. Os métodos econométricos somente possibilitam a avaliação de unidades de produção que tenham um único produto, enquanto as fronteiras estocásticas são, ainda, de difícil utilização.

De maneira objetiva, pode-se dizer que os modelos DEA determinam as melhores condições de operação para cada unidade produtiva separadamente, de modo a maximizar o seu índice de desempenho, e aplicam as mesmas condições às demais unidades do grupo sob análise. Aquelas unidades produtivas para as quais o índice de desempenho relativo calculado, a partir de preços obtidos pelo próprio modelo de programação linear, é igual ou mais favorável que os índices calculados para as outras unidades sob análise, nestas condições, são consideradas eficientes. Resolvendo-se o problema, sucessivamente, para todas as unidades produtivas, obtém-se um subconjunto de unidades produtivas consideradas eficientes, que servirão de base para a determinação da fronteira de eficiência, e para o estabelecimento de metas para as unidades ineficientes (ver unidade A no gráfico 1(a) e (b): sua meta para atingir a fronteira de eficiência é representada pela projeção A'' na fronteira de eficiência). Portanto, compara-se cada unidade apenas com as semelhantes de melhor *performance*, ou seja, aquelas situadas sobre a fronteira de eficiência⁴ (CORNUEJOLS, 2004). Qualquer unidade produtiva incluída ou excluída do conjunto sob análise modifica o conjunto de produção e, em decorrência, esta fronteira. As unidades que

⁴ A técnica de comparação apenas com as unidades de melhor *performance* contrasta com as técnicas estatísticas típicas, que avaliam cada unidade produtiva em relação a uma média aproximada que leve em consideração os pontos conhecidos.

servem de referenciais para estabelecimento de metas, ou comparação direta, são denominadas “unidades de referência” ou “*peer's*” (no gráfico 1(b), as unidades B e C são referências para a unidade A).

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) propuseram um modelo que assumia retorno constante de escala, denominado CRS (*Constant Returns to Scale*) ou CCR (em homenagem aos autores). Textos posteriores assumiram conjuntos diferentes de suposições, com destaque para o modelo desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), que assumia retorno variável de escala, denominado VRS (*Variable returns to scale*) ou BCC. No que diz respeito à orientação, ambos os modelos podem ser classificados como orientados a insumos ou a produtos, conforme ocorre a busca das metas pelas unidades ineficientes.

Uma representação gráfica que ajuda a entender o cálculo da eficiência (ou ineficiência), considerando o retorno de escala, está ilustrado no gráfico 3. No exemplo, consideram-se unidades produtivas sujeitas a um insumo e a um produto apenas, conforme mostrado em 3(a). O gráfico mostra a fronteira de eficiência estimada pelo modelo CRS, e a fronteira de eficiência estimada pelo modelo VRS. No caso do modelo CRS com orientação a produto, a ineficiência técnica da unidade produtiva A pode ser estimada pelo segmento DD''. Se considerarmos o modelo VRS, a ineficiência técnica é DD'. A diferença entre estas duas medidas é denominada “ineficiência de escala”.

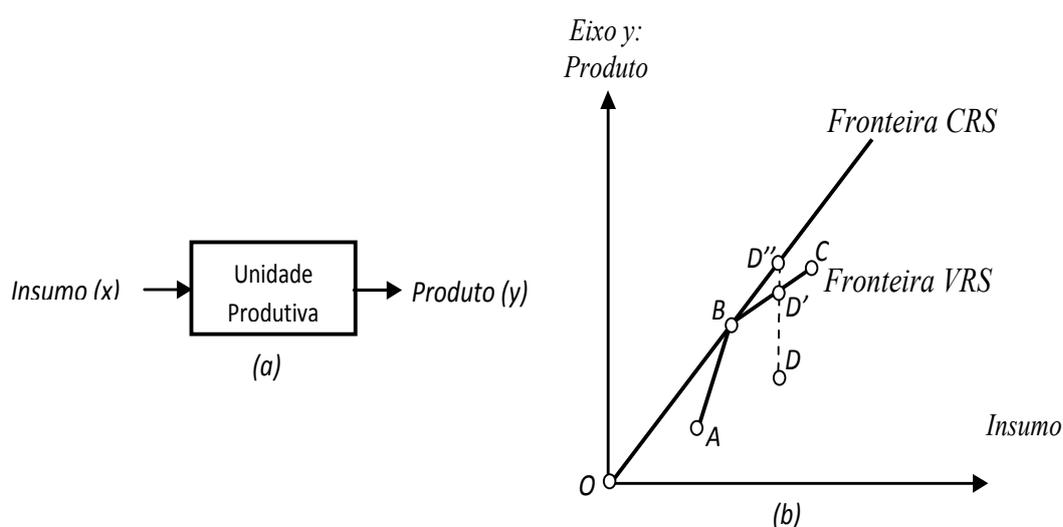


Gráfico 3: (a) Unidade produtiva considerada, com um insumo e um produto; (b) Demonstração gráfica do cálculo da eficiência (ou ineficiência) de escala.

Fonte: Elaborada pelos autores (2004)

Neste trabalho, detalharemos o modelo VRS orientado ao produto, para utilização

posterior no estudo de caso. A formulação e interpretação dos demais modelos básicos pode ser encontrada nos trabalhos de COELLI (1998), BOWLIN (1998), DE LEONE (1999) e ZHU (2003), entre outros.

