

EFICIÊNCIA ECONÔMICA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO: UMA ANÁLISE DE ALGUMAS USINAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Economic efficiency in the production of sugar and ethanol: an analysis of several mills of São Paulo state

RESUMO

No atual cenário global de busca por alternativas mais limpas e mais eficientes de energia, o etanol brasileiro pode desempenhar papel de grande importância não só internamente, mas também em nível internacional, na medida em que se apresenta como um biocombustível de alto balanço energético, além dos sistemáticos ganhos de produtividade nas últimas décadas, principalmente no estado de São Paulo. Por este trabalho, obtêm-se indicadores multicriteriais de eficiência empregando modelagem de análise envoltória de dados (DEA) para uma amostra de 38 usinas no estado de São Paulo, com boa representatividade no universo de usinas no referido estado. Dados dos balanços patrimoniais de 2006 como ativos permanentes, imobilizados e despesas figuram como variáveis de entrada, enquanto níveis de produção de cana moída, receita bruta e lucro operacional são empregados como variáveis de saída na modelagem DEA. Uma posterior análise de clusters identificou três grupos diferentes de usinas em relação à eficiência econômica. Mediante os testes de Kruskal-Wallis mostraram-se ser estatisticamente significativas as diferenças entre os níveis de eficiência econômica e os três clusters, devido principalmente à diferenças nos níveis de investimentos e alocação de ativos e não nas variáveis de resultado como produção de cana, receita bruta ou lucro operacional. Os resultados da pesquisa podem representar utilidade e implicações práticas para gerentes no setor sucroalcooleiro no sentido de fornecer parâmetros para comparações de desempenhos operacional e econômico entre usinas. Limitações e pesquisas futuras apresentam-se também.

Alceu Salles Camargo Júnior
Professor Doutor junto ao Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/USP)

Márcio Mattos Borges de Oliveira
Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia Administração e Contabilidade, Departamento de Administração
mmattos@usp.br

Recebido em: 28/10/08. Aprovado em: 28/6/11
Avaliado pelo sistema blind review
Avaliador Científico: Ricardo Pereira Reis

ABSTRACT

In the current global trend to search cleaner and more efficient energy, the Brazilian ethanol can perform an important role, not only internally but also in the international scenery, because it is revealing itself as a biofuel with very high energy balance and also because its consistent productivity improvements in the last decades - mostly in São Paulo state. This work achieves multicriteria efficiency indicators employing DEA (data envelopment analysis) modeling for a sample of 38 ethanol and sugar mills in São Paulo state. Data from the 2006 financial balance sheets such as fixed and plant assets and expenses figure as entry variables, while sugarcane production levels beyond the gross yield and gross operational profit are used as output variables according to the DEA modeling. A cluster analysis identified three groups of mills with different economic efficiency levels. Kruskal-Wallis tests found significant statistical differences among the efficiency of the three clusters due mostly to the differences among the levels of investment and assets allocation and not due to the result variables such as sugarcane production, gross yield or operational profit. The results of this research can represent a support or practical implications for managers of sugar and ethanol mills by supplying parameters in order to make comparisons of the operational and economic performance among mills. Limitations and future researches are also presented.

Palavras-chave: Eficiência econômica, investimentos e resultados financeiros, produção de cana-de-açúcar, DEA (análise por envoltória de dados).

Key-words: Economic efficiency, investments and profit results, sugarcane production, DEA (data envelopment analysis)

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro brasileiro, constituído de usinas de produção de açúcar e álcool, é conhecido mundialmente pelos seus altos níveis de produtividade nos dois elos da cadeia produtiva, isto é, no cultivo e colheita como também no processamento do açúcar e do álcool e seus derivados.

O Brasil e os Estados Unidos são hoje os grandes produtores e também os grandes consumidores de etanol como combustível líquido e, juntos, são responsáveis por quase 90% do consumo total de etanol no mundo nos últimos anos (ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA, 2010). O contexto que se forma a partir de uma tendência de alta nos preços do petróleo, em conjunto com um arrefecimento da demanda por

combustíveis renováveis por conta do aquecimento global acaba por criar interesses e disposições por grande parte dos países em estabelecer metas e prazos para a utilização crescente do uso de combustíveis menos poluentes de origem renovável em substituição àqueles de origem fóssil (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE, 2007; EIA, 2010; DINIZ, 2001; NEVES; CONEJERO, 2009; ZUURBIER; VOOREN, 2009).

Com a forte tendência de substituição dos combustíveis fósseis por aqueles mais limpos provenientes da biomassa, o etanol brasileiro pode assumir uma grande responsabilidade não só internamente como também a nível mundial. O contínuo avanço de produtividade obtido nos últimos anos é, pois, necessário para manter o sistema produtivo brasileiro como o mais eficiente e economicamente viável.

Vários estudos apontam a disparidade de eficiência operacional no setor sucroalcooleiro no Brasil. Mesmo desconsiderando-se as maiores diferenças existentes entre as duas tradicionais regiões produtoras que são o Nordeste brasileiro e o estado de São Paulo, há ainda um grande variabilidade na eficiência das usinas, mesmo no estado de São Paulo que produzem mais de 60% de toda a cana moída do Brasil e tem a colheita com maior índice de mecanização do país (BACCARIN; GEBARA; BORGES, 2010; BELIK; VIAN, 2002; FREDO et al., 2008; MACEDO, 2007; SHIKIDA; NEVES; REZENDE, 2002; VIAN, 2003).

A colheita mecanizada da cana é viabilizada para grandes extensões de terra que apresentem declividades inferiores a 12° e, no estado de São Paulo, tem apresentado um crescimento à taxa de 22% anuais entre os anos de 1997 e 2006. Dos cerca de 320 milhões de toneladas colhidas na safra 2006/2007, aproximadamente 41% foi mecanizada no estado de São Paulo havendo, contudo, uma grande dispersão entre os índices de mecanização no Estado. As regiões de Ribeirão Preto, Franca e Fernandópolis atingem altos níveis de colheita mecanizada, variando de 50% a 70% devido, entre outros fatores, à vantagem do terreno mais plano, o que viabiliza uma maior operacionalização da colheita mecanizada. As regiões ao centro do Estado apresentam índices abaixo da média, como Piracicaba, com 19,4% da colheita mecanizada na safra 2006/2007. As regiões mais novas, como o Vale do Paraíba e o Centro-Oeste Paulista apresentam índices de mecanização abaixo de 30% (BACCARIN; GEBARA; BORGES, 2010; FREDO et al., 2008).

Por outro lado, há também uma disparidade entre as usinas em relação às estratégias empregadas na obtenção da cana para o posterior processamento

industrial. Algumas usinas adquirem sua cana a partir de fornecedores, outras arrendam terras, enquanto outras usinas têm preferido comprar e cultivar terras próprias, principalmente aquelas mais apropriadas para a mecanização. Os fornecedores de cana para as usinas também têm usado arrendamentos e, segundo Guedes, Terci e Peres (2007), a prática já estaria sendo aplicada por mais de 51% e 54% dos fornecedores de cana, respectivamente, nas regiões de Ribeirão Preto e de Piracicaba.

