

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ADMINISTRAÇÃO**

**MATEUS MEAURIO FERNANDES**

**DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA**  
**INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA BRASILEIRA<sup>1</sup>**

**CAMPO GRANDE-MS**

**2018**

---

<sup>1</sup> Financiado com recursos do CNPq e bolsa de estudos CAPES.

**MATEUS MEAURIO FERNANDES**

**DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DA  
INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA BRASILEIRA**

Projeto de Dissertação apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Administração pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Administração. Área de concentração em Gestão do Agronegócio, orientado pelo Dr. Renato Luiz Sproesser e Co-Orientado pelo Dr. Matheus Wemerson.

**CAMPO GRANDE-MS**

**2018**

FERNANDES, Mateus Meaurio. **Determinantes da eficiência técnica da indústria sucroenergética brasileira**. 156 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Curso de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2018.

Orientador: Renato Luiz Sproesser, Dr.

Co-orientador: Matheus Wemerson, Dr.

Qualificação: 02/10/2017

## RESUMO

O objetivo geral consiste em analisar os determinantes da eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros. Dessa forma, foram especificados três objetivos para auxiliarem no alcance do objetivo geral: a) identificar os determinantes da eficiência técnica das usinas sucroenergéticas brasileiras; b) mensurar os efeitos marginais dos determinantes sobre a eficiência técnica das usinas sucroenergéticas brasileiras; c) avaliar os impactos das variáveis exógenas na eficiência técnica das usinas sucroenergéticas brasileiras. Assim, visando alcançar os objetivos específicos, foram realizadas duas etapas com metodologias distintas, porém complementares. A primeira etapa foi a obtenção dos escores de eficiência das usinas sucroenergéticas para os estados brasileiros através do modelo Data Envelopment Analysis (DEA) concebido por sete inputs: a área estimada de colheita manual (ha); a área estimada de colheita mecânica (ha); horas de operação (min./ano); capacidade nominal de moagem de cana-de-açúcar (t/dia); capacidade nominal de produção de açúcar (t/dia); capacidade nominal de produção de etanol (m<sup>3</sup>/dia); capacidade nominal de armazenamento de etanol (m<sup>3</sup>/dia) e um output, qual seja, a produção de Açúcares Totais Recuperáveis, ou ATR, (t/ano). O segundo estágio do modelo DEA será a regressão Censurada (Tobit) em painel com as variáveis exógenas: temperatura (TEMP), volume pluviométrico (PLUV), qualidade das vias (ESTR), e distância média geral até 20 km (DIST) e características agrícolas (CRCT), como sendo os determinantes da eficiência técnica das usinas sucroenergéticas. Busca-se como resultado, mostrar que além das variáveis endógenas, as variáveis exógenas são significantes para a eficiência técnica das usinas. Os resultados permitem afirmar que o setor sucroenergético brasileiro possui um padrão de eficiência operacional alto, pois a média de eficiência das amostras foi maior que 89% na obtenção de ATR. Constatou-se que das cinco variáveis exógenas incluídas no modelo para análise dos determinantes da eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros, apenas duas apresentaram-se significativas: DIST e CRCT. Logo, não se pôde identificar a influência da TEMP, PLUV e QUAL em seu nível de eficiência, uma vez que essas variáveis não se apresentaram estatisticamente significativas.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; DEA; Regressão censurada; Dados em painel; variáveis exógenas.

FERNANDES, Mateus Meaurio. **Determinantes da eficiência técnica da indústria sucroenergética brasileira.** 156 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Curso de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2018.

Orientador: Renato Luiz Sproesser, Dr.

Co-orientador: Matheus Wemerson, Dr.

Qualificação: 02/10/2017

## ABSTRACT

The general objective is to analyze the determinants of the technical efficiency of sugarcane plants in the Brazilian states. Thus, three objectives were specified to assist in explaining the general objective: a) to identify the determinants of the technical efficiency of Brazilian sugarcane plants; b) to measure the marginal effects of determinants on the technical efficiency of Brazilian sugar and ethanol plants; c) to evaluate the impacts of the exogenous variables on the technical efficiency of Brazilian sugarcane plants. Thus, in order to reach the specific objectives, two stages were carried out with different but complementary methodologies. The first step was to obtain the efficiency scores of the sugarcane plants for the Brazilian states through Phase 1 of the Data Envelopment Analysis (DEA) model conceived by six inputs: the harvested area (ha); hours of operation (min./year); nominal sugarcane milling capacity (t / day); nominal sugar production capacity (t / day); nominal production capacity of ethanol (m<sup>3</sup> / day); (m<sup>3</sup> / day) and an output, that is, the production of Total Recoverable Sugars, or ATR, (t / year). The second stage consists of the second phase of the DEA model through the Censored (Tobit) regression in panel with exogenous variables: temperature (TEMP), rainfall volume (PLUV), road quality (ESTR), and general average distance up to 20 km (DIST) and agricultural characteristics (CRCT), as the determinants of the technical efficiency of sugarcane plants. As a result, we show that in addition to the endogenous variables, the exogenous variables are significant for the technical efficiency of the plants. The results allow to affirm that the Brazilian sugarcane sector has a high operational efficiency standard, since the average efficiency of the samples was greater than 89% in obtaining ATR. It was verified that of the five variables included in the model for analyzing the determinants of the technical efficiency of the sugarcane mills of the Brazilian states, only two were significant: DIST and CRCT. Therefore, it was not possible to identify the influence of TEMP, PLUV and QUAL on their level of efficiency since these variables were not statistically significant.

Key-words: Sugar cane; DEA; Regression censored; panel data; exogenous variables.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
1.1.	PROBLEMÁTICA .....	9
1.2.	OBJETIVOS .....	11
1.3.	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1	COMPETITIVIDADE.....	13
2.2	DESEMPENHO.....	21
2.2.1	Modelos de medição de Desempenho.....	23
2.2.2	Produtividade e Eficiência .....	27
2.2.3.	Eficiência Técnica.....	31
2.3.	DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA.....	35
2.4.1.	Condições climáticas e fisiológicas .....	35
2.4.2.	Condições logísticas.....	38
2.4.3.	Condições de sanidade.....	39
2.4.	APLICAÇÕES DO SEGUNDO ESTÁGIO DO MODELO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS. ....	40
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
3.1	MODELO ANALÍTICO.....	46
3.1.1	Análise Envoltória de Dados .....	47
3.1.2	Regressão censurada (Tobit) em painel.....	52

3.2	PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS E AMOSTRA	55
3.3	VARIÁVEIS E HIPÓTESES .....	60
3.3.1	Programas Computacionais de DEA .....	61
4	RESULTADOS .....	63
4.1.	DESEMPENHO DA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA DOS ESTADOS BRASILEIROS .....	63
4.2.	EFEITOS MARGINAIS DOS DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS ESTADOS BRASILEIROS .....	71
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	79
	<b>APÊNDICE</b> .....	102

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é um produto que faz parte da história do Brasil. Mesmo com as adversidades enfrentadas pela economia brasileira no decorrer de sua história, as atividades atreladas à indústria açucareira subsistiu na maior parte dos casos, como sendo única fonte de renda dos produtores até o final do século passado (MILANEZ; NYKO, 2010).