Para análise deste modelo básico de DEA, imaginemos um conjunto de N unidades produtivas, cada uma sujeita a um determinado número de k insumos e r produtos, conforme representado na figura 1.

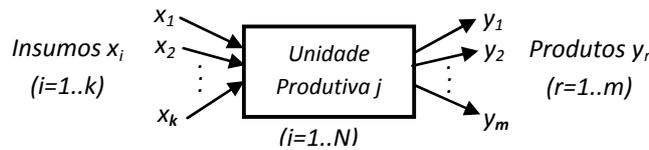


Figura 1: Nomenclatura adotada para insumos e produtos das unidades produtivas.
 Fonte: Elaborada pelos autores (2004)

Uma abordagem para estimar a eficiência relativa entre um conjunto de unidades produtivas é representada pela formulação a seguir:

$$\begin{aligned}
 & Ef^* = \max Ef \\
 & \text{restrições:} \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} \leq x_{io} \quad i=1,2,\dots,k \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} \geq Ef y_{ro} \quad r=1,2,\dots,m \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

Neste modelo, o valor de Ef indica o grau de expansão radial possível em todos os produtos, dado o nível observado de insumos (e, portanto, é um indicador de eficiência relativa). Os vetores de insumos i e produtos r da unidade j são representados por x_{ij} e y_{rj} , enquanto o lâmbda (λ) identifica as unidades de referência que compõem a faceta de projeção. Se $Ef=1$, então a unidade está sobre a fronteira de eficiência, e pode servir de referência para as demais. Por outro lado, se $Ef>1$, então a unidade j pode ainda aumentar seus produtos, mantendo inalterados os insumos, e, portanto, é ineficiente perante o grupo de unidades analisado. Em outras palavras,

cada unidade é comparada com uma unidade virtual obtida por combinação linear de todas as unidades do grupo. Cada insumo e produto desta unidade virtual é a combinação linear dos insumos e produtos de todas as unidades do grupo. O valor de E_f , neste caso, é sempre maior ou igual a um. A existência de um valor de E_f maior que 1 (um) indica a possibilidade de construção de uma unidade virtual que produz mais, utilizando igual (ou menor) quantidade de insumos que a unidade analisada.

A restrição $\sum \lambda_j = 1$ determina uma envoltória VRS (Retorno variável em escala). Sem esta restrição, o modelo considera uma envoltória CRS (Retorno constante em escala). Em outras palavras, procura-se expandir radialmente o vetor de produtos, tanto quanto possível, para esta unidade sob análise. O limite é a fronteira de eficiência estimada para o conjunto de pontos observados (estes pontos são determinados pelas outras unidades produtivas). Este problema deve ser resolvido para cada unidade, gerando sua taxa de eficiência relativa. Em relação à orientação a insumos ou produtos, é importante observar que, se uma unidade for eficiente no modelo orientado ao produto aqui apresentado, também o será no modelo orientado ao insumo. Entretanto, dependendo da orientação utilizada, as unidades de referência e os indicadores de retração de insumos ou expansão de produtos, para as unidades ineficientes, podem ser diferentes (BHAT, 2001).

A forma linear segmentada da fronteira de eficiência determinada pelos métodos DEA pode fazer surgir o que se denomina de “folga” ou “*slack*.” Considere o gráfico 4, derivado do gráfico 1(b), onde o ponto A provoca uma projeção A’ à esquerda da unidade de referência B (no segmento linear que começa em B e segue paralelo ao eixo x, para esquerda). O ponto A”, embora ocorra na fronteira de eficiência, pode aumentar o produto 2, mantendo constante o insumo (passando para o ponto B), o que significa que A” não é eficiente, embora ocorra na fronteira. Este potencial de aumento de produção é denominado “folga”. As unidades situadas na fronteira de eficiência, mas com folgas diferentes de zero, são denominadas “fracamente eficientes”⁵.

⁵ Discussão mais detalhada sobre folgas encontra-se nos trabalhos de COELLI (1998), RAMANATHAN (2003) e ZHU (2003). (passar para final do texto)

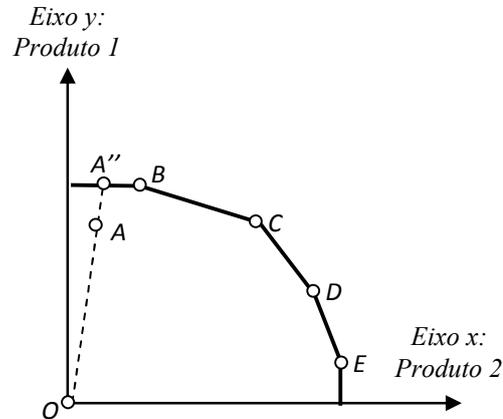


Gráfico 4: Representação da ocorrência de folga para unidade produtiva A.

Fonte: Elaborada pelos autores (2004).

A determinação das folgas exige a solução de um segundo problema, considerando-se que se deseja obter os acréscimos de produtos e decréscimos de insumos que podem ser aplicados às unidades (fracamente) eficientes, mantendo-as sobre a fronteira de eficiência estimada:

$$\begin{aligned}
 & \max \sum_{i=1}^k si_i + \sum_{r=1}^m so_r \\
 & \text{restrições:} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + si_i = x_{io} \quad i=1,2,\dots,k \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - so_r = Ef^* y_{ro} \quad r=1,2,\dots,m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Em (2), o valor de Ef^* é o indicador de eficiência maximizado, determinado em (1); os valores si_i e so_r representam, respectivamente, as folgas para os insumos e produtos. A solução sucessiva dos dois estágios representados por (1) e (2) permite determinar as eficiências de cada unidade sob análise (Ef), as unidades de referência para as ineficientes, e as folgas, para um modelo VRS com orientação a produtos.