Objetiva-se, neste trabalho, investigar as diferenças de desempenho das usinas sucroalcooleiras em relação à eficiência econômica, isso é, à eficiência com que as usinas organizam sua produção e como realizam seus resultados financeiros em consequência das decisões estratégicas e operacionais que tomam e de como alocam seus recursos financeiros e administrativos na produção.

A análise da eficiência econômica tem a vantagem de examinar e contrapor os grandes fluxos financeiros que envolvem, de um lado, os investimentos e despesas e, de outro, aqueles que representam os resultados com a operação do negócio. Assim, a análise dessa pesquisa e os resultados obtidos podem gerar implicações gerenciais no sentido de proporcionar uma base de comparação para as usinas. Essas comparações podem ser importantes para as usinas obterem uma avaliação de suas operações perante os desempenhos de outras usinas, principalmente aquelas que se constituem em *benchmarkings*, por apresentar altos padrões de eficiência econômica.

Para isto, a pesquisa utiliza-se do método de análise envoltória de dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) que busca encontrar índices de eficiência global para unidades de análise de forma relativa, empregando modelagem de programação linear (HILLIER; LIEBERMAN, 2005). A modelagem DEA estima indicadores relativos de eficiência entre várias unidades produtoras num contexto multicriterial, isso é, obtém um indicador de eficiência a partir da consideração de vários fatores ou recursos de entrada e também várias medidas de resultado (ou saída). Assim, a eficiência resultante pode ser compreendida como uma medida holística que carrega no bojo um olhar multidimensional da organização e da gestão da operação do sistema produtivo.

A pesquisa emprega variáveis de investimento e despesas para representar os recursos de entrada e receita, lucro operacional e quantidade de cana moída, do ano de 2006, como variáveis de resultado de uma amostra de 38 usinas do estado de São Paulo como parâmetros para a modelagem DEA. A amostra apresenta boa

representatividade em relação ao universo de usinas em operação, na safra de 2005/2006, no estado de São Paulo.

Depois de obtidos os índices de eficiência com a modelagem DEA, uma análise de clusters classificou as usinas em três grupos com níveis diferenciados de eficiência. Testes não paramétricos de Kruskal-Wallis confirmaram diferenças significativas nas variáveis de entrada, mas não nas de saída, entre os clusters de eficiência de usinas, mostrando ser, os investimentos e despesas na operação e comercialização, as variáveis preponderantes para, na distinção dos clusters de diferentes eficiências. Por fim, o estudo classifica as usinas em grupos de diferentes níveis de eficiência e resultado operacional. Esses resultados apresentam implicações e utilidade gerencial, pois podem ser úteis para comparação entre as usinas além da identificação de unidades produtoras com os melhores desempenhos.

O texto está estruturado em cinco seções. A segunda seção traz a Revisão Bibliográfica, com uma discussão sobre a competitividade da produção brasileira de etanol com a análise de progresso técnico, evoluções e dinâmicas organizacionais dos últimos anos no setor sucroalcooleiro, além dos conceitos de eficiência econômica e sobre a metodologia DEA. A terceira apresenta a discussão metodológica da pesquisa. A quarta traz a apresentação e discussão dos resultados, enquanto a quinta fecha o artigo com as conclusões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção apresenta a revisão bibliográfica sobre a competitividade na operação de usinas do setor sucroalcooleiro brasileiro e também sobre a teoria e modelagem de análise por envoltória de dados (DEA), empregada para a obtenção da eficiência multicritério, em sistemas de operações.

2.1 Competitividade do Setor Sucroalcooleiro Brasileiro.

O agravamento das condições climáticas do planeta em decorrência do aquecimento global e a conseqüente busca de fontes energéticas limpas com menor emissão de gases de efeito estufa, além da atual elevação significativa do preço do petróleo são fatores que têm colaborado muito para o aumento da demanda internacional por biocombustíveis.

Enquanto o consumo mundial de combustíveis líquidos deve crescer à taxa de 0,9% ao ano, entre 2007 e 2035, o ritmo de crescimento de combustíveis renováveis deverá apresentar uma taxa de 2,6% ao ano. Segundo as projeções do EIA (*Energy Information Administration*),

órgão do governo dos EUA, esse ritmo deverá elevar a participação de 11,5% de combustíveis renováveis no total de combustíveis líquidos no mundo, em 2007, para algo em torno de 45% em 2035. A produção brasileira de etanol deverá saltar dos 0,3 milhões de barris por dia para 1,6 milhões de barris, por dia (EIA, 2010).

Mesmo com uma considerável disparidade interna em termos de estratégias de operação e produtividade, o setor sucroalcooleiro brasileiro é conhecido mundialmente pelos seus altos níveis de produtividade nos dois elos da cadeia produtiva, tanto no cultivo e colheita da cana-de-açúcar como também no processamento do etanol.

Com a forte tendência de substituição dos combustíveis fósseis por aqueles mais limpos provenientes de biomassa, o etanol brasileiro pode assumir uma grande responsabilidade, não só internamente, como também a nível mundial. Enquanto o cultivo de milho pode fixar somente entre 15 e 40% do carbono empregado no ciclo total de produção e uso do combustível, o cultivo da cana-de-açúcar pode fixar mais de 80% de todo o carbono utilizado no ciclo de produção e uso do etanol, apresentando, pois um desempenho ambiental bastante superior (CGEE, 2009; TURNER; PECK; PEARSON, 2007).

O etanol brasileiro desponta como uma das principais alternativas de biocombustíveis limpos, de grande qualidade e viabilidade econômica devido à sua alta eficiência, tanto no processamento industrial quanto no balanço energético natural. A quantidade de energia renovável obtida com a produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar no Brasil, pode chegar a mais de oito vezes a energia usada, de origem fóssil, em todos os elos da produção, isso é, na plantação e colheita da cana e também no processamento do etanol. Esse alto desempenho é, pois, bastante superior aos balanços energéticos na produção de etanol a partir de outras matérias-primas como o milho nos EUA, cuja relação está em torno de 1,5 ou de 2,0 a partir de beterraba ou trigo na Europa (MACEDO, 2007).

A grande competitividade do etanol brasileiro não advém somente da superioridade no balanço natural de energia, mas também dos ganhos de produtividade obtidos sistematicamente na cadeia produtiva do etanol que acabam por possibilitar reduções de custo de produção. Os ganhos de produtividade na produção do etanol brasileiro são provenientes tanto de avanços na agricultura como também de inovações nos processos produtivos nas usinas. O processo de desregulamentação do setor, ocorrida nos anos 1990, acabou por motivar ainda mais a busca de maiores produtividades. Pesquisas e inovações foram intensificadas por parte de fornecedores de sementes,

fertilizantes e defensivos agrícolas e de fornecedores de equipamentos e processos automatizados, além de buscas por melhorias administrativas internas (BELIK; VIAN, 2002; MELLO; PAULILLO, 2005; NEVES; TROMBIN; CONSOLI, 2010; ROSILLO-CALLE; BAJAY; ROTHMAN, 2005; SHIKIDA; NEVES; REZENDE, 2002; VIAN, 2003).