De acordo com Milanez e Nyko (2010), desde que o etanol passou a ser adotado como componente da gasolina, no início da década de 1930, o setor sucroenergético brasileiro passou por várias fases, em que o governo passou a ter maior intervenção estatal e regulação, como por exemplo o estabelecimento de quotas de produção, oferecimento de subsídios e fixação de preços.

Desde o início do Proálcool em meados da década de 1970, houve uma forte expansão da produção de cana-de-açúcar devido às expectativas relacionadas à produção de energia renovável. Por isso, essa cultura representa uma atividade de grande importância para o desenvolvimento econômico do Brasil (NASCIMENTO; RODRIGUES; SCHLINDWEIN, 2015).

Segundo Castillo (2015), dois acontecimentos recentes marcaram o setor sucroenergético no Brasil profundamente. O primeiro de natureza regulatória: a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) em 1991, afastando o estado do controle do setor sucroenergético. O segundo, de natureza tecnológica: a produção de veículos *flexfuel*, a partir de 2003. Esses dois eventos, combinados a outros eventos que estavam acontecendo no período, acabaram por levar a uma reestruturação do setor, com impactos positivos na expansão territorial, internacionalização e oligopolização do setor no país, consolidando a chamada macrorregião canavieira do Centro-Sul do Brasil (SAMPAIO, 2015).

O aumento expressivo do mercado interno no Brasil para o etanol a partir do lançamento dos veículos *flex* em 2003, potencializado pelo aumento da renda média da

população com acesso a bens duráveis e, pelas políticas federais de incentivo à aquisição de veículos novos por meio da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) auxiliou à reestruturação do setor sucroenergético no país (CASTILLO, 2015).

Nessa nova conjuntura do setor sucroenergético brasileiro, foi adotado um modelo de desenvolvimento para que o país pudesse se tornar autossuficiente em bioenergia e, eventualmente, figurar como um grande exportador de etanol e de tecnologias envolvidas em sua produção, baseado numa acelerada expansão do cultivo de cana-de-açúcar, sobretudo em grandes estabelecimentos agrícolas (CASTILLO, 2015).

Levado em consideração tanto o lado social como o econômico, esse é um dos setores brasileiros que mais contribui para o desenvolvimento do país (GUPTA et al., 2011). O Brasil sobressai aos demais países pela liderança alcançada na produção e no consumo de biocombustíveis. Por isso, o Governo Federal, a fim de estimular esse mercado que se demonstra promissor, vem promovendo a criação de políticas públicas, tais como a criação do Proálcool e o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) e, o Renova Bio (EPE, 2017).

Nesse contexto, o Brasil é o segundo maior produtor de etanol do mundo, detendo aproximadamente 27% da produção mundial, estando atrás dos Estados Unidos, responsável por cerca de 60% da produção total (REETZ, 2013).

Esses resultados são possíveis porque o país possui investimentos em tecnologia, diversas variedades, clima, solo e topografia favoráveis para a produção dessa cultura. Devido a novas variedades e formas de manejo, aumento da produtividade, foi possível ao país atingir o menor custo mundial de produção de açúcar e etanol (ADECOAGRO, 2011; SILVA, 2013).

A produção de etanol é concentrada na região Sudeste, com 59,3% do total produzido no país, seguido pelo Centro-Oeste (29%), Nordeste (5,6%), Sul (5,2%) e Norte (0,9%) (CONAB, 2016a). São Paulo (52%) é o maior produtor brasileiro, seguido de Goiás (9,5%), Minas Gerais (8,9%), Mato Grosso do Sul (7,4%), Paraná (7,1%), Alagoas (4,3%) e Pernambuco (2,9%). Esses estados são responsáveis por 92,1% da produção nacional (CONAB, 2016a).

Dados da União da Indústria da cana-de-açúcar (UNICADATA, 2016) mostram que a cana-de-açúcar representa aproximadamente 17% de toda a oferta de energia do país, devido à produção de etanol e cogeração de energia. Nesse sentido, ela traz externalidades positivas ao desenvolvimento das regiões produtoras.

O número de trabalhadores no cultivo da cana vem reduzindo devido à modernização e mecanização da agricultura, o que impulsionou os trabalhadores para o setor industrial, de produção de açúcar e álcool (ORLANDI, 2011). Nesse contexto, a geração de empregos proporcionada pelas usinas é essencial para o desenvolvimento dos municípios em relação ao aumento de circulação de renda e estímulo a outras atividades locais (ASSUNÇÃO; PIETRACCI; SOUZA, 2016).

Nesse sentido, umas das características que mais têm se destacado nos últimos anos com a finalidade de elevar a competitividade das indústrias, são as fusões e aquisições (BESANKO et al., 2013). Em 2016, estima-se que o capital estrangeiro tenha chegado a 60% de representatividade no setor sucroenergético brasileiro (CBIE, 2016). Schlesinger (2012, p. 18), destaca que “as grandes companhias estrangeiras internacional estão cada vez mais direcionando seus investimentos para essa área no Brasil”.

O governo brasileiro vê o processo de internacionalização do setor produtivo nacional como uma vantagem competitiva para o país, isso porque os principais beneficiários seriam os fabricantes de máquinas e equipamentos, empresas de engenharia e consultoria, empreiteiras de serviços diversos e fornecedores de tecnologias de processos industriais e agrícolas (BNDES, 2011).

Devido à crise de 2008, no decorrer da última década, as agroindústrias brasileiras produtoras de açúcar e etanol realizaram financiamento da dívida com o objetivo de atender ao aumento esperado da demanda doméstica e internacional, especialmente de etanol, o que não se concretizou plenamente. Ademais, houve um arrefecimento na expansão da demanda do etanol devido à queda de preços dos combustíveis fósseis e à redução dos incentivos das políticas governamentais (REZENDE; RICHARDSON, 2015; OCDE-FAO, 2017).

O setor tem tentado se reestruturar aproveitando oportunidades adicionais de ganho. Para tanto, são necessários fluxos maciços de investimentos no desenvolvimento de plantas avançadas e inovadoras na produção em grande escala (MIELNIK; SERIGATI; GINER, 2017).

É notória a pressão exercida pelo mercado internacional, que as organizações enfrentam para conseguir os altos padrões de competitividade. (FILOSO et al., 2015). Aliás, a ausência de políticas públicas voltadas para o ramo energético como um todo, como já existe em relação ao etanol, acaba por prejudicar o avanço nas indústrias que compõem a cadeia produtiva da cana-de-açúcar brasileira (MARTINELLI et al., 2011).