Um problema pode emergir pela característica de não-limite aos pesos dos insumos e

produtos em métodos DEA: altos índices de eficiência podem ser atribuídos a determinadas unidades sob análise, induzidas por pesos inadequados, sob o ponto de vista dos decisores da empresa (TALLURI, 2000). Restrições adicionais podem ser acrescentadas ao modelo DEA, de forma a incorporar estas preferências. Entre os autores que sugerem métodos para incorporar estas restrições nos pesos, estão CHARNES et al. (1990), THOMPSON et al. (1995), WONG E BEASLEY (1990) e ZHU (2003). Este assunto não será tratado neste trabalho.

3 A NATUREZA E CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa nas Ciências Sociais, segundo Godoy (1995), tem sido fortemente marcada, ao longo dos tempos, por estudos que valorizam a adoção de métodos quantitativos na descrição e explicação dos fenômenos de seu interesse. Uma investigação mais global para a descoberta e compreensão do que se passa dentro e fora dos contextos organizacionais e sociais tem sido proposta pela metodologia qualitativa, que geralmente não busca enumerar ou medir eventos, e não utiliza um instrumental estatístico de análise (NEVES, 1996).

A natureza desta pesquisa é predominantemente qualitativa, pelo fato de se procurar estabelecer métodos e possíveis fatores de influência sobre estes métodos, para orientar e subsidiar a avaliação do desempenho de unidades produtivas do SENAI SC. Fortalece esta afirmação o fato de que, na pesquisa qualitativa, o ambiente é tratado como fonte direta de dados, o pesquisador como instrumento fundamental de análise (GODOY, 1995), e o objetivo claro e primordial é o de aproximar teoria e dados, entre contexto e ação (MAANEN, 1979). Por outro lado, esta pesquisa é complementada por métodos quantitativos, na medida em que o arcabouço de interpretação utilizado pelo pesquisador, que serve como referencial na pesquisa qualitativa, serve também como base para estabelecimento de caminhos para pesquisa quantitativa (NEVES, 1996). Isto é viável na medida em que os enfoques qualitativos e quantitativos podem ser claramente distinguidos, mas não guardam necessariamente relação de oposição (POPE & MAYS, 1995). Neste aspecto, a metodologia utilizada é semelhante à utilizada por uma série de autores em pesquisas relacionadas ao mesmo assunto, dentre os quais citamos RAMESH et al. (2001).

Na análise da aplicação do método proposto ao estudo de caso, consideram-se dois aspectos: o primeiro relaciona-se aos fundamentos teóricos e práticos, provenientes de aplicações

e projeções de outros autores; e o segundo está ligado à experiência e à vivência direta do autor nos processos operacionais e gerenciais, incluindo os métodos de controle e avaliação de desempenho das unidades produtivas sob análise.

Esta pesquisa é exploratória pelo fato de exigir, em um primeiro momento, a familiarização com a realidade investigada (GIL, 1992), ou seja, permite aumentar a experiência do pesquisador em torno do problema, aprofundando o estudo nos limites de uma realidade específica (TRIVIÑOS, 1987). Foi realizado um estudo de caso, que, segundo GODOY (1995), é uma das possibilidades da abordagem qualitativa, e visa ao exame detalhado de um ambiente, um sujeito ou uma situação em particular.

Esta pesquisa é descritiva, considerando que descreve os fundamentos teóricos e práticos sem a intenção de modificá-los. Esta combinação de estudo exploratório e descritivo “tem por objetivo descrever completamente determinado fenômeno, como, por exemplo, o estudo de um caso para o qual são realizadas análises empíricas e teóricas” (LAKATOS & MARCONI, 1991, p. 69).

Esta pesquisa é avaliativa e propositiva, na medida em que o autor estabelece (propõe) critérios, procedimentos e indicadores para avaliação de desempenho de unidades produtivas no SENAI SC, utilizados em uma aplicação para a qual são analisados os resultados.

O estudo realizado pode ser dividido em duas etapas distintas: A primeira etapa, essencialmente exploratória-descritiva, consistiu na realização das pesquisas documental e bibliográfica, coleta de dados e montagem de modelos teóricos de aplicação. Na segunda etapa, essencialmente propositiva-avaliativa, foi realizada a avaliação dos resultados do modelo teórico aplicado ao estudo de caso, sob o ponto de vista da proposta de aplicação do método em substituição aos procedimentos existentes.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial é uma empresa privada, sem fins lucrativos, organizada no território nacional por estruturas estaduais denominadas "Departamentos Regionais". O Departamento Regional de Santa Catarina tem uma estrutura similar aos outros Estados, composta por uma unidade administrativa central, e unidades

operacionais sediadas nas diversas regiões do estado. São no total 26 unidades, sendo uma unidade de gestão, oito unidades regionais, dez unidades operacionais e sete unidades de extensão. O SENAI atua em educação profissional (cursos básicos, técnicos, tecnológicos e pós-graduação) e serviços técnicos e tecnológicos. Historicamente, a educação profissional responde por um percentual entre 80 e 90% das atividades desenvolvidas (dependendo do período temporal considerado na análise), sendo o restante devido aos serviços técnicos e tecnológicos.