Segundo Macedo (2007), os principais avanços de produtividade na década de 1980 e 1990 foram advindos principalmente pela introdução de novas variedades de cana no Brasil, pelo uso da vinhaça como fertilizante, pelo desenvolvimento da moagem com quatro rolos e também do emprego do bagaço da cana para gerar energia elétrica. Esses avanços persistiram por toda a década seguinte, sendo que, entre os anos de 1990 e 2000, ocorreram melhorias e automatizações do processo produtivo e avanços na logística de cultivo. Evoluções na mecanização da colheita e no transporte da cana, bem como na cogeração de energia elétrica também figuram como os principais responsáveis pela escalada dos níveis de produtividade. Entre 1975 e 2000, estima-se um ganho de produtividade em torno de 130% no processo de fermentação do etanol e de 33% na parte agrícola (MACEDO, 2007).

O custo de produção do etanol nas usinas mais eficientes no Brasil é de aproximadamente US\$ 0,20 por litro em 2004 e, portanto, bastante inferior ao custo do etanol de milho (US\$ 0,33) produzido nos Estados Unidos e ao custo do etanol de trigo (US\$ 0,38) ou beterraba (US\$ 0,52) produzido na Europa (BAKE et al., 2009; CGEE, 2004; MACEDO, 2005).

Por outro lado, novas estratégias organizacionais e comerciais visam a tornar as operações mais produtivas e sustentáveis, principalmente depois da desregulamentação do setor, nos anos 1990. Entre elas, encontramos a diferenciação de produtos, diversificação da produção, cooperações, fusões e aquisições, bem como estratégias de responsabilidade social e ambiental, de melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores, de racionalização do uso da terra e da água e mitigação dos efeitos da mecanização da colheita (BELIK; VIAN, 2002; MELLO; PAULILLO, 2005; NEVES; TROMBIN; CONSOLI, 2010; VIAN; LIMA; FERREIRA FILHO, 2007).

Sustentado pelos contínuos ganhos de produtividade e motivado pelo sucesso do carro flex, lançado no Brasil em 2003, e pelas expectativas de adoção do etanol como uma commodity em nível internacional para substituir ou ser adicionado à gasolina em escala mundial, o setor sucroalcooleiro brasileiro tem experimentado uma nova dinâmica nos negócios, com expansões de operações,

melhorias e lançamento de novos produtos, usos e mercados, de rearranjos, fusões e aquisições, além de novos investimentos, inclusive de capital de origem externa (BENETTI, 2009; CAMARGO et al., 2008; GUEDES; GIANOTTI, 2009; MELLO; PAULILLO, 2005; MILANEZ; BARROS; FAVERET FILHO, 2008; NASSAR et al., 2009; VIAN; LIMA; FERREIRA FILHO, 2007).

Novas terras são procuradas, especialmente aquelas com declives menores de 12° visando à viabilidade da colheita mecanizada, como regiões do Triângulo Mineiro, Mato Grosso do Sul, Goiás e Paraná, além do próprio estado de São Paulo. A maior parte das expansões das operações têm ocorrido no estado de São Paulo em direção às regiões Norte, Noroeste e Oeste, principalmente próximo às cidades de São José do Rio Preto, Barretos, Votuporanga, Dracena, Tupã e Presidente Prudente. De 1995 a 2007, a área total destinada ao setor sucroalcooleiro aumentou em 70% no estado de São Paulo, passando dos 2,26 para 3,9 milhões de hectares cultivados (CAMARGO et al., 2008; NASSAR et al., 2009).

Como consequência desses movimentos, muitas empresas estrangeiras também têm se interessado pela produtividade do etanol brasileiro e têm encontrado nas fusões, aquisições, parcerias para pesquisa, joint-ventures, suas estratégias de entrada para operações no Brasil. Entre elas, temos as francesas Louis Dreyfus e Tereos, as japonesas Mitsui e Mitsubishi Corporation, as norte-americanas ADM (Archier Daniels Midland), Cargill, Amyris, Adecoagro e Globex e as inglesas Evergreen e Infinity Bio-Energy. Num desses projetos, a Amyris e a SantaElisa Vale S.A. buscam desenvolver e produzir diesel a partir de etanol, empregando processos bioquímicos específicos (BENETTI, 2009; RAMOS et al., 2008).

Financiando boa parte desses movimentos, os investimentos aprovados pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) para o setor sucroalcooleiro totalizaram cerca de R\$ 9,95 bilhões de reais, entre os anos 2004 e 2008. A participação desses investimentos em relação ao total anual do BNDES reflete o aquecimento e expansão do setor, tendo evoluído de 1,24%, em 2004 para 5,64%, em 2008. Cerca de 87% desses investimentos foram direcionados para expansão e implantação de novas unidades produtoras do setor sucroalcooleiro e direcionados em grande parte (70%) para o estado de São Paulo, seguido por Minas Gerais, Paraná e Goiás. Por outro lado, as inversões externas diretas no setor sucroalcooleiro brasileiro atingiu a cifra média de US\$ 619 milhões anuais, entre os anos de 200 e 2006, representando 27,5% de toda a entrada de investimento

no setor de alimentos e bebidas brasileiro, no período considerado (GUEDES; GIANOTTI, 2009; MILANEZ; BARROS; FAVERET FILHO, 2008).

2.2 Eficiência Econômica e a Análise por Envoltória de Dados (DEA).

A modelagem por análise envoltória de dados (DEA) é empregada para medir-se a eficiência de uma forma global ou multidimensional de um processo ou sistema de produção e, nesse sentido, tem condição de analisar a eficiência numa forma holística, mais abrangente. A modelagem DEA pode, pois, analisar a eficiência global proveniente de um conjunto de resultados operacionais e econômicos como consequências da gestão e estratégias de operação. A modelagem considera, por outro lado, simultaneamente, também um conjunto de recursos (de entrada) produtivos e administrativos na operação expandindo, pois, a forma mais comum e tradicional de análise de eficiência que considera somente uma variável de entrada e uma de saída (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

Uma das formas mais utilizadas para medidas de eficiência de empresas ou setores industriais quando há a análise conjunta de muitos recursos empregados e muitos produtos ou resultados é o levantamento da fronteira eficiente usando-se para isso as próprias funções de produção das empresas. A fronteira apresenta as máximas possibilidades de produção dados um conjunto fixado de recursos empregados. Empresas ou organizações que não atingem a fronteira são consideradas ineficientes, na medida em que poderiam obter mais resultados com a mesma quantidade alocada de recursos ou, por outro lado, poderiam continuar obtendo as mesmas quantidades de produtos ou resultados, com uma menor quantidade de recursos empregados.

As abordagens paramétricas de obtenção de fronteiras eficientes requerem, segundo Pastor, Pérez e Quesada (1997), que se façam proposições a respeito dos modelos e das variáveis utilizadas para representação das funções de produção e de custos das unidades produtoras ou setores industriais analisados, como as funções tecnológicas de Cobb-Douglas, comumente empregadas (ALI; NAKOSTEEN, 2005).

As técnicas não paramétricas, como a modelagem DEA, permitem a obtenção da fronteira eficiente sem a necessidade de pressupostos sobre as variáveis ou funções de produção e/ou de custo. São modelagens baseadas em programação matemática de onde se obtêm as unidades eficientes, na medida em que se apresentam

níveis máximos de produção dada uma certa restrição de emprego de recursos ou fatores de produção (variáveis de entrada) (HILLIER; LIEBERMAN, 2005). Esse relaxamento, de restrições e pressupostos, dá grande vantagem às técnicas não paramétricas para análise de eficiências, empregando estudo de fronteiras.