Salles-Filho et al. (2017) advertem para a eventualidade de o Brasil não ser capaz de encarar as possíveis adversidades tecnológicas e de mercado que surgem no âmbito dos biocombustíveis mundialmente. Além disso, o setor vem sofrendo fortes pressões nos últimos anos que demonstram a necessidade, a curto prazo, da realização de investimentos nas plantações de cana-de-açúcar no Brasil.

Devido a estrutura de mercado ao qual este setor se insere, não existem ameaças, seja interna ou externa de curto prazo, o que acaba inibindo a pressão por inovação. As empresas reagirão somente, caso previrem oportunidades no mercado global ou se sentirem ameaçadas por uma mudança de panorama, ou ainda, se perceberem a entrada de novos concorrentes no mercado que possam ameaçar a sua posição (SALLES-FILHO et al., 2017).

O setor sucroenergético exerce grande importância econômica e social no Brasil desde o período colonial. A cadeia produtiva brasileira da cana-de-açúcar apresenta, uma extensa ramificação, que pode ser observada pela ótica do montante de recursos financeiros que cada safra faz circular na economia brasileira (CARVALHO, 1997).

Se, por um lado, esse setor releva-se promissor, por outro, existem diversos desafios mais complexos, interligado à diversas variáveis que aumentam a intensidade dos eventos macro ambientais (BERGERON et al., 2001), demandando das organizações uma melhor adequação estrutural (VENKATRAMAN, 1988).

## 1.1. PROBLEMÁTICA

É incontroversa a importância econômica da agroindústria canavieira brasileira, seja na geração de renda e emprego, seja na geração de divisas, derivada da elevada competitividade desse sistema agroindustrial no Brasil (FARINA; ZYLBERSZTAJN, 1998). Menos consensual, entretanto, são as bases sobre as quais se assenta esta competitividade, se predominantemente na exploração de vantagens derivadas de recursos naturais, condições de oferta de mão de obra ou se também calcada em capacidades tecnológicas que permitam a elevação da produtividade dos fatores ou o desenvolvimento de novos produtos. (SHIKIDA; AZEVEDO; VIAN, 2011).

Não há uma diferenciação significativa em relação ao produto nem à marca em relação às indústrias desse setor, que exercem o papel de tomadoras de preços no mercado internacional e no mercado nacional. O fator custo acaba por se tornar o principal fator

de competitividade, alocado principalmente no setor agrícola da cadeia produtiva (MILANEZ; NYKO, 2014).

Dessa forma, nota-se que o objetivo da agroindústria é ser rentável, para tanto, é necessário conhecer e possuir total controle das perdas, da eficiência e do custo de produção. Levando em consideração esse aspecto, a qualidade da matéria-prima entregue às usinas é de extrema importância, visto que está diretamente ligada ao desempenho na extração, fermentação e destilação, processos fundamentais que possibilitam a obtenção de altos rendimentos e da qualidade do produto final (STUPIELLO, 1992).

Dessa forma, a concorrência se intensifica pela busca da matéria-prima de alta qualidade e com o menor custo possível, levado as empresas a aderirem à novas estratégias, como por exemplo a formação de clusters como forma de demarcação territorial, além de criarem barreiras a novos entrantes (MILANEZ; NYKO, 2014).

Segundo Shikida (2011), para aumentar a competitividade dos derivados da cana-de-açúcar pelas usinas, não é necessário levar em consideração apenas os fatores dos quais possuem controle, mas também aqueles fatores que as usinas não podem controlar diretamente, como é o caso da exploração de vantagens derivadas de recursos naturais. Isso significa dizer que apenas o aumento da produção e produtividade nas áreas agricultáveis brasileiras não é suficiente para justificar uma vantagem competitiva. Ou ainda, que variáveis climáticas, de logística (transporte de matéria prima), edáficas e de sanidade (doenças ou pragas) podem afetar as plantações de cana-de-açúcar (EGGLESTON et al. 2001; GODSHALL et al. 2000).

Existem diversos fatores que possivelmente interferem na qualidade da cana-de-açúcar como matéria prima, e que conseqüentemente interferem na obtenção de seus derivados (LAVANHOLI, 2008).

Através da afirmação de Lavanholi (2008), é possível perceber que os fatores exógenos às usinas, podem interferir na quantidade de Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), e, portanto, sendo significativo para explicar o aumento da eficiência na quantidade extraída de açúcar e álcool da cana-de-açúcar.

Para Zylbersztajn (2005) o aumento da produção ou melhorias na gestão das atividades do agronegócio estão relacionados com as atividades de distribuição e movimentação logística. Conforme proposto por Daskin (1985), logística é o “planejamento e operação de sistemas físicos, de gerenciamento e de informação

necessários para permitir que insumos e produtos vençam condicionantes espaciais e temporais de forma econômica”.

Entretanto Fuser (2008) alerta que a monocultura pode sofrer perdas de eficiência por causa de desvantagens ambientais e de sanidade, visto que há regiões que apresentam enormes riscos de proliferação de doenças e pragas, que podem colocar a perder grande parte da matéria prima. Ou seja, se os fatores exógenos forem favoráveis, a concentração de Açúcares Totais Recuperáveis será maior. E se os fatores endógenos e exógenos forem favoráveis, as usinas sucroenergéticas poderão extrair de forma mais eficiente tecnicamente os produtos derivados da cana-de-açúcar.

Assim, surge o problema de pesquisa ao qual busca-se responder: como é possível elevar a eficiência técnica das usinas sucroenergéticas brasileiras? Para isso, foi estabelecido como período de análise os anos compreendidos de 2011 a 2015.

## 1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral consiste em analisar os determinantes da eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros.

Especificamente têm-se:

- a) determinar a eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros;
- b) Mensurar os efeitos marginais dos determinantes sobre a eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros;
- c) Avaliar os impactos das variáveis exógenas na eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros;

Assim, será feito o primeiro estágio do modelo Data Envelopment Analysis (DEA) para as usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros concebido por sete inputs que são: área estimada de colheita manual (ha); área estimada de colheita mecânica (ha); horas de operação (min./ano); capacidade nominal de moagem de cana-de-açúcar (t/dia); capacidade nominal de produção de açúcar (t/dia); capacidade nominal de produção de etanol (m<sup>3</sup>/dia); capacidade nominal de armazenamento de etanol (m<sup>3</sup>/dia); e um output: produção de Açúcares Totais Recuperáveis, ou ATR, (t/ano), afim de obter os escores de eficiência das mesmas e dar prosseguimento ao segundo estágio do modelo DEA, que

consistirá em realizar uma regressão múltipla censurada (Tobit) com os escores de eficiência.

Como o primeiro estágio utilizou em sua análise variáveis endógenas, o segundo mensurará o efeito de variáveis exógenas: índice pluviométrico, temperatura, qualidade das estradas, distância média geral (km) e características agrícolas, como sendo os determinantes da eficiência técnica das usinas sucroenergéticas. Busca-se como resultado, mostrar que além das variáveis endógenas, as variáveis exógenas são significantes para a eficiência técnica das usinas., na eficiência técnica das usinas.

