

**ANÁLISE ECONÔMICA DA EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR DE FORNECEDORES DO ESTADO DO PARANÁ<sup>1</sup>**

**CÁRMEM OZANA DE MELO<sup>2</sup> & MAURA SEIKO TSUTSUI ESPERANCINI<sup>3</sup>**

---

**RESUMO:** A atividade canavieira tem importância na economia brasileira desde o período colonial. Com a busca de fontes alternativas de energia ganhou maior destaque, por ofertar um produto gerador de energia limpa. Com a abertura da economia brasileira, o setor passou por transformações, atuando em ambiente de livre mercado, o que exigiu dos agentes envolvidos maior competitividade e eficiência a fim de permanecer na atividade. Nesse cenário encontra-se o produtor/fornecedor independente que, além dos aspectos sociais ligados à sua permanência no mercado, sua participação na produção de cana, apesar de menor que a da própria usina, não deixa de ser considerável, situando em torno de 20% a 25% em 2008, empregando mão de obra e outros fatores de produção, com repercussões econômicas importantes nas regiões onde atuam. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo estimar a eficiência econômica da produção de cana-de-açúcar dos produtores independentes do estado do Paraná, através do modelo DEA. A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica não paramétrica que, por meio de programação linear, constrói fronteiras de produção de unidades produtivas que empregam processos tecnológicos semelhantes para transformar insumos em produtos. Os resultados obtidos permitiram concluir que, do total dos pesquisados, 13,56% apresentaram eficiência máxima (score de eficiência igual a 1). A eficiência média, sob retornos variáveis à escala (DEA-BCC), foi de 0,71024. Pode-se então concluir que, para a maioria da amostra pesquisada, poderia haver melhor uso dos recursos que dispõem, a fim de se obter a eficiência econômica no processo produtivo.

**Palavras-chave:** Eficiência econômica, agroenergia, processo produtivo.

---

<sup>1</sup> Artigo baseado na tese de doutorado do 1º autor intitulada “Eficiência econômica da produção de cana-de-açúcar de produtores independentes do estado do Paraná”, defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Energia na Agricultura, FCA-UNESP-Campus de Botucatu.

<sup>2</sup> Doutora em Agronomia/Energia na Agricultura, FCA-UNESP-Botucatu, e-mail: [cmelo@unioeste.br](mailto:cmelo@unioeste.br)

<sup>3</sup> Profª Livre-Docente Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP - Campus de Botucatu. Depto Gestão e Tecnologia Agroindustrial, área de Economia e Sociologia Rural; email: [maura@fca.unesp.br](mailto:maura@fca.unesp.br)

## ECONOMIC EFFICIENCY ANALYSIS OF SUGARCANE PRODUCTION SUPPLIERS IN THE STATE OF PARANÁ

***SUMMARY:** The sugarcane industry has been important in the Brazilian economy since the colonial period. The search for alternative energy sources has gained more prominence, by offering a product generating clean energy. With the opening of the Brazilian economy, the sector has undergone transformations operating in a free market environment requiring greater efficiency and competitiveness of those involved in order to stay in business. This scenario is producer/supplier independent, and social aspects related to their stay in the market. Although its share in sugarcane production is smaller than the plant itself, it is still considerable having reached around 20% to 25% in 2008 by employing labor, also production factors had an important economic impact in the regions where they operate. Therefore, this study aimed to estimate the economic efficiency and production of independent sugarcane producers in the state of Paraná through the DEA model. The Data envelopment analysis (DEA) is a nonparametric technique that, using linear programming constructs production borders from production units that employ similar technological processes to transform inputs into outputs. The results showed that of the total surveyed, 13.56% had maximum efficiency (an efficiency score equal to 1). The average efficiency under variable returns to scale (BCC-DEA) was 0.71024. One can thus conclude that for the majority of the samples collected, it might be better use of available resources to the in order to obtain the economic efficiency of the production process.*

***Keywords:** Economic efficiency, bioenergy; production process.*

### 1 INTRODUÇÃO

A questão energética apresenta-se como de fundamental importância na pauta das discussões. Isto se deve ao fato de que, aliado a questões políticas e estratégicas, o crescimento e desenvolvimento econômico de países e regiões encontram-se atrelados à existência e uso de fontes energéticas. Tradicionalmente, o modelo de desenvolvimento adotado baseia-se na energia originária de combustíveis fósseis, não renováveis. Contudo, os cenários na área energética apontam para a progressiva redução destas reservas. Nesse contexto, busca-se um novo conjunto de fontes de energia, com vistas à sustentabilidade econômi-

ca, social e ambiental. Neste aspecto, a agroenergia tem papel de destaque, por ser uma fonte de energia renovável e limpa.