A abordagem DEA baseada nos recursos (inputs) busca maximizar as quantidades de resultados, isso é, maximizar uma combinação linear das quantidades dos vários resultados ou produção. A modelagem busca encontrar os pesos para cada resultado (e também para cada recurso empregado nas atividades produtivas e de gestão) de forma que a combinação linear dos produtos seja máxima. Além disso, faz-se a restrição de que, com esses pesos encontrados, as eficiências de cada uma das unidades produtoras não sejam superiores que a unidade (RETZLAFF-ROBERTS, 1996).

Assim, obtém-se, para cada usina da amostra, uma família de pesos que faz com que sua eficiência seja máxima e comparar tal eficiência com as demais usinas, simplesmente pela utilização desses mesmos pesos. O método obtém medidas relacionadas de eficiências entre as várias unidades produtoras na amostra. Apesar de os valores das eficiências se alterarem quando uma nova unidade produtiva é considerada na amostra, as relações e as diferenças se mantêm na modelagem DEA. Assim, o conjunto de unidades produtoras mais eficientes se mantém discriminado do conjunto de unidades ineficientes, de forma que as comparações relativas de eficiência entre as unidades não se alteram (NUNAMAKER, 1985).

Em seu modelo seminal, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) levantam a eficiência operacional (h_s) de uma empresa s , conforme apresentada na expressão 2.1.

$$h_s = \frac{\sum_{i=1}^m u_i y_{is}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{js}} \quad (2.1)$$

onde:

y_{is} representam as quantidade de cada uma das m variáveis de saída (resultado) da usina s ;

x_{js} representam as quantidades de cada uma das n variáveis de entrada (recurso) da usina s ;

u_i são os pesos para cada um dos m resultados da usina s ;

v_j são os pesos de cada um dos n recursos de entrada, empregados na produção da usina s .

A modelagem CCR busca, então, encontrar os valores de cada um dos u_i e dos v_j para os quais a eficiência h_s da usina seja máxima. Contudo, faz-se necessária a restrição de que a eficiência para cada uma das N usinas (inclusive a própria usina s) da amostra seja menor que a unidade quando empregada a família de pesos u_i e v_j encontradas para a usina s . Tal restrição é apresentada na expressão 2.2:

$$h_r = \frac{\sum_{i=1}^m u_i y_{ir}}{\sum_{j=1}^n v_j x_{jr}} \leq 1 \quad (2.2)$$

para toda e qualquer usina r , sendo $r=1,2,\dots,N$.

Para que o valor da eficiência de cada uma das N usinas da amostra sejam números entre 0 e 1 e como artifício para a linearização da modelagem, há a necessidade de uma outra restrição. É preciso, com relação à combinação linear dos custos ou das utilizações dos recursos de entrada, que essa igual à unidade para a usina s em análise, conforme expressão 2.3.

$$\sum_{j=1}^n v_j x_{js} = 1 \quad (2.3)$$

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) desenvolveram a modelagem DEA linearizada conhecida por CCR e apresentada na expressão 2.4.

$$\begin{aligned} \text{Maximizar} \quad & h_s = \sum_{i=1}^m u_i y_{is} \\ \text{Sujeito a} \quad & \sum_{i=1}^m u_i y_{ir} - \sum_{j=1}^n v_j x_{jr} \leq 0; \quad r = 1, \dots, N; \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\sum_{j=1}^n v_j x_{js} = 1$$

$$u_i, v_j \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

3 MÉTODO DE PESQUISA

Para a obtenção dos indicadores de eficiência global, pela modelagem DEA, a pesquisa utilizou variáveis

do balanço patrimonial do ano de 2006 e de produção de cana na safra de 2005/2006 de 38 usinas paulistas de produção de açúcar e álcool. Depois de ter acesso a dados financeiros de 56 usinas do estado de São Paulo, a pesquisa identificou que somente 38 usinas apresentavam as informações financeiras necessárias, por completo, para a pesquisa.

Há usinas de capital aberto na amostra, mas a amostra não é constituída somente de usinas de capital aberto. Apesar de a seleção da amostra ter um caráter de conveniência (HAIR JÚNIOR et al., 2005; MALHOTRA, 2001; NEWBOLD, 1995), ela apresenta boa representatividade em termos de produção média de cana moída, pois, conforme a Tabela 1, a produção média das usinas em nossa amostra é de 2.127.944 toneladas, um pouco superior quando comparada à média total do estado de 2.065.000, na safra de 2005/2006, considerando o total de, aproximadamente, 285 milhões de toneladas produzidas por 138 usinas no estado de São Paulo naquela safra (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA, 2010).

Desta forma, a amostra da pesquisa, abrangendo 27,5% do total de 138 usinas que operaram na safra de 2005/2006 no estado de São Paulo, apresenta boa representatividade com pequeno viés de alta, isto é, é constituída por usinas com níveis de produção um pouco superiores à média geral do estado de São Paulo, naquela safra.

Uma análise de correlação auxiliou na seleção das variáveis de forma que os pares de variáveis de entrada e saída tivessem fortes correlações. Assim, as variáveis de entrada (input) selecionadas para representar, na modelagem DEA, os esforços e recursos empregados na produção são:

- Ativo Total Circulante (ATIVOC);
- Ativo Total Permanente (ATIVOP);
- Ativo Imobilizado (IMOBIL);
- Máquinas, Equipamentos e Ferramentas (MAQEQUIP);
- Despesas Administrativas (DESPADMI).

Assim, a alocação de recursos (entradas) fica representada pelas duas principais dimensões, isso é, o histórico de investimentos representado pelas três variáveis de Ativos e os fluxos com aquisições e despesas com máquinas, equipamentos e ferramentas e também com Despesas Administrativas.

Por outro lado, figuram como variáveis de saída (output):

- Nível de Produção (cana moída em toneladas) (PRODUÇÃO);

- Receita Bruta (RECEITAB);
- Resultado Operacional Bruto (RESULTAD).

As dimensões de saída são representadas por duas importantes dimensões e etapas no ciclo de operação, isso é, as dimensões física e econômica. Enquanto a dimensão econômica captura os fluxos das receitas e lucros financeiros finais do ciclo produtivo todo, a física mede a cana moída por cada usina, uma medida importante de resultado intermediário entre os elos agrícola e industrial. A receita bruta está relacionada, dentre outros aspectos, às estratégias de tamanho e à capacidade da usina em vender e comercializar açúcar e álcool e/ou outros produtos derivados e também à sua competitividade em disputar fatias de mercado em cooperação ou não. Por outro lado, o resultado operacional bruto é o resultado final da usina e acaba por evidenciar o sucesso ou não de estratégias ou habilidades da usina em operacionalizar seu lucro, depois de cobrir os custos totais de produção. Esses custos são inerentes à cada decisão ou estratégia diferenciada de operação que pode considerar ou não o uso de terras próprias ou arrendamento, diferentes níveis de mecanização tanto no elo agrícola quanto no industrial, e diferentes despesas operacionais, administrativas e de vendas.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta uma análise descritiva dos dados para as variáveis de entrada e de saída para a modelagem DEA, para a amostra de 38 usinas paulistas desta pesquisa. Na sequência, a Figura 1 apresenta a distribuição desses dados em gráficos do tipo *box-plot*.