Alguns pontos sobre o sistema de gestão adotado pelo SENAI de Santa Catarina devem ser citados: o primeiro é o fato de que utiliza-se o controle de indicadores como procedimento já definitivamente implantado. A existência de um sistema de gestão organizado e métodos já bem estabelecidos e organizados de acompanhamento de indicadores facilita a introdução de novos métodos de análise baseados em dados de entrada e saída, visto que a etapa de aglutinamento, seleção e validação de dados é razoavelmente reduzida. Dentre o conjunto de indicadores acompanhados, um subgrupo de treze destes interessam a este trabalho especialmente, pois são adotados por todas as unidades, e estão reproduzidos na Tabela 1 (o restante dos indicadores é utilizado, porém não de forma unânime, sendo descartados para este estudo).

Um segundo ponto é o fato de que existe uma metodologia já implantada de análise de desempenho, a que são submetidas todas as unidades. Esta metodologia utiliza um conjunto menor de indicadores (cinco, destacados na Tabela 1), e uma metodologia de cálculo baseado em pesos (taxas de substituição) conhecidos, e critérios de aplicação destes pesos sobre os indicadores. Estes pesos e critérios não serão discutidos em detalhes neste trabalho, mas deve-se notar que são fruto de observações empíricas, e têm evoluído constantemente no passar dos anos de aplicação (a aplicação é anual). É em substituição a estes métodos de avaliação já utilizados que se propõe uma metodologia DEA, e a análise de aplicabilidade, vantagens e limitações, realizada no final deste trabalho, deve ser lida à luz desta comparação.

Tabela 1: Conjunto de treze indicadores utilizados por todas as Unidades do SENAI de Santa Catarina, com indicação (em negrito) do subgrupo de cinco indicadores utilizados na análise de desempenho anual.

Indicador	Definição (fórmula de cálculo)	Unidade
Resultado global	Receita Total - Despesa Total	R\$
Percentual de auto-sustentação	Receitas de Serviços / Despesa Total	%
Resultado de Serviços	Receita de Serviços – Despesa de Serviços	R\$
Percentual de inadimplência	Valor inadimplente / Valor faturado	%
Retorno dos Recursos Alocados	Resultado Global / (Total do compulsório + Valor concedido em bolsas)	R\$
Receitas de STT	Receita de Serviços Técnicos e Tecnológicos	R\$
Índice de Satisfação dos Clientes	Média simples da satisfação dos clientes	Nota
Índice de Satisfação dos Clientes - SENAI On Line	Índice de satisfação dos clientes da pesquisa do SENAI On Line	%
Índice de Qualidade do Produto	Pontuação final da auditoria do produto	Pontos
Aluno Hora-Médio	Produção Aluno-Hora / Matrículas Totais	Horas por Matrículas
Índice de Qualidade de Gestão	Pontuação final da auditoria de Gestão	Pontos
Percentual de Satisfação dos Colaboradores	Resultado geral da satisfação dos colaboradores	%
Índice do Programa 5S's	Índice do Programa 5S's	Nota

Fonte: Elaborada pelos autores (2004).

Para determinação dos insumos e produtos para o modelo DEA, foram selecionados os cinco já utilizados na análise de desempenho atual, a saber: resultado global, percentual de auto-sustentação, índice de satisfação de clientes, índice de qualidade de produto e índice de qualidade de gestão. O primeiro é um indicador absoluto, e os demais são indicadores relativos⁶. A estes cinco indicadores foram adicionados mais dois: o total de compulsório, elemento que compõe o indicador de retorno de recursos alocados, e o total de investimentos realizado na unidade, que não aparece entre os treze indicadores principais. Para determinação destes indicadores, utilizaram-se os critérios sugeridos por BOWLIN (1998):

- positividade- Os valores de insumos e produtos devem ser positivos;
- isotonicidade-: Um incremento em um insumo deve provocar incremento nos produtos, e nenhum decremento em nenhum produto;
- Os insumos e produtos devem basear-se em dados disponíveis;
- as medidas para os insumos e produtos devem ser compreensíveis;
- os insumos e produtos devem ser controláveis.

⁶ O índice de satisfação de clientes é um número entre 0 e 5, e os demais variam de 0 a 1. (idem)

O período de avaliação para o caso em estudo compreende janeiro de 2003 a dezembro de 2003. A Tabela 2 mostra os indicadores selecionados, e sua devida classificação como insumo ou produto, no modelo utilizado.

Tabela 2: Indicadores selecionados para modelo DEA utilizado.

Indicador	Classificação p/ modelo DEA
Total de Investimentos	Insumo
Total de Compulsório	Insumo
Resultado Global	Produto
Percentual de auto-sustentação	Produto
Índice de Satisfação de Cliente	Produto
Índice de Qualidade de Produto	Produto
Índice de Qualidade de Gestão	Produto

Fonte: Elaborada pelos autores (2004).

O processo produtivo foi separado em duas perspectivas, denominadas “financeira” e de “qualidade”. Para ambas foram considerados os mesmos insumos, mas os produtos variam: na primeira são considerados como produtos os indicadores financeiros (resultado global e percentual de auto-sustentação); e na segunda, os produtos são os demais índices, ligados à qualidade de serviços (índice de satisfação de cliente, obtido por pesquisa, e índices de qualidade de produto e qualidade de gestão, determinados por auditorias internas nas unidades). A figura 2 mostra os insumos e produtos para cada perspectiva.



Figura 2: Insumos e Produtos para cada perspectiva de análise.