### 1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 1 introduz a importância da cana-de-açúcar para o agronegócio e contexto econômico em que está inserida. Justifica a importância acadêmica e econômica da cana-de-açúcar, bem como a formulação do problema de pesquisa; e desenvolve o objetivo geral e os específicos, da pesquisa.

O capítulo 2, sobre a fundamentação teórica, está dividido em três seções. A primeira discute os conceitos e fatores determinantes da competitividade que são essenciais ao entendimento dos tipos e padrões de concorrência. A segunda teoriza sobre o desempenho; as abordagens de avaliação de desempenho; o princípio da eficiência; diferença entre produtividade e eficiência técnica; técnicas de medidas de desempenho. A terceira seção trata da discussão sobre os determinantes da eficiência técnica e tem como objetivo identificar através de outros autores, quais variáveis influenciam o desempenho das usinas sucroenergéticas. A quarta seção apresenta os trabalhos que utilizaram o segundo estágio do modelo DEA com variáveis exógenas em diversas áreas, buscando dar respaldo à realização do mesmo neste trabalho;

O capítulo 3 aborda em detalhes o modelo analítico considerado; os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. É discutida a definição da amostra; teste de hipóteses das variáveis; a forma de coleta de dados; e os programas computacionais para o cálculo do modelo DEA.

E por fim, o capítulo 4 apresenta e discute os resultados alcançados da pesquisa. Também proporciona as considerações finais do trabalho, apresentando as conclusões do estudo; limitações; e sugestões para pesquisas futuras.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresentará uma conceituação de competitividade e contextualizar onde estão inseridas as indústrias de cana-de-açúcar, que servirá de base para o estudo dos determinantes da eficiência técnica. A primeira seção trata dos conceitos e fatores determinantes da competitividade segundo as teorias de Michael Porter.

Partindo do princípio de que a competitividade está ligada ao desempenho das empresas, a segunda seção abordará o conceito de desempenho, bem como seus modelos de medição de desempenho e os princípios de produtividade e eficiência, e os tipos de eficiências que englobam a eficiência econômica. Em seguida será detalhado o conceito de eficiência técnica.

Na terceira seção serão especificados os determinantes da eficiência técnica. Dentre as variáveis determinantes da eficiência técnica, estão relacionadas às condições climáticas, condições logísticas e condições de sanidade.

A quarta seção apresenta alguns trabalhos que utilizaram o modelo DEA em dois estágios com variáveis exógenas, com a finalidade de dar suporte ao segundo estágio do modelo que será realizado neste trabalho.

### 2.1 COMPETITIVIDADE

A “competitividade” é um termo amplo e usualmente utilizado na literatura sobre organizações. Segundo Batalha e Silva (2007), existem duas principais vertentes do conceito de competitividade: a competitividade vista através do desempenho de uma empresa ou produto, entendida como a participação de um produto ou empresa em um dado mercado (*market share*); e a outra vertente referindo-se à competitividade vista como eficiência, com a finalidade de medir o potencial competitivo de um setor ou

empresa através do estudo das opções estratégicas adotadas pelos agentes econômicos face as suas restrições gerenciais, financeiras, tecnologias, organizacionais, entre outras.

Segundo Farina (1997 p.149), a definição do conceito de competitividade tem consequências diretas para a escolha dos indicadores de desempenho”. A evolução da participação no mercado é um indicador de resultado que tem a vantagem de condensar múltiplos fatores determinantes do desempenho. Custos e produtividade são indicadores de eficiência que explicam em parte a competitividade. No entanto, inovação em produto e processo para atender adequadamente demandas por atributos específicos de qualidade exigidos por consumidores ou clientes também explicam um desempenho favorável, que se não prescinde de custos e produtividade, podem ser elementos determinantes da preservação e melhoria das participações de mercado (KENNEDY et al., 1998).

Partindo da teoria elaborada por Porter (1997), a competitividade é a capacidade de criar e sustentar um desempenho superior ao desenvolvido pela concorrência. Slack, Chambers e Johnston (2002), afirmam que a análise da concorrência determina o desempenho, e que levar os clientes e fornecedores em consideração é uma preocupação inerente para aquelas empresas que querem se tornar competitiva. No entanto, Porter (1997) enfatiza que a concorrência está além do comportamento dos clientes e fornecedores, dependendo, portanto, de cinco forças básicas, das quais os clientes e fornecedores fazem parte.

As cinco forças competitivas apresentadas, segundo Porter (1997), confirmam que a concorrência de uma indústria não está limitada aos participantes estabelecidos, mas que: clientes, fornecedores, bens substitutos e entrantes em potencial são todos concorrentes da indústria e podem influenciar o desempenho da mesma.

A primeira das 5 forças descritas por Porter (1997) é a ameaça a entrada. Uma indústria alvo de novas empresas, trazendo muitas vezes com ela novas tecnologias e procedimento, fará com que o preço do setor caia ou os custos dos participantes se elevem; de uma maneira ou de outra, a rentabilidade da indústria será reduzida. Portanto, uma indústria será competitiva quanto maior for a barreira de entrada de novas empresas ao setor. Barreiras à entrada existem quando é difícil ou economicamente inviável para uma empresa de fora do setor ocupar a mesma posição daquelas já estabelecidas (GUEMAWAT, 2007).

O modelo de Porter (1997), define que há sete diferentes fontes de barreiras à entrada, são elas: 1) economia de escala; 2) diferenciação do produto; 3) necessidade de

capital; 4) custos de mudança; 5) acesso aos canais de distribuição; 6) desvantagem de custos independentes de escala; 7) política governamental.

Outra força presente na análise estrutural básica de uma indústria, no qual são fontes determinantes do desempenho das empresas nela inserida, encontra-se na rivalidade entre os concorrentes existentes. Essencialmente, Porter (1997) define a rivalidade como sendo a busca por posições melhores dentro da indústria. Guemawat (2007) considera a rivalidade historicamente como sendo o foco principal dos estrategistas ao longo dos tempos. Alguns determinantes estruturais da rivalidade entre os concorrentes: 1) concorrentes numerosos ou bem equilibrados; 2) crescimento lento da indústria; 3) custos fixos ou de armazenagem altos; 4) ausência de diferenciação ou custos de mudanças; 5) capacidade aumentada em grandes incrementos; 5) concorrentes divergentes; 6) grandes interesses estratégicos; 7) barreiras de saídas elevadas.

A rivalidade entre os concorrentes também foi descrita a luz da teoria de Porter (1997), bem como a análise de cada fator que pode influenciar na rivalidade entre as empresas; o que se conclui: quanto menor a rivalidade entre os concorrentes, maior será o desempenho do setor. Todas as empresas competem com outras empresas que estão fabricando os mesmos produtos que os dela. Os produtos substitutos possuem a capacidade de reduzir os retornos potenciais de uma indústria.