Depois da implementação da modelagem DEA com a rotina Solver da planilha MS-Excel, os resultados para os

índices de eficiência econômica para cada uma das 38 usinas podem ser observados na Tabela 2.

TABELA 2 – Índices de Eficiência das 38 usinas paulistas de açúcar e álcool.

Usinas	Eficiência	Usinas	Eficiência
Usina 1	100,0%	Usina 20	68,6%
Usina 2	100,0%	Usina 21	68,5%
Usina 3	100,0%	Usina 22	67,2%
Usina 4	100,0%	Usina 23	67,1%
Usina 5	100,0%	Usina 24	66,6%
Usina 6	100,0%	Usina 25	66,6%
Usina 7	100,0%	Usina 26	62,3%
Usina 8	100,0%	Usina 27	60,7%
Usina 9	100,0%	Usina 28	56,2%
Usina 10	98,3%	Usina 29	55,8%
Usina 11	86,5%	Usina 30	54,4%
Usina 12	85,9%	Usina 31	54,3%
Usina 13	84,3%	Usina 32	54,2%
Usina 14	83,6%	Usina 33	51,3%
Usina 15	81,0%	Usina 34	49,8%
Usina 16	76,9%	Usina 35	47,1%
Usina 17	76,7%	Usina 36	46,8%
Usina 18	75,7%	Usina 37	44,2%
Usina 19	75,0%	Usina 38	18,4%

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com o objetivo de segmentar a amostra em três grupos de diferentes níveis de eficiência econômica, procedeu-se a uma análise de cluster (HAIR JÚNIOR et al.,

TABELA 1 – Resumo descritivo dos dados das variáveis de entrada e de saída para a amostra de 38 usinas paulistas desta pesquisa.

Variáveis	Mediana	Média	Desvio-Padrão
Ativo Circulante (R\$)	48.466.500	70.583.185	64.741.259
Ativo Permanente (R\$)	86.670.000	118.682.142	108.951.296
Imobilizado (R\$)	60.596.500	93.784.613	82.186.080
Máquinas e Equipamentos (R\$)	33.149.205	59.090.765	66.156.720
Despesas Administrativas (R\$)	7.972.000	11.698.778	11.101.623
Receita Bruta (R\$)	117.669.751	165.761.881	139.058.805
Resultado Operacional Bruto (R\$)	27.899.404	41.314.966	44.652.659
Produção (cana moída - em t)	1.703.835	2.127.944	1.481.623

Fonte: Elaborada pelos autores.

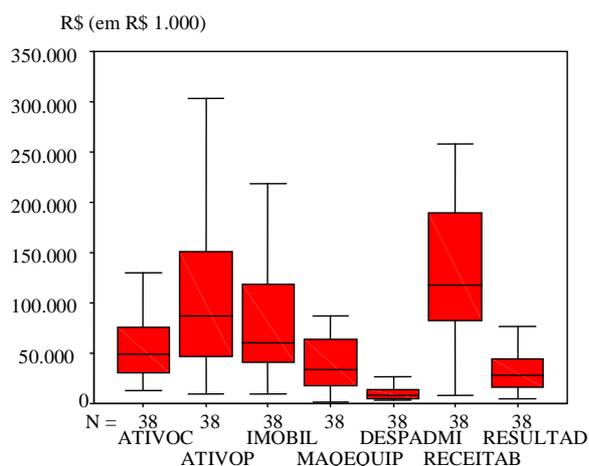


FIGURA 1 – Representação gráfica em Box-Plot dos dados financeiros da amostra da pesquisa.

Fonte: Elaborada pelos autores.

1998; JOHNSON; WICHERN, 1998) que classificou as 38 usinas em três grupos diferenciados em relação aos índices de eficiência. O grupo das usinas com os maiores índices de eficiência apresentou média de 95,6%, enquanto o grupo com os menores índices apresentou média de 48,4% de eficiência. O terceiro grupo, com níveis intermediários de eficiência, apresentou média de 70,2%. A Figura 2, obtida com o software SPSS, apresenta a distribuição da eficiência em cada um dos três clusters obtidos.

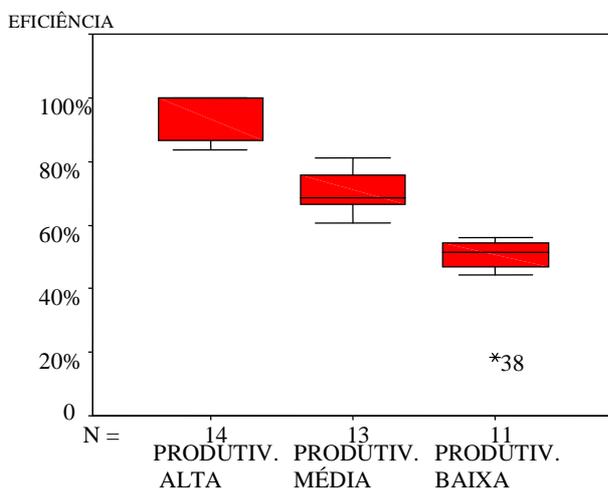


FIGURA 2 – Representação gráfica da distribuição dos índices de eficiência nos três clusters.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, a pesquisa procedeu a uma análise do comportamento das variáveis de entrada e saída, empregadas na modelagem, discriminadas pelos três clusters de usinas com desempenhos ou eficiências econômicas diferentes. A Figura 3 apresenta as distribuições dos níveis de produção em cada um dos três clusters de usinas, em que pode-se observar que os níveis de produção dos três clusters parecem similares em termos medianos.

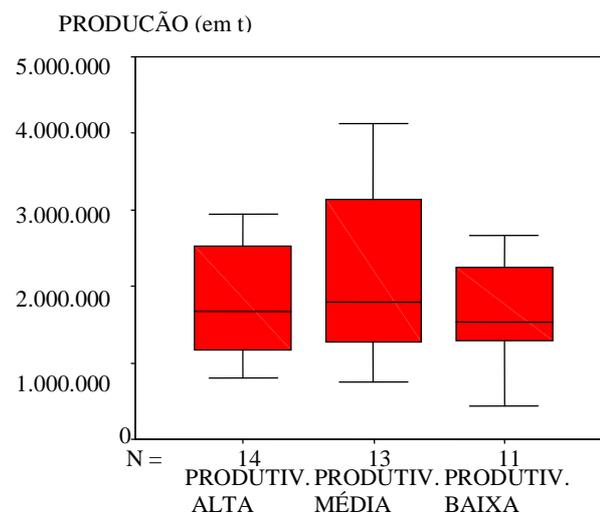


FIGURA 3 – Representação gráfica da distribuição dos níveis de produção das usinas da amostra, classificadas em relação aos três clusters.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na sequência, as Figuras 4 e 5 apresentam, respectivamente, as variáveis financeiras de saída e de entrada (da modelagem DEA) para a amostra da pesquisa, nos três clusters de eficiência. Na Figura 4 mostra-se que os níveis medianos das receitas e dos resultados econômicos são bastante similares entre os três clusters, e também para a produção, a outra variável de saída. Assim, podemos observar, pelas Figuras 3 e 4, que as variáveis de saída (produção, receita e resultados econômicos) não são, aparentemente, as que diferenciam as eficiências econômicas das usinas.