Fonte: elaborada pelos autores (2004).

A respeito dos insumos e produtos selecionados, destaca-se que o total de compulsório, por força de procedimentos administrativos da instituição considerada no caso de estudo, é aproximadamente proporcional às despesas com pessoal, trazendo esta dimensão aos insumos da primeira perspectiva.

O motivo da adoção de um procedimento de análise em duas perspectivas remete à busca de referências para determinação de estratégias para as unidades ineficientes: a análise de resultados nas duas perspectivas, auxiliada por dados adicionais, pode ser indicativa de situações anormais ou desequilíbrios, como falta de sustentabilidade a médio e longo prazo (a unidade é eficiente sob a perspectiva 1, e ineficiente sob a 2), ou desvio de foco para processos meio (a unidade é ineficiente sob a perspectiva 1, e eficiente sob a 2), além dos casos óbvios em que a unidade é eficiente ou ineficiente, simultaneamente, sob as duas perspectivas.

Considerando o porte relativamente não-uniforme das unidades analisadas, e o fato de que o produto principal tratado é educação profissional, que envolve ganho de escala crescente até determinado ponto (causado pela ociosidade de recursos nas primeiras turmas) e depois decrescente (causado pela perspectiva de saturação dos indicadores relativos, e exigência de investimentos a médio e longo prazo para manutenção dos níveis de qualidade), será utilizado o modelo DEA VRS. Por outro lado, considerando, em ambas as perspectivas, a hipótese simplificadora mais próxima da realidade, de que os insumos considerados são fixados *a priori*, e exige-se maximização de resultados a partir destes insumos, a orientação do modelo será a referente ao produto. Foram analisadas 21 unidades produtivas, identificadas por “UP01” a “UP21”, nas tabelas de resultados.

Para resolução dos modelos de programação linear descritos nas equações (1) e (2). foi utilizada uma planilha Microsoft Excel, com a ferramenta Solver. A linguagem VBA - *Visual Basic for Applications* foi utilizada para automatizar o cálculo dos índices de eficiência, folgas e referências, e também para transferência, formatação e apresentação dos resultados.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados provenientes da aplicação do DEA devem ser interpretados com cuidado, para deles extrairmos o máximo proveito. Considerando-se que é utilizado um conjunto limitado de insumos e produtos, os resultados serão parciais (a seleção dos insumos e produtos é um fator importante, e deve ser bastante criteriosa). Os resultados obtidos podem ser considerados como um ponto de partida, de onde investigações mais detalhadas podem determinar possíveis fontes de ineficiência ou de diferenças de desempenho. Servem como uma fonte de informação adicional

**APLICAÇÃO DE MÉTODO DE PESQUISA OPERACIONAL (DEA) NA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UNIDADES PRODUTIVAS PARA
ÁREA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL**

João Roberto Lorenzetti – Ana Lúcia Miranda Lopes – Marcus Vinicius Andrade de Lima

para gestores dos processos tratados, visto que contém dados de a valiação relativa imparcial.

Os relatórios das tabelas 3 e 4 mostram, na primeira coluna, a identificação da unidade produtiva, e, na segunda coluna, o indicador de eficiência técnica Ef. Este indicador de eficiência, por força do procedimento adotado, é maior ou igual a um, sendo igual a um para as unidades eficientes, e maior que um para as ineficientes (quanto maior Ef, mais distante da fronteira de eficiência está a unidade respectiva, e maior é seu potencial de incremento de eficiência). As demais colunas indicam os valores dos insumos e produtos verificados para cada unidade, e a respectiva meta para as unidades ineficientes, considerando os indicadores de eficiência e as folgas.

Tabela 3: Insumos e produtos, e resultados obtidos para eficiência e metas, nas unidades analisadas, de acordo com a perspectiva 1

No.	Id.	Ef	Compulsório		Investimento realizado		Resultado Global		(% de autosust.	
			Base	Meta	Base	Meta	Base	Meta	Base	Meta
1	UP01	1,36228	457.342,20	316.619,99	371.462,96	371.462,96	231.008,49	314.698,33	0,83	1,12
2	UP02	1,83981	922.363,80	74.162,04	211.415,77	27.285,77	14.352,22	79.662,87	0,66	1,21
3	UP03	1,54017	181.410,36	91.321,64	2.722.774,28	36.608,58	64.095,23	98.717,55	0,78	1,20
4	UP04	1,11666	110.400,00	110.400,00	109.183,18	102.625,20	115.524,62	129.001,77	1,01	1,12
5	UP05	1,57733	152.049,12	106.920,79	126.487,47	126.487,47	65.259,33	102.935,40	0,76	1,20
6	UP06	1,00000	574.221,60	574.221,60	298.968,07	298.968,07	634.948,46	634.948,46	1,01	1,01
7	UP07	1,02954	422.531,40	367.108,68	51.997,36	51.997,36	188.310,77	193.872,78	0,81	0,83
8	UP08	1,12093	735.000,00	735.000,00	209.793,19	209.793,19	498.162,45	558.403,67	0,90	1,02
9	UP09	1,38320	610.323,20	421.567,40	865.721,73	865.721,73	260.881,89	360.850,82	0,80	1,11
10	UP10	1,00000	1.302.490,40	1.302.490,40	4.015.798,87	4.015.798,87	909.019,63	909.019,63	0,90	0,90
11	UP11	1,30865	76.792,00	74.162,04	42.214,68	27.285,77	52.723,42	79.662,87	0,92	1,21
12	UP12	1,00000	108.235,14	108.235,14	184.024,81	184.024,81	137.017,65	137.017,65	1,03	1,03
13	UP13	1,00000	74.162,04	74.162,04	27.285,77	27.285,77	79.662,87	79.662,87	1,21	1,21
14	UP14	1,00000	1.314.542,40	1.314.542,40	266.576,06	266.576,06	829.021,48	829.021,48	0,89	0,89
15	UP15	1,51342	241.104,00	74.162,04	63.690,61	27.285,77	0,00	79.662,87	0,80	1,21
16	UP16	1,94467	430.456,44	220.215,92	329.061,33	329.061,33	105.951,96	206.041,82	0,60	1,16
17	UP17	1,23218	293.425,00	229.101,29	235.456,11	235.456,11	188.084,33	231.753,75	0,94	1,15
18	UP18	1,00000	187.702,08	187.702,08	8.148,92	8.148,92	67.253,77	67.253,77	0,79	0,79
19	UP19	1,23338	454.214,71	379.230,58	438.771,16	438.771,16	307.174,54	378.864,37	0,89	1,10
20	UP20	1,50016	348.151,56	91.755,75	24.320,40	24.320,40	40.246,66	77.740,01	0,76	1,14
21	UP21	1,00000	108.235,15	108.235,15	161.363,49	161.363,49	136.393,70	136.393,70	1,05	1,05
Geral		1,27154	9.105.152,60	6.961.316,98	10.764.516,22	7.836.328,79	4.925.093,47	5.685.186,44	0,87	1,08