Segundo Guemawat (2007), os produtos substitutos de um mercado obedecem a chamada “curva em forma de S”, ou seja: começam lentamente na indústria à medida que poucos se arriscam a experimentar o novo produto; aumenta à medida que os clientes imitam um ao outro na aquisição desse bem; e finalmente nivela-se quando praticamente todas as possibilidades econômicas de substituição foram esgotadas. É importante mencionar que, produtos substitutos não se configuram apenas a produtos de características físicas similares, mas sim a produtos que potencialmente se prezem a realizar as mesmas funções. Christensen (2003) apresenta esse fato afirmando que a concorrência entre substitutos se dá através de “tarefas a serem realizadas”, ou seja, o importante não são os atributos físicos dos produtos serem semelhantes, mas sim se as tarefas que eles desempenham são similares.

Segundo Porter (1997), o poder dos clientes possui a capacidade de forçar os preços para baixo, negociando por melhores qualidades ou mais serviços, e incitando a concorrência entre as empresas da indústria. Para Guemawat (2007), o poder dos compradores é uma das duas forças verticais que influenciam o valor gerado de uma

indústria, sendo que os determinantes mais importantes dessa capacidade são: o tamanho e o nível de concentração da clientela

As circunstâncias que estabelecem o quanto um comprador é poderoso, são identificadas a seguir: a) está concentrado ou adquire grandes volumes em relação às vendas do vendedor; b) os produtos que o comprador adquire da indústria representam uma fração significativa de seus próprios custos ou compras; c) os produtos que o comprador adquire são padronizados ou não diferenciados; d) o comprador enfrenta poucos custos de mudança; e) o comprador consegue lucros baixos; f) os compradores são uma ameaça concreta de integração para trás; g) o produto da indústria não é fator importante para a qualidade dos produtos do comprador; h) o comprador tem total informação (PORTER, 1997).

As características da força de poder de barganha dos compradores para a análise concorrencial de uma indústria se estendem tanto aos consumidores quanto aos compradores industriais e comerciais, apenas com alguns nuances. Segundo Porter (1997), os consumidores tenderão a serem mais sensíveis a preços com relação aos produtos não diferenciados pois competem a uma representação alta da sua despesa; e o poder de compra de varejistas é caracterizado pela influência que o mesmo pode exercer às decisões de compra dos consumidores.

A última força que segundo Porter (1997) influencia na análise estrutural de uma indústria é o poder de negociação dos fornecedores. Para Guemawat (2007), o poder dos fornecedores é o espelho invertido do poder dos compradores no qual se focaliza inicialmente o tamanho e a concentração dos mesmos, e em segundo lugar a diferenciação dos insumos fornecidos.

Ainda seguindo a teoria de Porter (1997), as características que determinam o poder de um grupo de fornecedores são: a) é dominado por poucas companhias e é mais concentrado do que a indústria para a qual vende; b) não estão obrigados a lutar com outros produtos substitutos na venda para a indústria; c) a indústria não é um cliente importante para o grupo fornecedor; d) o produto dos fornecedores é um insumo importante para o negócio do comprador; e) o produto dos fornecedores é diferenciado ou desenvolveram custos de mudança; f) há uma ameaça concreta de integração para frente do grupo dos fornecedores. Esses são os fatores que agem diretamente em cada força determinantes da rentabilidade da mesma e precisam ser considerados para inferir qualquer análise estrutural.

Além das seis características presentes na avaliação do poder do fornecedor, Porter (1997) considera também que a mão de obra é um importante elemento na esfera do fornecimento. Segundo o autor, quando a força de trabalho é organizada e escassa no mercado de trabalho, o poder da mão de obra tende a aumentar.

Um elemento importante para se considerar na análise estrutural diz respeito ao governo. Para Porter (1997), o poder do governo tem sido considerado principalmente no âmbito das barreiras à entrada, no entanto, esse diagnóstico é incompleto se, por exemplo, considerar a importância do governo no seu papel de comprador, ou mesmo fornecedor. O governo pode exercer grande influência também sob a forma de produtos substitutos, através de regulamentações, subsídios e demais meios.

A essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar uma companhia ao seu meio ambiente (PORTER, 1989). Esta perspectiva, segundo Rostock (2011), tira o foco da corrida por excelência operacional, onde a estratégia consistia em fazer certo o produto, no tempo certo, cada vez mais rápido e mais barato, e passa a considerar principalmente o ambiente onde a empresa está inserida para delineamento das suas estratégias de negócios.

Para Possas (2006), nesse sentido, a dinâmica interlocutiva da empresa com o seu meio ambiente é analisada pelo viés da concorrência na indústria, a fim de subscrever as fontes de vantagens competitivas sustentáveis; Porter (1997), prioriza a vantagem competitiva como um resultado inerente das externalidades, porquanto, orientada no sentido “de fora para dentro”.

Agregando o conceito de concorrência com a necessidade de obtenção de lucro para permanência e manutenção das firmas no mercado capitalista, faz-se necessária a presença constante de inovações e de diferenciações, seja do produto ou dos produtores, visando à obtenção de vantagens competitivas sobre suas concorrentes (POSSAS, 2006). Para que sejam especificadas as proporções dinâmicas que o processo concorrencial pode assumir, Possas (2006) agrupa as vantagens competitivas nos quesitos de diferenciação de produto e custo.

Para Possas (2006), os principais elementos que podem caracterizar o mercado concorrencial, resultado da dinâmica capitalista, são as vantagens competitivas e as dimensões que as mesmas podem assumir, agrupadas nos quesitos de custo e qualidade. Desta forma, os custos podem ser afetados por elementos muito distintos, pois dependem

do processo produtivo e do produto em si. O mesmo pode-se dizer da qualidade, que diz respeito a aspectos variados.

Desta forma, entende-se que os padrões de concorrência são influenciados pelas características estruturais e comportamentais de ambiente competitivo da firma, relacionadas ao setor de atuação ou ao próprio sistema econômico. A primeira situação refere-se às complementaridades tecnológicas, às restrições ou estímulos associados ao fluxo de mercadorias, entre outros fatores que decorrem da interdependência entre firmas ou setores em concorrência. Na segunda, estão as disponibilidades de infraestrutura e de recursos financeiros, a política industrial, os instrumentos de fomento e o arcabouço institucional no qual as empresas estão inseridas (FERRAZ *et al*, 1997).

Para Kupfer (1992), os conceitos de desempenho e eficiência ainda não são suficientes para a discussão sobre competitividade, posto que ambos se reduzem à mensuração, em pontos distintos da sequência intertemporal, dos resultados das diferentes estratégias competitivas adotadas pelas firmas. Ainda no âmbito da firma, as decisões se dão no tempo, mas não expressam somente escolhas intertemporais ótimas. Isto porque se considera que as decisões são tomadas com base em expectativas incertas.

Kupfer (1992), sugere que mais importante do que o esclarecimento de divergências de natureza instrumental quanto à correlação da competitividade com o desempenho ou a eficiência de um produto/firma em um mercado, é avançar no desenvolvimento de uma abordagem dinâmica da competitividade.