Entre os produtos destinados a este fim está a cana-de-açúcar. No Brasil, a cana-de-açúcar tem participação relevante na economia desde o período colonial e, a partir da década de 1970 passou a figurar como importante fonte de energia, substituindo em parte o uso do petróleo. A partir da década de 1990, com a aberta economia brasileira, este setor vivenciou importantes transformações, passando a atuar em ambiente de livre mercado, o que exigiu de todos os agentes envolvidos maior competitividade e eficiência a fim de permanecer na atividade.

As empresas participantes deste segmento adotaram estratégias que levaram à concentração da produção nas grandes usinas, fusões, verticalização da produção e exigências acerca do controle da quantidade e qualidade da matéria-prima a ser processada pela indústria.

Participando desse mercado e tendo também que atuar de forma mais eficiente em busca da sustentabilidade econômica, encontra-se o produtor/fornecedor independente, que depara-se com um ambiente no qual deve buscar operar de forma eficiente, subordinado ao controle das usinas, devendo atender a padrões de exigência estipulados principalmente por esse agente da cadeia sucroalcooleira.

Tal quadro apresentado para o caso do país, pode ser estendido para os estados produtores que têm na cultura da cana uma atividade importante. É o que se verifica no estado do Paraná, onde o setor tem destaque. Neste, a cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas, desenvolvendo-se principalmente na região norte. O estado é o segundo produtor nacional e teve variação de 9,3% da área cultivada no período 2008/09, enquanto a média do Brasil foi de 3,8% (PARANÁ, 2010).

Sendo assim, as mudanças ocorridas configuraram-se como desafios a serem enfrentados pelos produtores independentes, a fim de se manterem na atividade, tendo sustentabilidade econômica, face à necessidade de eficiência no processo produtivo.

Neste contexto, dada a importância do setor canavieiro, nos aspectos econômico, social e ambiental, dos impactos que a sua reestruturação gerou para os produtores independentes, esta pesquisa tem como objetivo analisar a situação, em termos de eficiência econômica, dos produtores/fornecedores de cana-de-açúcar do estado do Paraná.

Avaliar a eficiência com a qual uma unidade produtiva opera tem importância tanto para fins estratégicos (comparação entre unidades produtivas), quanto para o planejamento (avaliação dos resultados do uso de diferentes combinações de fatores) e para a tomada de decisão (como melhorar o desempenho atual, por meio da análise da distância entre a produção atual e potencial).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo e fontes dos dados

Esta pesquisa tem como área de estudo as regiões de Jacarezinho e Cornélio Procópio, onde, segundo informações da SEAB/DERAL (Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná/Departamento de Economia Rural), concentra 80% dos fornecedores independentes do estado.

A pesquisa de campo, com aplicação de questionários em 59 unidades de produção, foi feita nos meses de julho e agosto de 2009 e janeiro de 2010. Foram coletados dados relativos às quantidades de fatores de produção (máquinas, equipamentos, mão-de-obra, insumos e área plantada), produção e produtividade junto aos produtores. Também foram consultadas fontes secundárias de dados como o Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB/DERAL), e o CONSECAN-PR, para a coleta de preços de insumos e do produto.

### 2.2 Produção, eficiência e o Modelo DEA

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica não paramétrica que, por meio de programação linear, constrói fronteiras de produção de unidades produtivas que empregam processos tecnológicos semelhantes para transformar múltiplos insumos em múltiplos produtos. As unidades de produção são tratadas como unidades tomadoras de decisão, sendo então chamadas DMUs (*Decision Making Units*).

Segundo Gomes et al. (2006), a Análise de Envoltória de Dados surgiu formalmente com o trabalho de Charnes et al. (1978), com o objetivo de medir a eficiência de unidades tomadoras de decisão, podendo-se destacar dois modelos DEA clássicos: CCR (de Charnes, Cooper e Rhodes) e BCC (de Banker, Charnes e Cooper). O modelo CCR considera retornos constantes de escala, isto é, qualquer variação nas entradas (*inputs*) produz variação proporcional nas saídas (*outputs*). Já o modelo BCC considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* pelo da convexidade (GOMES et al., 2006).