Testes não paramétricos de Kruskal-Wallis (CONOVER, 1999; NEWBOLD, 1995; SIEGEL, 1977) foram implementados e comprovam as diferenças como estatisticamente significativas em todas as variáveis de entrada e também nos próprios índices de eficiência, quando comparadas entre os três clusters de eficiência, conforme Tabela 3. O teste não aponta diferenças

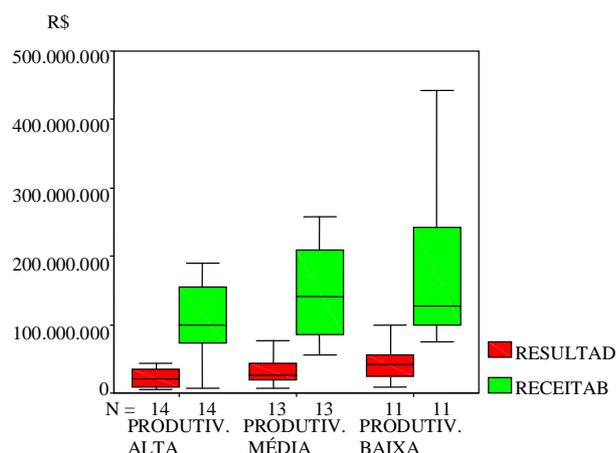


FIGURA 4 – Representação gráfica da distribuição dos níveis de resultado e receita bruta das usinas da amostra, classificadas em relação aos três clusters.

Fonte: Elaborada pelos autores.

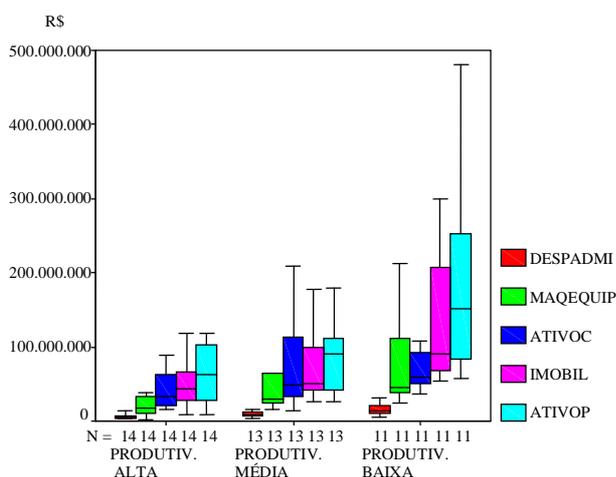


FIGURA 5 – Representação gráfica da distribuição de algumas das variáveis financeiras da pesquisa das usinas da amostra, classificadas em relação aos três clusters.

Fonte: Elaborada pelos autores.

significativas nas variáveis de resultado (saída), para as usinas entre os três clusters.

Os resultados dos testes de Kruskal-Wallis deixam claro que as usinas têm eficiências econômicas diferentes, não em relação às variáveis de saída (produção, receita e resultados econômicos), mas sim em relação às variáveis de entrada como os ativos, imobilizados, despesas e investimentos. As usinas mais eficientes são as que apresentam valores menores de ativos, imobilizados, investimentos em máquinas e

TABELA 3 – Resultados do teste de Kruskal-Wallis, para as variáveis das usinas, nos três clusters de eficiência.

Variáveis	Chi-Square	df	Asymp. Sig.
ATIVOC	5,655344	2	0,059150†
ATIVOP	6,383398	2	0,041102*
IMOBIL	7,592295	2	0,022457*
MAQEQUIP	10,09719	2	0,006418**
DESPADMI	10,07263	2	0,006498**
RECEITAB	3,353812	2	0,186951
RESULTAD	3,7178	2	0,155844
PRODUÇÃO	0,124167	2	0,939804
EFICIÊNCIA	33,23353	2	6,07E-08***

† sign < 0,10 * sign < 0,05 ** sign < 0,01 ***sign < 0,001

Fonte: Elaborada pelos autores.

equipamentos e despesas administrativas, já que não há distinção dos níveis das variáveis de saída entre as usinas dos diferentes clusters de eficiência.

Desta forma, os valores das variáveis de ativos, despesas e investimentos, na Figura 5 podem, pois, ser úteis para se distinguir ou discriminar as usinas em cada um dos três clusters, isso é, em relação aos diferentes níveis de eficiência econômica. É nesse sentido que os resultados dessa pesquisa podem ser bastante úteis para classificar uma usina qualquer, em termos de sua eficiência econômica bastando, para isso, conhecer os valores dos ativos permanentes, imobilizados e de despesas e investimentos, conforme a Figura 5. Para que a usina seja classificada como eficiente, seus níveis de imobilizados, despesas e investimentos devem ser pequenos, isso é, devem situar-se próximos daqueles níveis mais baixos, na Figura 5, relativos aos clusters de alta eficiência.

Estes resultados da pesquisa expressam um padrão de eficiência entre as usinas que pode ser compreendido mais em termos de decisões e estratégias de alocação de recursos (variáveis de entrada) do que em termos daquelas decisões e estratégias mais relacionadas à comercialização e realização de lucro. É importante notar que esses resultados e esse padrão podem estar revelando a alocação muito maior de equipamentos e ativos imobilizados, como terra, por exemplo, por parte de algumas usinas que acabaram sendo classificadas como ineficientes quando comparadas com a utilização dos mesmos recursos por usinas classificadas como eficientes.

A Figura 6 apresenta a classificação das usinas num gráfico em que a eficiência e os lucros (resultados operacionais) estão apresentados, respectivamente, nos eixos das abcissas e das ordenadas. O gráfico classifica as

usinas em quatro grupos quanto aos seus desempenhos em termos de resultados operacionais e eficiência. A segmentação foi obtida usando-se as medianas de 71,8% e de R\$ 27.899.403, respectivamente, para a eficiência e para o resultado operacional. Esse mapeamento pode ser útil para comparação entre as usinas e identificação nos quadrantes (grupos) e pode ser usado por uma usina qualquer para encontrar seu posicionamento em relação ao mapeamento de eficiência e resultado operacional.

As Tabelas 4, 5, 6 e 7 apresentam os valores dos resultados operacionais brutos e dos índices de eficiência para as usinas em cada um dos quatro grupos identificados pela classificação da Figura 6.

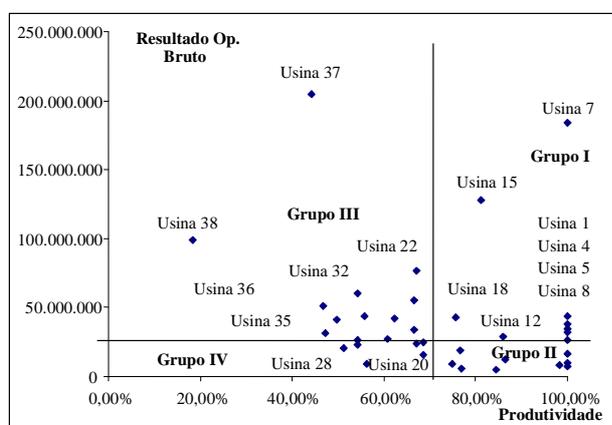


FIGURA 6 – Classificação das usinas em relação à eficiência e resultado operacional bruto.