Conforme Ferraz *et al* (1997, pg. 8), os padrões de concorrência possuem duas características decisivas para a avaliação da competitividade: a idiosincrasia de cada setor da estrutura produtiva, que faz com que cada tipo de vantagem competitiva tenha importância variável e diferentes graus de oportunidade em cada mercado, sendo “estas especificidades que constituem os elementos básicos que norteiam as firmas na seleção de suas estratégias competitivas”. A mutabilidade no tempo, que se refere às transformações tecnológicas e organizacionais que ocorrem no ambiente econômico de forma geral.

Os padrões de concorrência apresentam grande especificidade setorial, devido aos limites impostos pela natureza da tecnologia e do mercado, bem como das relações interindustriais e dos condicionantes macroeconômicos.

O grupo de *commodities* abrange as indústrias de processo contínuo na elaboração de produtos homogêneos em grande quantidade e que, além disso, têm os preços de seus

produtos determinados em bolsas internacionais de mercadorias. Alguns exemplos destes produtos são os intensivos em recursos naturais e energéticos, como química básica, celulose, papel e cana-de-açúcar (FERRAZ *et al.* 1997).

Sua principal característica é a elevada participação no mercado detida por um número reduzido de firmas, o que marca a presença de estrutura de mercado de oligopólio homogêneo, com prevalência de baixa diferenciação de produtos e altas escalas técnicas de produção, em relação aos demais ramos da indústria. Para obter posição vantajosa no mercado competitivo, estas empresas devem sempre estar atualizadas no que se refere à tecnologia, para que opere com redução de custos, devem montar sistemas eficientes de abastecimento de matérias-primas e possuir boa logística (FERRAZ *et al.* 1997).

Como esta indústria opera com economias de escala e, conseqüentemente, com baixos custos, além de possuírem a capacidade de antecipar-se ao crescimento da demanda, ou de responder às oscilações de preços e quantidades típicas do mercado de *commodities*, estas fontes de competitividade constituem fortes barreias à entrada de novos concorrentes (FERRAZ *et al.* 1997).

Deste modo, conforme Ferraz *et al.* (1997, p. 3), a competitividade depende do padrão de concorrência vigente e, “um padrão de concorrência, por sua vez, corresponde ao conjunto de fatores críticos de sucesso em um mercado específico”. Isso significa dizer que a estrutura de mercado determina os tipos e padrões de concorrência que por sua vez está diretamente ligado a competitividade. Para determinar essa competitividade, utiliza-se o conceito de desempenho.

Porter (1992, p.1) enfatiza que “a concorrência está no âmago do sucesso ou do fracasso das empresas, determinado a adequação das atividades que podem contribuir para seu desempenho”. Isso significa dizer que a vantagem competitiva surge do valor que a empresa consegue criar para seus compradores, valendo-se para tanto da sua capacidade de análise e implementação.

Seguindo esta definição, Ferraz *et al.* (1997) demonstra como as estratégias podem ser influenciadas por determinantes da competitividade, que são “um conjunto de fatores que, além de serem em grande número, transcendem o nível da firma, sendo também relacionados à estrutura da indústria e do mercado e ainda ao sistema produtivo”.

No modelo teórico de Porter (1997), duas questões centrais baseiam a escolha da estratégia competitiva. A primeira consiste na atratividade das indústrias em termos de rentabilidade a longo prazo e os fatores que estabelecem esta atratividade. A segunda diz

respeito aos determinantes da posição competitiva relativa dentro de uma indústria, os quais definem se a rentabilidade da empresa está acima ou abaixo da média da indústria.

A primeira questão central surge da necessidade de uma compreensão sofisticada das regras de concorrência que determinam a atratividade da indústria, e a segunda da relevância que a estratégia competitiva adotada pela empresa possui para a sua rentabilidade. Em síntese, as duas questões correspondem às teorias elaboradas por Porter (1992), perfazendo a análise estrutural da indústria e as estratégias competitivas genéricas:

**Análise Estrutural das Indústrias:** Independente do tipo da indústria a concorrência englobam as *Cinco Forças Competitivas: Entrada de Novos Concorrentes, a Ameaça de Substitutos, o Poder de Negociação dos Compradores, o Poder de Negociação dos Fornecedores e a Rivalidade entre os Concorrentes*. Essas cinco forças influenciam os preços, os custos e o investimento das empresas.

**Estratégias Competitivas Genéricas:** o desempenho acima da média a longo prazo é a vantagem competitiva sustentável. Dessa forma, existem dois tipos básicos de vantagem competitiva: *Baixo Custo* ou *Diferenciação*.

Segundo a teoria elaborada por Porter (1992), pela estratégia de *Liderança pelos Custos*, a empresa enfatiza a obtenção de vantagens de custo absoluto e de escala de todas as fontes. A estratégia da *Diferenciação* enfatiza a valorização da empresa pelos compradores como sendo única no mercado. Isso significa que a empresa escolhe um ou mais atributos dos quais os seus compradores valorizam, e assim, ela se posiciona no mercado.

A estratégia do *Enfoque*, se difere das outras duas estratégias e consiste na escolha do enfocador por um segmento adaptando sua estratégia de custo (enfoque no custo) ou de diferenciação (enfoque na diferenciação) para atendê-los. O enfocador busca alavancar uma vantagem competitiva no segmento escolhido, porém, não possui uma vantagem competitiva geral (PORTER, 1992).

Segundo Ferraz *et al* (1997), os fatores sob controle da firma, os quais ela possui poder de decisão e pode ser controlado através de estratégias e condutas adotadas internamente, são referentes às decisões de alocação dos recursos acumulados pelas empresas em termos de suas áreas de competência. Ferraz *et al* (1997) destaca quatro áreas de competência em que a firma lida: gestão competitiva, capacidade de inovação, capacidade produtiva e recursos humanos.

Segundo Ferraz *et al* (1997), os fatores industriais são igualmente decisivos para a competitividade das empresas, já que apresentam especificidades setoriais mais pronunciadas, destacando o dinamismo do mercado e a elevação do grau de exigência dos consumidores, da existência de configurações industriais apropriadas e de um regime de incentivos e regulação da concorrência, que mantenha a disputa competitiva na indústria.

O dinamismo do mercado é um dos principais fatores que influenciam a competitividade, já que seus movimentos e suas tendências marcam diretamente as estratégias e decisões das empresas, que objetivam permanecer e crescer no mercado em que estão inseridas (DANTAS, A., KERTSNETZKY, J., & PROCHNIK, V., 2002).

Ferraz *et al* (1997) afirma que os determinantes sistêmicos da competitividade condicionam de forma direta e indireta a competitividade das indústrias. É o entendimento dos tipos de determinantes sistêmicos que possibilita situar a competitividade das empresas no espaço econômico e no tempo, unindo a evolução da competitividade da empresa às evoluções do ambiente econômico em que se inserem. Neste sentido, Ferraz *et al* (1997) relacionou a existência de seis determinantes: macroeconômicos, político institucionais, legais-regulatórios, infra estruturais, sociais e internacionais.