Geralmente, são seguidas duas orientações para esses modelos: orientação a *inputs*, quando se deseja minimizar os recursos disponíveis, sem alteração do nível de produção e orientação a *outputs*, quando o objetivo é aumentar os produtos, sem alterar os recursos utilizados.

Outra importante contribuição do modelo DEA é a indicação dos alvos a serem alcançados. Os resultados dos alvos permitem visualizar os ajustes necessários para orientar as unidades produtoras. Segundo Gomes, Mangabeira e Soares de Mello (2005, p. 615), “em relação aos alvos, destaca-se uma das prin-

principais contribuições dos modelos DEA para a agricultura, qual seja, informar ao agricultor quais são as fontes de ineficiência e o que deve ser feito para a busca da eficiência”.

Existem duas formulações equivalentes para DEA que, por serem duais, estimam a mesma eficiência: o modelo dos Multiplicadores, que trabalha com a razão de somas ponderadas de produtos e recursos, com a ponderação escolhida de forma mais favorável a cada DMU, respeitando-se determinadas condições (ou seja, cada DMU é auto avaliada); e o modelo do Envelope, que define uma região viável de produção e trabalha com uma projeção de cada DMU na fronteira dessa região (GOMES, MANGABEIRA, SOARES DE MELLO, 2005).

Com o objetivo de verificar a eficiência econômica destes produtores foi utilizado o instrumental da Análise de Envoltória de Dados, considerando retornos variáveis de escala (DEA BCC), orientado a *inputs*. A observação dos sistemas de produção pesquisados norteou a escolha deste modelo. A adoção de modelo de retornos variáveis de escala (BCC) deu-se em função das diferentes escalas de produção das unidades produtivas pesquisadas. Já a opção pela orientação a *inputs* partiu do princípio de que o produtor pode ter mais controle sobre os fatores de produção, decidindo pela sua utilização, podendo assim minimizar seu uso.

### 2.3 Variáveis selecionadas e procedimentos metodológicos

A seleção e definição das variáveis utilizadas no modelo para medir a eficiência partiram da observação dos principais itens necessários à produção. Desse modo, foram coletadas informações acerca das operações realizadas e dos insumos utilizados no processo de produção dentro do ciclo produtivo da cana.

O ciclo produtivo da cana-de-açúcar envolve basicamente as etapas de implantação e condução da lavoura e colheita. Na implantação da lavoura são realizadas operações de preparo do solo e plantio, a condução da lavoura envolve as operações de tratos culturais da soqueira e, na colheita, o corte, carregamento e transporte (CCT). Em cada uma das etapas e operações são necessárias combinações específicas de fatores de produção: máquinas e implementos, mão-de-obra e insumos.

Uma vez dispostas as quantidades (coeficientes técnicos) de fatores de produção e de preços dos fatores de produção e do produto, foram estimados os custos de produção (custo com operações mecanizadas, custo com operações manuais e custo com insumos), e o valor da produção durante os anos de duração da cultura. Para medir quanto, em média, são gastos com os fatores de produção e o valor da produção durante o ciclo produtivo, foram estimados os valores anuais equivalentes (dos fatores e da produção). Foram, então definidas quatro variáveis como *inputs* e uma como *output* utilizadas e aplicadas ao modelo DEA:

**Input 1:** ÁREA = Área plantada com cana-de-açúcar (hectares).

**Input 2:** CAEMEC = Custo Anual Equivalente com Operações Mecanizadas (R\$).

**Input 3:** CAEMAN = Custo Anual Equivalente com Operações Manuais (R\$).

**Input 4:** CAEINS = Custo Anual Equivalente com Insumos (R\$).

**Output:** VAELIQPROD = Valor Anual Equivalente Líquido da Produção (R\$)

A estimativa dos custos anuais equivalentes (com operações mecanizadas, operações manuais e insumos) foi obtida a partir da somatória dos custos incorridos durante o ciclo de produção da cana, atualizados para o período zero, expresso pela equação geral 1:

$$CTA = \sum_{n=0}^5 \frac{(Cn)}{(1+r)^n} \quad (1)$$

Onde:

CTA = Custo Total Atualizado. Somatória do custo (com operações mecanizadas, operações manuais, insumos) em todos os anos de duração da cultura, descontadas via taxa de juros, expressando o valor do custo considerando o tempo total de produção da cana (R\$/ha).