Fonte: Elaborada pelos autores.

TABELA 4 – Eficiência e Resultado Operacional Bruto de Usinas do Grupo I.

Usinas	Eficiência	Resultado Oper. Bruto
Usina 7	100,00%	184.136.000
Usina 1	100,00%	43.748.000
Usina 4	100,00%	38.071.000
Usina 5	100,00%	34.766.642
Usina 8	100,00%	32.320.000
Usina 12	85,88%	28.948.378
Usina 15	81,03%	127.964.394
Usina 18	75,67%	43.205.000
Média	92,8%	66.644.927
Desvio-Padrão	10,3%	57.408.130

Fonte: Elaborada pelos autores.

TABELA 5 – Eficiência e Resultado Operacional Bruto de Usinas do Grupo II.

Usinas	Eficiência	Resultado Oper. Bruto
Usina 2	100,00%	26.721.000
Usina 9	100,00%	10.252.201
Usina 6	100,00%	7.298.000
Usina 3	100,00%	16.618.000
Usina 10	98,33%	7.947.000
Usina 11	86,53%	12.552.000
Usina 13	84,32%	5.098.000
Usina 14	83,58%	7.238.000
Usina 16	76,92%	6.181.000
Usina 17	76,71%	18.825.000
Usina 19	74,98%	9.093.104
Média	89,2%	11.620.300
Desvio-Padrão	10,6%	6.614.746

Fonte: Elaborada pelos autores.

TABELA 6 – Eficiência e Resultado Operacional Bruto de Usinas do Grupo III.

Usinas	Eficiência	Resultado Oper. Bruto
Usina 22	67,15%	76.529.000
Usina 24	66,58%	33.504.000
Usina 25	66,56%	55.092.000
Usina 26	62,29%	42.122.000
Usina 29	55,78%	43.865.000
Usina 32	54,17%	60.259.433
Usina 34	49,82%	41.245.299
Usina 35	47,13%	31.236.000
Usina 36	46,84%	51.540.000
Usina 37	44,18%	204.382.000
Usina 38	18,35%	98.888.000
Média	52,6%	67.151.157
Desvio-Padrão	14,2%	49.624.540

Fonte: Elaborada pelos autores.

As usinas do Grupo I apresentam os melhores desempenhos tanto em relação aos níveis de eficiência quanto em termos de resultado operacional enquanto as usinas do Grupo IV apresentam os menores níveis de eficiência e também de resultado operacional. Os Grupos II e III são constituídos de usinas com desempenhos

intermediários, isso é, as usinas do Grupo II apresentam altos níveis de eficiência, porém resultados operacionais relativamente menores e aquelas do Grupo III apresentam bons desempenhos em termos de resultados operacionais, porém níveis relativamente menores de eficiência.

TABELA 7 – Eficiência e Resultado Operacional Bruto de Usinas do Grupo IV.

Usinas	Eficiência	Resultado Oper. Bruto
Usina 20	68,62%	15.700.838
Usina 21	68,49%	24.613.000
Usina 23	67,09%	23.931.000
Usina 27	60,75%	26.850.429
Usina 28	56,23%	9.023.000
Usina 30	54,36%	26.000.000
Usina 31	54,29%	23.218.000
Usina 33	51,27%	20.987.000
Média	60,1%	21.290.408
Desvio-Padrão	7,1%	6.055.065

Fonte: Elaborada pelos autores.

5 CONCLUSÕES

O setor sucroalcooleiro brasileiro tem experimentado uma demanda crescente por etanol para uso como combustível líquido devido basicamente aos sistemáticos ganhos de produtividade, devido também aos sucessivos aumentos no preço do petróleo e à tendência de substituição crescente de combustíveis de origem fóssil por aqueles de fontes renováveis e menos poluentes. A intensificação da demanda pelo etanol brasileiro em nível mundial depende, entre outros fatores, da continuidade nos avanços tecnológicos e também de estratégias eficientes de operação e comercialização das usinas brasileiras.

Neste trabalho, levanta-se a eficiência econômica para uma amostra de 38 usinas do estado de São Paulo. A eficiência econômica é obtida pela análise por envoltória de dados (DEA), numa visão holística que considera várias medidas de resultados provenientes da operação das unidades produtoras como consequências dos empregos de vários recursos produtivos e administrativos.

Pelos resultados da pesquisa mostra-se uma disparidade de eficiência econômica na amostra de 38 usinas da pesquisa que, submetidos a uma análise de clusters, apontaram a classificação das 38 usinas em três clusters de diferentes níveis de eficiência. Testes

estatísticos mostraram ser as variáveis econômicas relativas aos investimentos em equipamentos e máquinas, ativos imobilizados e despesas administrativas como preponderantes para a distinção entre grupos de usinas mais e menos eficientes, já que os níveis das variáveis de resultados mostraram-se bastante similares entre os clusters de diferentes eficiências. Esses resultados apresentam implicações e utilidades gerenciais no sentido de fornecer aos gestores de usinas parâmetros para obterem uma medida da eficiência econômica de suas operações com base principalmente em suas alocações de recursos como investimentos em equipamentos e máquinas, ativos imobilizados e despesas administrativas.

Pelos resultados dessa pesquisa aponta-se para um padrão que revela que a usina ineficiente é aquela com maiores quantidades de recursos alocados, de equipamentos e ativos imobilizados como terra, por exemplo, quando comparadas às alocações das usinas eficientes. Nesse contexto, surge uma questão, como decorrência dos resultados da pesquisa. A maior quantidade de ativos e investimentos alocados representa, na verdade, uma fonte de ineficiência por razões de subutilização ou mesmo de baixa produtividade da usina ou, por outro lado, estaria representando o resultado de dinâmicas de investimentos e expansões por parte de algumas usinas. Esse pode ser um questionamento importante para pesquisas futuras objetivando-se estudar a evolução da eficiência de usinas paulistas num horizonte maior de tempo, inclusive antes e depois da safra de 2005/2006, analisada aqui.

Outros estudos poderiam, além de medir as eficiências econômicas e mapeá-las ao longo do tempo para monitorar e compreender possíveis ciclos e dinâmicas de expansões, investimento e eficiência, expandir essa pesquisa para outras regiões do país. Ainda, outras variáveis poderiam ser empregadas na modelagem DEA para representar outras dimensões como a área de cultivo, o número de trabalhadores, operações e contratos para a exploração da terra, variedades e medidas relacionadas ao tipo de tecnologia usada para a colheita e também para a moagem da cana.

Por outro lado, estudos podem considerar também outras variáveis para representar resultados importantes como as relacionadas ao balanço social e ambiental da usina. Benefícios advindos da atividade de cogeração de energia elétrica, de programas sociais e qualidade de vida no trabalho certamente podem trazer novas dimensões aos índices de eficiência e melhorar sua mensuração e representatividade.