Fonte: Elaborada pelos autores (2004).

**APLICAÇÃO DE MÉTODO DE PESQUISA OPERACIONAL (DEA) NA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UNIDADES PRODUTIVAS PARA
ÁREA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL**

João Roberto Lorenzetti – Ana Lúcia Miranda Lopes – Marcus Vinicius Andrade de Lima

Tabela 4: Insumos e produtos, e resultados obtidos para eficiência e metas, nas unidades analisadas, de acordo com a perspectiva 2

No.	Id.	Ef	Compulsório		Investimento realizado		Qualidade de Produto		Qualidade de Gestão		Satisfação dos Clientes	
			Base	Meta	Base	Meta	Base	Meta	Base	Meta	Base	Meta
1	UP01	1,01790	457.342,20	180.157,08	371.462,96	371.462,96	74,2	90,4	59,4	76,7	4,5	4,6
2	UP02	1,00000	922.363,80	922.363,80	211.415,77	211.415,77	93,5	93,5	57,2	57,2	4,4	4,4
3	UP03	1,00000	181.410,36	181.410,36	2.722.774,28	2.722.774,28	69,1	69,1	91,5	91,5	4,4	4,4
4	UP04	1,00000	110.400,00	110.400,00	109.183,18	109.183,18	88,3	88,3	81,6	81,6	4,4	4,4
5	UP05	1,00000	152.049,12	152.049,12	126.487,47	126.487,47	78,9	78,9	86,0	86,0	4,5	4,5
6	UP06	1,04400	574.221,60	573.778,44	298.968,07	135.743,89	88,3	92,2	62,7	65,4	4,3	4,5
7	UP07	1,00984	422.531,40	115.071,85	51.997,36	51.997,36	58,0	82,3	79,4	80,2	4,4	4,4
8	UP08	1,00442	735.000,00	130.368,21	209.793,19	209.793,19	81,5	90,3	60,3	77,0	4,5	4,6
9	UP09	1,04412	610.323,20	108.195,72	865.721,73	63.869,52	84,1	87,8	76,9	80,3	4,3	4,5
10	UP10	1,00000	1.302.490,40	1.302.490,40	4.015.798,87	4.015.798,87	90,9	90,9	71,3	71,3	4,5	4,5
11	UP11	1,03881	76.792,00	76.792,00	42.214,68	35.825,53	67,8	90,3	72,8	77,2	4,4	4,6
12	UP12	1,03881	108.235,14	108.235,14	184.024,81	137.924,76	81,9	90,3	61,3	77,1	4,4	4,6
13	UP13	1,00000	74.162,04	74.162,04	27.285,77	27.285,77	90,3	90,3	77,2	77,2	4,6	4,6
14	UP14	1,02018	1.314.542,40	147.855,43	266.576,06	266.576,06	88,0	90,3	65,8	76,9	4,5	4,6
15	UP15	1,02137	241.104,00	90.850,69	63.690,61	63.690,61	61,4	87,8	77,5	79,1	4,4	4,5
16	UP16	1,02941	430.456,44	167.098,80	329.061,33	329.061,33	52,4	90,3	67,6	76,8	4,4	4,6
17	UP17	1,00000	293.425,00	293.425,00	235.456,11	235.456,11	84,4	84,4	93,9	93,9	4,4	4,4
18	UP18	1,00000	187.702,08	187.702,08	8.148,92	8.148,92	61,4	61,4	80,2	80,2	4,0	4,0
19	UP19	1,05081	454.214,71	200.885,75	438.771,16	438.771,16	74,6	90,4	69,1	76,6	4,3	4,6
20	UP20	1,00890	348.151,56	91.755,75	24.320,40	24.320,40	80,0	85,8	60,3	77,7	4,4	4,5
21	UP21	1,00000	108.235,15	108.235,15	161.363,49	161.363,49	65,8	65,8	88,5	88,5	4,5	4,5
Geral		1,01565	9.105.152,60	5.323.282,80	10.764.516,22	9.746.950,63	76,9	85,3	73,4	78,5	4,4	4,5

Fonte: Elaborada pelos autores (2004).