$C_n$  = Custo (com operações mecanizadas, operações manuais, insumos) no ano n

r = taxa de desconto (% ao ano)

n = duração da cultura (em anos, sendo n= 0, ..., 5)

A partir do custo total atualizado, estimado na equação 1, o Custo Anual Equivalente dos recursos para produção (operações mecanizadas, operações manuais e insumos) foi estimado por meio da equação geral 2:

$$CAE = CTA \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (2)$$

Onde:

CAE = Custo Anual Equivalente (R\$/ha)

CTA = Custo Total Atualizado (R\$/ha)

r = taxa de desconto (% ao ano)

n = tempo de duração da cultura

Na apuração do custo com operações mecanizadas adotou-se a metodologia da ASAE (2000), que considera o custo com máquinas provenientes de depreciação, juros, taxas, abrigo, seguro, operador, combustível, lubrificantes e reparos e manutenção. No custo com as operações manuais foi multiplicado o número de horas gastas em cada operação pelo valor do salário pago ao trabalhador, obtendo-se o custo por área (hectare). Para os custos com insumos, foram multiplicados os preços dos insumos pelas quanti-

dades usadas por hectare, obtendo-se assim o custo por área (hectare). Para obter o Custo Anual Equivalente com operações mecanizadas (CAEMEC), manuais (CAEMAN) e insumos (CAEINS) para a área total, o valor obtido por hectare foi multiplicado pela área plantada (número de hectares) de cada propriedade pesquisada. Os valores (preços) são referentes a maio de 2010.

Para a estimativa do Valor da Produção foram consideradas a quantidade de ATR, o valor da ATR e a quantidade de cana produzida (eq. 3). As informações sobre quantidades de ATR e de cana foram obtidas junto aos fornecedores e o preço da ATR foi coletado junto ao CONSECANA-PR, que divulga o preço da ATR para o estado do Paraná. Como para a estimativa dos custos foram tomados preços de maio de 2010, o mesmo procedimento foi adotado quanto ao preço da ATR (R\$0,3394/kg, referente ao valor vigente no mês de maio de 2010).

$$VPROD = QATR \times VATR \times QC \quad (3)$$

Onde:

VPROD = Valor da Produção (R\$/ha)

QATR = Quantidade de ATR (kg/t)

VATR = Valor da ATR (R\$/kg)

QC = Quantidade de cana (t/ha)

O Valor Total da Produção Atualizado, por área, para o ciclo produtivo da cana, foi dado pela equação 4:

$$VTPA = \sum_{n=0}^5 \frac{(QATR_n \times VATR_n \times QC_n)}{(1+r)^n} \quad (4)$$

Onde:

VTPA = Somatória do valor da produção em todos os anos de duração da cultura, descontadas via taxa de juros, expressando o valor bruto da produção considerando o tempo total de produção da cana (R\$/ha).

$QATR_n$  = Quantidade de ATR no ano n por tonelada de cana (kg/t de cana)

$VATR_n$  = Valor da ATR no ano n (R\$/kg de ATR)

$QC_n$  = Produtividade física da cana-de-açúcar no ano n (t/ha).

r = taxa de desconto (% ao ano)

n = duração da cultura (em anos, sendo n= 0, ..., 5)

A taxa de juros utilizada é a TJLP acumulada de 12 meses, no valor de 6,19%, obtida junto ao Ministério da Fazenda/Receita Federal. O número de períodos n, indicador do ciclo produtivo da cana, da implantação ao quinto corte, foi adotado por ter sido declarado pelos fornecedores pesquisados, que possuem contratos para entrega de cana por este período.

Para estimar quanto, em média, é o valor da produção por ano de duração da cultura, foi determinada o Valor Anual Equivalente da Produção (VAEP). Este indicador expressa o valor da produção distribuída igualmente por todos os anos de produção, conforme a equação 5:

$$VAEP = VTPA \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (5)$$

Onde:

VAEP = Valor Anual Equivalente da Produção (R\$/ha)

VTPA = Valor Total da Produção Atualizado (R\$/ha)

r = taxa de desconto (% ao ano)

n = tempo de duração da cultura

Para obter o Valor Anual Equivalente da Produção para a área total, o valor obtido por hectare foi multiplicado pela área plantada (número de hectares) de cada propriedade pesquisada.