As organizações estão inseridas em conjunturas cada vez mais dinâmicas e complexas em decorrência da globalização dos mercados. Os esforços para que haja maior velocidade de resposta às variações dos ambientes são fundamentais para a sobrevivência da organização (PEREIRA, 2007).

## 2.2 DESEMPENHO

Atualmente, a habilidade de medir o seu próprio desempenho e de usar a medição de forma inteligente para alcançar patamares superiores é um atributo sempre presente; ao passo que as organizações que não dispõem de sistemas de medição estruturados são mais vulneráveis a mudanças dos ambientes e têm seu foco orientado para os indicadores financeiros, que não refletem a realidade nem garantem sua sustentabilidade futura (PELOIA, 2008).

Bastante alinhado a estas ponderações é o entendimento de Benites (2005); o autor considera que a maneira mais assertiva para verificar a conformidade estratégica da empresa é mensurar sistematicamente o seu desempenho ao longo do tempo, utilizando,

para tanto, medidas de desempenho, já que estas se configuram como a melhor ferramenta estratégica para corrigir os desalinhamentos operacionais e estratégicos.

Benites (2005), observa que a mensuração dos resultados pelas medidas tradicionais de desempenho, tais como o retorno sobre o investimento e outros originados em função da performance financeira, remetem seguramente às informações sobre o crescimento da participação de mercado, mas não possui condições de inferir o reflexo de ações voltadas a melhorias, inovações e investimentos para aprendizagem organizacional.

Pereira (2007) afirma que a competitividade e o desempenho são conceitos intrinsecamente relacionados na medida em que a avaliação de desempenho é a maneira pela qual a organização verifica a eficácia das suas decisões estratégicas, que por sua vez resultam na competitividade das organizações ou sistemas.

Sproesser (1999), concebe o desempenho de uma indústria em uma perspectiva mais abrangente, ao assumir que por ser este um dos objetivos de gestão mais importante a ser atingido pelas firmas, é fundamental a estas a implementação de novas tecnologias e de métodos de gestão, assim como o desenvolvimento do mercado; sendo de igual modo essencial ao desempenho das firmas, a desenvoltura socioeconômica do país.

O processo de avaliação de desempenho, para Granemann e Rodriguez (2004), deve se iniciar com o estabelecimento de um conjunto de indicadores que consigam traduzir o panorama real da organização e só em seguida deve ser realizado o processo de mensuração dos níveis de desempenho.

Os indicadores de desempenho, postula Harrington (1993), são importantes na medida em que permite à organização identificar os fatores que efetivamente contribuem para a realização da sua missão, evidenciando a eficiência dos recursos empregados pela empresa. O autor também sublinha que a avaliação de desempenho auxilia no processo de definição de metas e no monitoramento das tendências.

Carre (1991) afirma que o desempenho está relacionado com a ideia de comparabilidade, e somente pode ser medido em relação a um referencial, como os resultados anteriores da firma ou ainda os resultados médios da indústria na qual se insere a firma.

### 2.2.1 Modelos de medição de Desempenho

Os modelos de medição de desempenho organizacional são ferramentas que traduzem a estratégia na prática. A literatura apresenta inúmeros modelos de avaliação de desempenho com diferentes finalidades, abordagens e foco (MUNARETTO, 2013).

A primeira das técnicas é a de Simulação, uma das mais utilizadas para medir o desempenho de sistemas complexos. Como enfatiza Fagundes (2006), foi a partir da década de 50, com o surgimento das linguagens orientadas a simulação que o desenvolvimento da ferramenta de Simulação tornou-se mais adaptáveis às medidas de desempenho.

Fagundes (2006), aponta outra técnica presente na literatura como ferramenta de mensuração da *performance* empresarial é a Técnica *Neuro-Fuzzy* que combina a vantagem das redes neurais de tratar grandes quantidades de dados e classes com a capacidade do sistema *fuzzy* de converter informações vagas e imprecisas em um formato numérico.

Uma abordagem que considera as perspectivas técnicas, organizacionais e pessoais, estas duas últimas desenvolvidas após uma discussão do problema junto aos tomadores de decisão com o intuito de assegurar que todas as variáveis foram incluídas no modelo para a análise, é verificado na técnica Sistema de Apoio à Decisão (SAD), que para Fagundes (2006), a partir do final dos anos 60, a ferramenta se tornou uma técnica em potencial para se medir os efeitos das mudanças nas variáveis.

E por último, dentre as várias técnicas surgidas e adaptadas para se analisar o desempenho operacional, a Análise Envoltória de Dados é uma importante ferramenta cujo principal objetivo é medir a eficiência dentro de uma amostra de empresas estudadas e compará-las, umas com as outras, e assim estabelecer o parâmetro de eficiência (STERN L., EL-ANSARY E GOLDMAN, 1982)

Para mensurar a eficiência operacional das usinas sucroenergéticas empregou-se o modelo proposto por Stern L., El-Ansary e Goldman (1982), adequando-o segundo as especificidades do problema de pesquisa em questão.

O modelo *Data Envelopment Analysis (DEA)* avalia a eficiência relativa de um sistema produtivo comparativamente a outros de características tecnológicas semelhantes (*benchmarks*), utilizando da análise de múltiplos insumos e múltiplos produtos.

Com isso, o modelo DEA pretende medir eficiência, não tentando converter medidas das variáveis em um padrão comum, bem como atribuir pesos arbitrários a elas, como até então se fazia, mas sim avaliar a eficiência relativa, ou seja, em termos comparativos, aos melhores padrões de excelência, numa amostra de sistemas produtivos. Para Ferreira e Gomes (2009), os modelos de DEA são ferramentas técnicas, atualmente cada vez mais utilizadas para orientar decisões estratégicas de organizações empresariais e beneméritas.

A Análise Envoltória de Dados consiste em encontrar uma Unidade Tomadora de Decisão (DMU) virtual para cada conjunto de um sistema produtivo da amostra (CASADO; SOUZA, 2007). A eficiência pode ser caracterizada como uma eficiência técnica ao propor medir tal grandeza nas empresas avaliadas. A eficiência técnica é um conceito relativo que está relacionado a produção de um bem ou serviço com a menor utilização possível de recursos.

A fronteira de eficiência apresentada por Cook e Zhu (2008) faz um comparativo da regressão linear com a DEA. Conforme os autores, por ser uma técnica não paramétrica, a DEA fornece a melhor prática entre as Unidade Tomadora de Decisão (DMU's) analisadas, gerando efeitos relativos; enquanto a regressão linear, que consiste em uma abordagem paramétrica, trabalha com a média do comportamento das DMU's observadas.

As vantagens da DEA em relação a outras técnicas paramétricas, segundo Gregoriou (2006), consistem em focalizar nas observações individuais das unidades e otimizar a medida de eficiência para cada uma delas; ao passo que à análise de regressão cumpre aproximar a eficiência das unidades em relação ao seu desempenho médio no período analisado.