É importante observar que as unidades eficientes o são em relação às demais unidades, mas não necessariamente eficientes de forma absoluta. A ideia central é que se estabeleça a fronteira de eficiência em relação ao status atual, considerando as tecnologias de produção utilizadas, e fornecendo, assim, metas compatíveis para alcance desta fronteira por todas as unidades. A partir desta nova situação, expande-se a fronteira, com medidas de aprimoramento mais abrangentes. Embora não indicado nas tabelas de resultado, é importante lembrar que o método determina, também, as unidades de referência para cada unidade ineficiente.

Na análise destes resultados, alguns aspectos podem ser observados. Primeiramente, dentre as unidades produtivas ineficientes na perspectiva financeira, existem algumas cujas metas determinadas para insumos e produtos contrastam fortemente com os valores atuais, o que deve ser interpretado como indicador de que estas unidades estão, ou foram, submetidas a condições de contorno diferentes das demais, ou que estas unidades são detentoras de tecnologias de produção não comparáveis às das demais (notadamente, a unidade UP02 e a unidade UP15, com

indicador de eficiência Ef respectivamente igual a 1,83981 e 1,51342, na perspectiva 1), e devem merecer atenção especial dos gestores. Na perspectiva 2, esta situação não ocorre, indicando homogeneidade de desempenho.

Um segundo ponto de análise revela que 33,3% das unidades são eficientes sob a perspectiva financeira, 42,8% o são sob a perspectiva da qualidade, e 19,0% do total das unidades são eficientes sob ambas as perspectivas. As unidades UP06, UP12 e UP14 são eficientes na perspectiva 1, mas não na perspectiva 2, e o inverso ocorre para as unidades UP02, UP03, UP04, UP05 e UP17, o que sugere uma investigação mais profunda para detecção das situações de geração de receita de curto prazo à custa de procedimentos temporários de redução de qualidade, ou desvio de foco para processos meio, citadas anteriormente neste trabalho. A média aritmética de eficiência das 21 unidades é de 1,27154, o que indica um potencial de crescimento médio de produção de aproximadamente 27,2%, sem alteração de insumos para a perspectiva 1. O mesmo raciocínio para a perspectiva 2 aponta um potencial de crescimento médio em torno de 1,6%, indicando que, nesta perspectiva, as unidades estão próximas da fronteira de eficiência.

A comparação entre a somatória dos valores do resultado global atual e projetado como meta aponta um crescimento médio de 15,4% que, se atingido, significaria a projeção de todas as unidades produtivas consideradas à fronteira de eficiência estimada para este produto. Sobre esta meta global, após eventuais ajustes, devem ser aplicados os índices de crescimento ou decréscimo, que podem ser interpretados como uma expansão ou retração na fronteira de eficiência estimada para a instituição e para este produto. Da mesma forma, os demais produtos de ambas as perspectivas podem ser assim analisados, revelando potenciais de crescimento médios de 23,7% para auto-sustentação, 10,9% para qualidade de produto, 7,0% para qualidade de gestão, e 1,6% para satisfação de clientes.

6 CONCLUSÃO

A avaliação de desempenho de unidades produtivas para fins de planejamento é um importante aspecto da administração, e o método DEA tem sido gradativamente mais utilizado para estes fins. No caso em estudo, verificaram-se algumas vantagens e limitações, em relação aos procedimentos atualmente adotados para avaliação de desempenho. Uma característica positiva é

a de que se pode lidar com muitos insumos e muitos produtos sem a necessidade de uma função explícita de relacionamento. Outra característica favorável é a comparação direta de cada unidade produtiva com uma unidade-referência ou uma combinação de unidades-referência conhecidas, o que facilita o estabelecimento das metas. Por outro lado, a complexidade do método e a possível dificuldade de aceitação decorrente, por parte dos gestores sem formação específica, que pode ser amortecida basicamente por treinamento gerencial, é uma limitação.

O modelo DEA é bastante apropriado para cálculo de desempenho relativo, mas converge lentamente ao desempenho absoluto, ou seja, tem-se sempre uma determinada unidade comparada a uma referência ou conjunto de referências, mas não comparada a um desempenho absoluto (o que, porém, já ocorre para os métodos atuais). Os resultados são válidos como primeira referência para os gestores da instituição em estudo, indicando as unidades que merecem mais atenção e auxiliando o estabelecimento de metas sob a ótica da comparação com os métodos anteriormente adotados. Para aprimoramento dos modelos, fica aberta a possibilidade de adoção de extensões que considerem, por exemplo, a possibilidade de utilização de dois grupos distintos de unidades, diferenciados por tamanho, ou, ainda, a consideração da opinião dos decisores, por ponderação ou limitação forçada de pesos para insumos e produtos.