6 REFERÊNCIAS

- ALI, A. I.; NAKOSTEEN, R. Ranking industry performance in US. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 39, n. 1, p. 11-24, 2005.
- BACCARIN, J. G.; GEBARA, J. J.; BORGES, J. C. Avanço da mecanização canavieira e alterações na composição, na ocupação, na sazonalidade e na produtividade do trabalho em empresas sucroalcooleiras, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 40, n. 9, p. 1-10, 2010. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=11979>>. Acesso em: 2 mar. 2011.
- BAKE, J. D. V. D. et al. Explaining the experience curve: cost reductions of the brazilian ethanol from sugarcane. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 33, p. 644-658, 2009.
- BELIK, W.; VIAN, C. E. F. Desregulamentação estatal e as novas estratégias competitivas da agroindústria canavieira em São Paulo. In: MORAES, M. A. F. D.; SHIKIDA, P. F. A. **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Atlas, 2002.
- BENETTI, M. D. A internacionalização recente da indústria de etanol brasileiro. **Indicadores Econômicos FEE**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 149-160, 2009. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/issue/view/148>>. Acesso em: 24 fev. 2011.
- CAMARGO, A. M. M. P. et al. Dinâmica e tendência da expansão da cana-de-açúcar sobre as demais atividades agropecuárias, Estado de São Paulo, 2001-2006. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 47-66, 2008. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=9237>>. Acesso em: 25 fev. 2011.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Avaliação da expansão da produção de etanol no Brasil**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/busca/ConsultaProdutoNcomTopo.php?f=1&idProduto=1833>>. Acesso em: 24 fev. 2011.
- _____. **Estudo de Sustentabilidade da Produção de Etanol de Cana-de-Açúcar**: relatório técnico final. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/busca/ConsultaProdutoNcomTopo.php?f=1&idProduto=5846>>. Acesso em: 24 fev. 2011.
- _____. **Estudo prospectivo de solo, clima e impacto ambiental para o cultivo da cana-de-açúcar e análise técnica/econômica para o uso do etanol como combustível**: fase 3 relatório final. São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/busca/ConsultaProdutoNcomTopo.php?f=1&idProduto=3984>>. Acesso em: 24 fev. 2011.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, Dordrecht, v. 2, p. 429-444, 1978.
- CONOVER, W. J. **Practical nonparametric statistics**. New York: J. Wiley, 1999.
- DINIZ, E. M. **Crescimento, poluição e o protocolo de Quioto: uma avaliação do caso brasileiro**. São Paulo: Banco Santos, 2001.
- ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International energy outlook 2010**. Washington, 2010. Disponível em: <[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2010\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2010).pdf)>. Acesso em: 2 mar. 2011.
- FREDO, C. E.; VICENTE, M. C. M.; BAPTISTELLA, C. S. L.; VEIGA, J. E. R. Índice de mecanização na colheita de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e nas regiões produtoras paulistas em junho de 2007. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2008. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=9240>>. Acesso em: 19 jul. 2008.
- GUEDES, S. N. R.; GIANOTTI, L. E. A presença recente e algumas conseqüências do investimento estrangeiro direto (IED) na agroindústria canavieira brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 5, p. 51-61, 2009. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=10487>>. Acesso em: 25 fev. 2011.
- GUEDES, S. N. R.; TERCI, E. T.; PERES, M. T. M. O arrendamento como estratégia para enfrentar mudanças institucionais: um estudo com fornecedores de cana do Estado de São Paulo. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 229-240, 2007. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/878/87890207.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2011.
- HAIR JÚNIOR, J. F. et al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

_____. **Multivariate data analysis with readings**. New York: Prentice Hall, 1998.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to operations research**. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2005.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/index/php>>. Acesso em: 25 fev. 2010.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. New York: Prentice Hall, 1998.

MACEDO, I. C. **A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade**. São Paulo: ÚNICA, 2005.

_____. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 15-21, 2007.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MELLO, F. O. T.; PAULILLO, L. F. Recursos de poder e capacidade dinâmica de aprendizado dos atores sucroalcooleiros paulistas pós-desregulamentação estatal. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 6, p. 17-29, 2005. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=2627>>. Acesso em: 2 mar. 2011.

MILANEZ, A. Y.; BARROS, N. R.; FAVERET FILHO, P. S. C. O perfil do apoio do BNDES ao setor sucroalcooleiro. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 28, p. 3-36, 2008. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Biocombustiveis/200809_set2801.html>. Acesso em: 2 mar. 2011.

NASSAR, A. M. et al. Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: impacts on direct and indirect land use changes. In: ZURBIER, P.; VOOREN, J. V. **Sugarcane ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment**. Laxenburg: Wageniguen Academic, 2009. Disponível em: <<http://www.globalbioenergy.org/bioenergyinfo/background/detail/en/news/8726/icode/6/>>. Acesso em: 27 fev. 2011.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a Cana no Brasil: um negócio de classe mundial**. São Paulo: Atlas, 2009.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; CONSOLI, M. O mapa sucroenergético do Brasil. In: **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. Piracicaba: ÚNICA, 2010. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/Downloads/estudosmatrizenergetica/default.asp>>. Acesso em: 27 fev. 2011.

NEWBOLD, P. **Statistics for business and economics**. 4th ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1995.

NUNAMAKER, T. R. Using data envelopment analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: a critical evaluation. **Managerial and Decision Economics**, New York, v. 6, n. 1, p. 50-58, 1985.

PASTOR, J. M.; PÉREZ, F.; QUESADA, J. Efficiency analysis in banking firms: an international comparison. **European Journal of Operational Research**, Cambridge, v. 98, p. 395-407, 1997.

RAMOS, H. R. et al. A internacionalização do setor sucroalcooleiro do Brasil através da teoria do born global. In: ENCONTRO SLADE BRASIL, 2., 2008, Lisboa. **Anais...** Lisboa, 2008.

RETZLAFF-ROBERTS, D. Relating discriminant analysis and data envelopment analysis to one another. **Computers Operations Research**, London, v. 23, n. 4, p. 311-322, 1996.

ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: Unicamp, 2005.

SHIKIDA, P. F. A.; NEVES, M. F.; REZENDE, R. A. Notas sobre a dinâmica tecnológica e agroindústria canavieira no Brasil. In: MORAES, M. A. F. D.; SHIKIDA, P. F. A. **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Atlas, 2002.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica: para as ciências do comportamento**. Rio de Janeiro: McGraw Hill do Brasil, 1977.

TURNER, J. W. G.; PECK, A.; PEARSON, R. J. Flex-fuel vehicle development to expedite alcohols as the basis of a viable negative-CO2 energy economy. In: ASIA PACIFIC AUTOMOTIVE CONFERENCE, 14., 2007, Hollywood. **Proceedings...** Hollywood, 2007.

VIAN, C. E. F. **Agroindústria canavieira: estratégias competitivas e modernização**. Campinas: Átomo, 2003.

VIAN, C. E. F.; LIMA, R. A. S.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Estudo de impacto econômico (EIS) para o complexo agroindustrial canavieiro: desafios e agenda de pesquisa. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 2, p. 5-26, 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=9086>>. Acesso em: 25 fev. 2011.

ZUURBIER, P.; VOOREN, J. V. Introduction to sugarcane ethanol contributions to climate change mitigation and the environment. In: _____. **Sugarcane ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment**. Laxenburg: Wageniguen Academic, 2009. Disponível em: <<http://www.globalbioenergy.org/bioenergyinfo/background/detail/en/news/8726/icode/6/>>. Acesso em: 27 fev. 2011.