O Valor Anual Equivalente Líquido da Produção para a área total plantada com cana em cada propriedade pesquisada (VAELIQPROD), indicador usado como variável “*output*” para cálculo da eficiência das DMUs, foi obtido pela diferença entre o VAEP e os itens de custo (CAEMEC, CAEMDO e CAEINS) (equação 6).

$$VAELIQPROD = [VAEP - (CAEMEC+CAEMDO+CAEINS)] \quad (6)$$

Onde:

VAELIQPROD = Valor Anual Equivalente Líquido da Produção (R\$/área plantada)

VAEP = Valor Anual Equivalente da Produção (R\$/área plantada)

CAEMEC = Custo Anual Equivalente das Operações Mecanizadas (R\$/área plantada)

CAEMDO = Custo Anual Equivalente das Operações Manuais (R\$/área plantada)

CAEINS = Custo Anual Equivalente com Insumos (R\$/área plantada)

Os resultados da eficiência econômica pelo modelo DEA foram obtidos com o uso do *software* SIAD v.3.0 (ANGULO MEZA et al., 2005).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da eficiência na produção de cana-de-açúcar no Paraná, pelos fornecedores independentes, mostram que, considerando o modelo de retornos variáveis à escala orientado a *inputs* (DEA-BCC), das 59 unidades produtoras da amostra, oito apresentaram máxima eficiência técnica (score de eficiência igual a 1), o que corresponde a 13,56% da amostra total. Isto indica que tais produtores buscam combinar os recursos disponíveis de modo a minimizar o seu uso ou o custo de sua utilização, sem comprometer o nível de produção.



A eficiência média da amostra pesquisada foi da ordem de 0,71024, o que sugere que as unidades de produção poderiam reduzir os gastos com o uso de recursos em cerca de 28,98%, sem comprometer os retornos obtidos com o nível de produção. As Tabelas 1 e 2 mostram resultados para o conjunto de DMUs.

**Tabela 1** – Eficiência técnica dos produtores independentes de cana-de-açúcar do estado do Paraná, sob condição de retornos variáveis à escala (DEA-BCC), orientação *input*.

| Indicadores     | DEA-BCC  |
|-----------------|----------|
| Escore Médio    | 0,710244 |
| Escore Máximo   | 1,000000 |
| Escore Mínimo   | 0,187474 |
| DMUs Eficientes | 08       |
| % da amostra    | 13,56    |

**Fonte:** Resultados da pesquisa

As DMUs consideradas ineficientes (com escores menor que um) totalizaram 51 (86,44% da amostra), e apresentaram eficiência média de 0,664790. Verificou-se o menor valor de eficiência observado da ordem de 0,187474, o que indica que esta unidade de produção deve, a fim de atingir a eficiência, reduzir a utilização dos *inputs* (área plantada, custos com operações mecanizadas, operações manuais e insumos), em média, em torno de 81,25%, sem alterar a produção. Já o maior escore encontrado foi de 0,986049, sugerindo que neste caso a redução dos *inputs* deve ser de 1,39%, em média.

**Tabela 2** – Resultados para DMUs segundo o nível de eficiência, sob condição de retornos variáveis à escala (DEA-BCC), orientação *input*

|                | Eficientes | Ineficientes |
|----------------|------------|--------------|
| Número de DMUs | 08         | 51           |
| % da amostra   | 13,56      | 86,44        |
| Escore máximo  | 1,0000     | 0,986049     |
| Escore mínimo  | 1,0000     | 0,187474     |
| Escore médio   | 1,0000     | 0,664790     |

**Fonte:** Resultados da pesquisa

Analisando de forma mais detalhada os resultados obtidos pelo modelo DEA-BCC orientado a *inputs*, ao agrupar as DMUs de acordo com a área, observa-se que das oito DMUs com máxima eficiência

técnica (escore igual à unidade), quatro estão enquadradas na categoria com área plantada de até 20 hectares. É também neste grupo que se observa a maior média de eficiência (0,8105033).