**APPLICATION OF METHOD OF OPERATIONAL RESEARCH (DEA) IN THE PERFORMANCE
EVALUATION OF PRODUCTION UNITS FOR AREA VOCATIONAL EDUCATION**

ABSTRACT

The Data Envelopment Analysis (Data Envelopment Analysis - DEA) has been extensively used as management support, in estimating the relative performance of production units similar. Particularly has been applied to companies that work using multiple inputs to produce multiple products, for which it is difficult to assign prices or weights. The study is an exploratory, descriptive and evaluative. The techniques of data collection were observation, document analysis and literature review. The information collected is treated in a qualitative and quantitative. This paper presents a case study of applying this method to a nonprofit corporation, the area of professional education and technical and technological services (SENAI, the National Service of Industrial Learning). It studies the replacement of existing procedures for evaluating performance of production units, including operational aspects, financial and management. Assesses the performance of 21 operating units of SENAI two perspectives: financial and quality. The DEA model chosen is variable returns to scale-oriented product (CCB). The results show that 33.3% of the units are efficient in the financial perspective, 42.8% are from the perspective of quality, and 19, 0% of total units are effective from both perspectives. We conclude that the DEA model is appropriate for performance evaluation of the operational units of SENAI provides valuable results for the managers of the institution such as setting goals and identifying benchmarks for the inefficient units.

Keywords: DEA. Performance evaluation. Education professional.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, T. **A data envelopment analysis (DEA)**. Disponível em :
<<http://www.emp.pdx.edu/dea/homedea.html>>. Acesso em: 10 abr. 2004.

AVELAR, J.V.G; POLEZZI, A.O.D.; MILIONI, A.Z. **On the evaluation of Brazilian landline telephone services companies**. Pesquisa Operacional. Brazilian Operations Research Society, 22 (2),231-247, 2002.

AVKIRAN, N.K. **Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis**. Socio-Economic Planning Sciences, 35(1), 57-80, 2001.

BHAT, R., VERMA, B.B., REUBEN, E. **A note on data envelopment analysis [DEA]**. *Journal of Health Management*, 3(2), 309-328, 2001.

BOWLIN, W.F. **Measuring performance: an Introduction to data envelopment analysis (DEA)**. *Journal of Cost Analysis*, p.3-27, 1998.

CALHOUN, J. **Data envelopment analysis of relative efficiencies of institutions of higher learning** . Association for the Study of Higher Education, Portland, OR, 2003.

CHARNES, A., COOPER, W.W., e RHODES, E. **Measuring the efficiency of decision making units**. European Journal of Operational Research 2(6):429-444, 1978.

CHIRIKOS, T.N., SEAR, A.M. **Measuring hospital efficiency: a comparison of two approaches**. Health Services Research, 2000.

COELLI, T., PRASADA RAO, D.S., BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Massachussets: Kluwer Academic Publishers, 1998.

CORNUEJOLS, G., TRICK, M. (2004) **Quantitative methods for the management sciencies**, 45-760. Course notes, Graduate School of Industrial Administration, Carnegie Mellon University, 1998. Disponível em : <<http://mat.gsia.cmu.edu/QUANT/NOTES/>>. Acesso em: 10 abr.2010.

DE LEONE, R., LAZZARI, C. **Measuring efficiency using data envelopment analysis** . Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo, 58, Serie II, 1999.

DYSON, R.G., THANASSOULIS, E. BOUSSOFIANE, A. **DEA tutorial**, 2004. Disponível em: Ali Emrouznejad's DEA home page. <<http://www.DEAzone.com>>. Acesso em: 10 abr. 2010.

FARID PEREIRA, M.; TUSI, J.S.S.; LANZER, E.A.; SAMOHYL, R.W. **Productivity growth and technological progress in the Brazilian agricultural sector**. Pesquisa Operacional/Brazilian Operations Research Society, 22 (2),133-146, 2002.

HALME, M., JORO T., KORHONEN, P., SALO, S., WALLENIUS, J. **A value efficiency approach to incorporating preference information in data envelopment analysis**. Helsinki School of Economics and Business Administration, working paper W-171, 1998.

JORO, T. **Models for identifying targets units in data envelopment analysis: comparison and extension**. International Institute for Applied Systems Analysis, Interim Report IR -98-055, 1998.

KASSAI, S. **Utilização de análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis** (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, Departamento de Economia, Administração e Contabilidade, 2002.

KORHONEN, P. **Searching the efficient frontier in data envelopment analysis**. International Institute for Applied Systems Analysis, Interim Report IR -97-79, 1997.

LILIENFELD, A. **The use of Data Envelopment Analysis in the measurement of water use efficiency in irrigated agriculture** . Association of American Geographers. Annual Meeting, 2004.

MIRANDA LOPES, A.L., LANZER, E.A. **Data envelopment analysis - DEA and fuzzy sets to assess the performance of academic departments: a case study at Federal University of Santa Catarina - UFSC**. Pesquisa Operacional, 22 (2), 217-230, 2002.

RAMANATHAN, R. **An introduction to data envelopment analysis** – A tool for performance

measurement. New Delhi: Sage Publications India, 2003.

ROCHA, R.B.; CAVALCANTI NETTO, M.A. **A data envelopment analysis model for rank ordering suppliers in the oil industry.** Pesquisa Operacional/Brazilian Operations Research Society , 22 (2),121-132, 2002.

STEERING COMMITTEE FOR THE REVIEW OF COMMONWEALTH/STATE SERVICE PROVISION. **Data Envelopment Analysis:** A technique for measuring the efficiency of government service delivery, AGPS, Canberra: 1997.

TALLURI, S. **Data envelopment analysis: models and extensions** . Decision Line, 2002.

WEILL, L. **Measuring cost efficiency in European Banking:** a comparison of frontier techniques. Journal of Productivity Analysis, 21(2): 133 -152, 2004.

ZHU, J. **Quantitative models for performance evaluation and benchmarking** . Massachusetts, EUA: Kluwer Academic Publishers, 2003.