Já no grupo das DMUs com área plantada entre 20 e 50 hectares, constatou-se que nenhuma apresentou eficiência técnica máxima, com média para o grupo da ordem de 0,6280014, inferior à média dos demais grupos. É neste grupo que se observou o menor escore de eficiência entre as unidades pesquisadas (0,187474). A DMU com este resultado situa-se no município de Cambará e, de acordo com os dados levantados, obteve produtividade média (83 t/ha) inferior à média do conjunto da amostra (97,38 t/ha). Na pesquisa de campo, o produtor relatou que ocorria demora na retirada da cana, por problemas de atrasos da usina, o que pode ter contribuído para tal desempenho.

No que se refere ao grupo como um todo, grande parte é constituída de produtores que estão cultivando cana a menos de 10 anos. Entretanto, têm como atividade a agricultura há muito tempo. Em relação ao custo anual equivalente total por hectare, foi possível verificar que a média para este grupo (R\$2.759,21/ha) situou-se em patamar superior ao apurado para a média do conjunto de DMUs pesquisadas (2.719,84/ha).

Já os grupos 3 (com área entre 50 e 100 ha) e 4 (com área acima de 100 ha) apresentaram resultados de eficiência semelhantes. No grupo 3, constataram-se duas DMUs com máxima eficiência técnica, sendo a média do grupo da ordem de 0,7168518. No grupo 4, também duas DMUs mostram-se tecnicamente eficientes e a média para o grupo situou-se em 0,7247549.

A Tabela 3 apresenta a estatística descritiva para as DMUs agrupadas de acordo com a área.

**Tabela 3** – Resultados para os grupos de DMUs segundo a área plantada, sob condições de retornos variáveis à escala (DEA-BCC), orientação *input*.

| Indicadores   | Grupos    |                 |               |                 |
|---------------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|
|               | 1         | 2               | 3             | 4               |
|               | Até 20 ha | 20<DMU≤50 ha    | 50<DMU≤100 ha | Acima de 100 ha |
| Número de     |           |                 |               |                 |
| DMUs          | 15        | 21              | 14            | 09              |
| % da amostra  | 25,42     | 35,59           | 23,73         | 15,26           |
| Eficientes    | 04        | --              | 02            | 02              |
| Ineficientes  | 11        | 21              | 12            | 07              |
| Média         | 0,8105033 | 0,6280014       | 0,7168518     | 0,7247549       |
| Mínimo        | 0,571238  | 0,187474        | 0,418256      | 0,466986        |
| <b>Máximo</b> | <b>1</b>  | <b>0,914608</b> | <b>1</b>      | <b>1</b>        |

**Fonte:** Resultados da pesquisa

Outra importante contribuição do modelo DEA para a agricultura diz respeito à informação sobre os alvos a serem alcançados pela unidade de produção, a fim de alcançar a eficiência.

Segundo Gomes, Mangabeira e Soares de Mello (2005, p. 615), “em relação aos alvos, destaca-se uma das principais contribuições dos modelos DEA para a agricultura, qual seja, informar ao agricultor quais são as fontes de ineficiência e o que deve ser feito para a busca da eficiência”.

Os resultados mostraram que, para as DMUs eficientes, os alvos apresentaram valores iguais aos atuais, ou seja, aos valores utilizados. Estas unidades produtoras não exibiram folga, o que significa que combinam os fatores de produção sem desperdício.

Para as DMUs ineficientes, os resultados mostraram valores divergentes entre os atuais e os alvos. A diferença entre os valores atuais e os alvos indicam a magnitude e o recurso produtivo que está sendo mal utilizado. Neste caso, a unidade produtora, a fim de melhorar a utilização de seus recursos produtivos, deve verificar em que etapa do processo está ocorrendo problemas com a utilização e alocação dos recursos produtivos.

Observou-se que no caso da DMU com a menor eficiência, de 0,187474, para que se situasse na fronteira de eficiência, deveria ocorrer uma redução de aproximadamente 81,25% com *inputs*, mantendo o valor líquido da produção atual. Já no caso da DMU com eficiência de 98,60%, os resultados dos alvos são próximos aos dos valores atuais. Mesmo assim, na busca da eficiência esta DMU deveria observar as fontes e a magnitude da ineficiência, ou seja, as quantidades ótimas a serem utilizadas para alcançar a eficiência. Como apontam Gomes, Mangabeira e Soares de Mello (2005), para alcançar a eficiência “o agricultor deve verificar em que etapa de seu processo produtivo (inclusive considerando outras variáveis não incluídas no modelo) ocorrem os gargalos que prejudicam seus resultados” (GOMES et al., 2005, p.615).

Os resultados da média para as 51 DMUs ineficientes mostraram que, no conjunto, a área plantada deveria reduzir de 53,74 para 33,26 ha, os gastos com mecanização de R\$75.435,10 para R\$44.162,43, as operações manuais de R\$34.920,10 para R\$21.902,43 e os gastos com insumo de R\$37.408,97 para R\$19.499,80.

Assim, é possível observar a possibilidade de melhor uso dos recursos por parte dos produtores de cana do estado do Paraná. Constatação neste sentido pode-se verificar também no trabalho de Campos et al. (2006) que, ao utilizando o modelo DEA, analisa a eficiência de produção de cana-de-açúcar no perímetro irrigado Curu-Paraipada, estado do Ceará, e conclui pela possibilidade de redução de fatores de produção por 17 dos 30 produtores pesquisados. Completando, os mesmos autores observaram que o emprego do modelo DEA “proporcionou indicativos valiosos para a melhor alocação dos recursos utilizados na produção de cana-de-açúcar, diminuindo o uso desnecessário de fatores e subsidiando informações importantes para a otimização da produção agrícola local” (CAMPOS et al., 2006, p.14).

De acordo com Gomes, Mangabeira e Soares de Mello (2005), os resultados de cada uma das DMUs podem ajudar na promoção da eficiência dos agricultores, sendo possível indicar a que nível cada variável deve chegar para que o desempenho seja melhorado. Com este alicerce aliado ao conhecimento e análise da realidade pode-se permitir a agentes que trabalham diretamente com os produtores, adoção de medidas próprias, adequadas às possibilidades de cada um, podendo subsidiar na mudança de práticas de gestão da propriedade.

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a utilização do modelo DEA permitiram concluir que, para a maioria da amostra pesquisada, poderia haver melhor uso dos recursos que dispõem, a fim de se obter a eficiência econômica no processo produtivo. A constatação do estudo sugere ainda que maior atenção ainda deveria ser dispensada àquelas unidades produtoras com menor eficiência, buscando a adoção de medidas que visem minimizar os gargalos do processo.

Afinal, o cenário atual aponta para perspectivas de consolidação e expansão da utilização da cana-de-açúcar como fonte de matéria-prima na produção de energia, o que se traduz em demanda crescente pelo produto. Entretanto, a permanência dos produtores/fornecedores no mercado passa necessariamente pela sustentabilidade econômica e conseqüente alocação eficiente dos recursos disponíveis.

#### 5 REFERÊNCIAS

ANGULO MEZA, L. et al. ISYDS– Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.25, n.3, p 493-503, 2005.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (ASAE). Agricultural Machinery Management. In: \_\_\_\_\_.2000. San Joseph, 2000. p.343-349. (ASAE EP496.2 DEC99).

CAMPOS, K. C. et al. Análise da eficiência de produção de cana-de-açúcar no perímetro irrigados Curu-Paraipaba no estado do Ceará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 44. 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SOBER, 2006.

CHARNES, A., COOPER, W. W., RHODES, E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. **European Journal Of Operational Research**, 2(6), 429-444, 1978.

CONSECANA Paraná. Informações básicas sobre o Consecana Paraná. Disponível em: [http://www.alcopar.org.br/consecana/inf\\_basicas.php](http://www.alcopar.org.br/consecana/inf_basicas.php). Acesso: 30 jan.2009.

GOMES, E.G. et al. Uma medida de eficiência em segurança pública. Rio de Janeiro: UFF, 2006. Relatório de pesquisa. Disponível em: [http://www.producao.uff.br/relpesq303/relpesq\\_303\\_07.doc](http://www.producao.uff.br/relpesq303/relpesq_303_07.doc). Acesso em: 22 out.2006.

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

PARANÁ. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná/Departamento de Economia Rural (SEAB/DERAL). A cana-de-açúcar e o setor sucroalcooleiro: retrospectiva e cenário no Paraná—safra 2009. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/seab/deral>. Acesso: 10 jun.2010.