Segundo Barros e Garcia (2006), o DEA é uma técnica que permite à equipe gerencial a capacidade de se espelhar nas unidades de melhores práticas, usando-as como referência e fornecendo estimativas para a melhoria potencial que pode ser realizada pelas unidades ineficientes. O desempenho das operações é um atributo de grande relevância ao desenvolvimento de uma organização; a sua avaliação é um processo que auxilia sistemicamente o ambiente interno da empresa e no qual se apoiam os seus decisores para estabelecer planos e metas.

A avaliação de desempenho na perspectiva de Neely, Gregory e Platts (2005) caracteriza-se pelo processo de qualificar a ação, onde a medição é o processo de quantificação da eficiência e eficácia e a ação é o objeto gerador de desempenho.

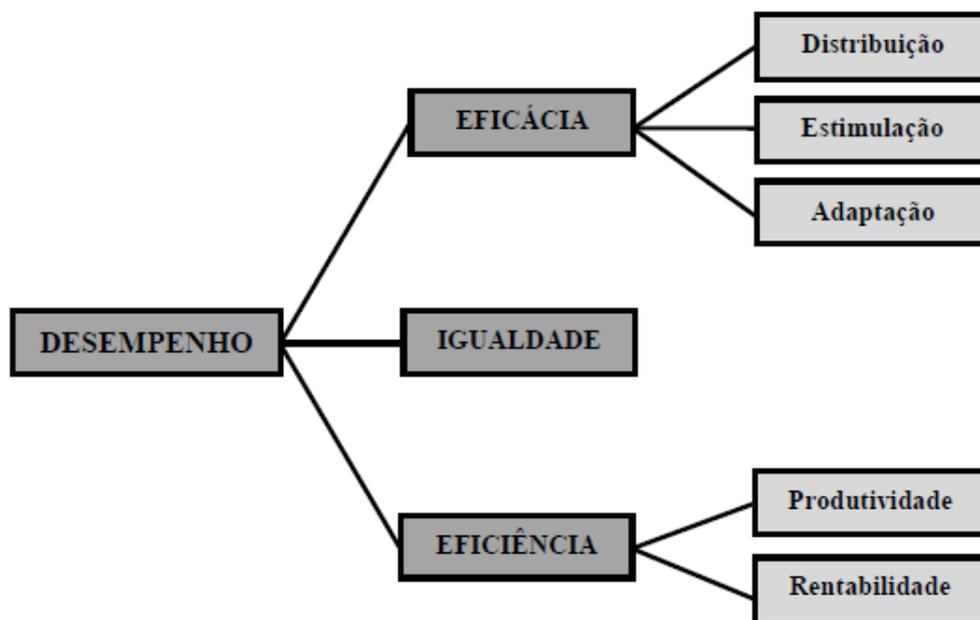
Partindo da definição de Stoffel (1997, p.25) o desempenho é “uma ação que pode ser mensurada e verificada”. Martins e Laugeni (2005, p. 13) definem o termo como sendo “o grau no qual um sistema, físico ou econômico, atinge seus objetivos”. Slack, Chambers e Johnston (2002), definem também o desempenho através de um grau em que a produção atinge. No entanto, delimitam cinco objetivos específicos que esse grau precisa preencher: custo, confiabilidade, flexibilidade, qualidade e rapidez.

A partir desses conceitos, é possível afirmar que desempenho se refere a fatos. Ideologias, conceitos pré-estabelecidos ou opiniões formadas sobre a *performance* de um determinado evento, e essa performance precisa atingir os objetivos propostos. Desempenho é essencialmente objetivo e sua prática se ramifica dentro das várias abordagens e modelos construídos ou adaptados para se estudar uma determinada empresa, setor, indústria, e até mesmo um país. Além das inúmeras possibilidades de selecionar um objetivo específico, há também várias opções de quais variáveis ou indicadores selecionar para a condução da análise do desempenho. Mesmo que seja definida como será feita a análise do desempenho e quais as variáveis adotadas há ainda uma quantidade considerável de técnicas disponíveis que possam medir o “grau” tão mencionado pelos autores, no que concerne à realização de uma atividade (SPROESSER, 1999).

Sproesser (1999) afirma que não obstante a maioria dos modelos baliza a medição do desempenho nos termos de eficiência financeira - logo, uma análise unidimensional - uma visualização do desempenho de maneira global, em que sejam consideradas variáveis macroeconômicas como principais fatores explicativos e, de outro lado, fatores intrínsecos a empresa, sobretudo os de ordem estratégica, torna-se mais adequado para mensurar e avaliar o desempenho de uma organização.

Nesse sentido, o autor amplia as dimensões consideradas no modelo de medição originalmente proposto por Stern L. e El-Ansary (1982), quais sejam, rentabilidade e produtividade, para medir o desempenho das firmas de varejo; neste modelo o autor considera as dimensões de eficiência e igualdade para de tal modo determinar o desempenho operacional (Figura 1).

**Figura 01** - Enquadramento de análise do desempenho das firmas.



**Fonte:** Sproesser (1999), adaptado de Stern L., El-Ansary (1982) e Goldman (1992).

As dimensões do desempenho consideradas no modelo são assim abordadas pelos autores:

**Eficácia:** relacionada aos *outputs*, corresponde à efetiva realização das coisas certas sem desconsiderar as demandas da qualidade. A eficácia se associa às variáveis qualitativas que, em geral, estão relacionadas à percepção do consumidor e à sua satisfação. Esta, por sua vez, no caso do varejo, se associa à *Distribuição* dos produtos cujas principais variáveis consideradas neste aspecto são os preços e os serviços. A *Estimulação* consiste em outro elemento da eficácia e suas variáveis determinantes são o marketing de massa e o desenvolvimento econômico. A *Adaptação*, último elemento da eficácia, corresponde ao desenvolvimento de novos produtos, novas tecnologias e infraestrutura.

**Igualdade:** está relacionada à acessibilidade para todos os segmentos de consumidores. Ela também pode ser mensurada, segundo El-Ansary (2006), em termos de distribuição de lucros ao longo das cadeias produtivas ou dos canais de distribuição, gerando, dessa forma, incentivos adequados entre os membros do canal para continuar a gerar esse valor futuramente. Para Stern (2002), as participações normativas nos lucros calculados por meio do Modelo de Eficiência para um canal, fornecem uma medida da

participação nos lucros totais de canal que cada membro do canal é responsável por gerar. Essas participações e as participações dos lucros totais do canal devem ser realizadas com base no grau de participação nos fluxos de marketing e no valor criado por essas participações, portanto, a remuneração deve refletir as participações normativas nos lucros para cada membro do canal.

**Eficiência:** relacionada aos *inputs*, o conceito de eficiência pode ser definido como uma medida relativa em que se realiza uma comparação com o que fora produzido, dada uma quantidade de insumos disponíveis, com o que poderia ter sido produzido com estes mesmos insumos (MELLO et al, 2005). No modelo são consideradas como medidas de eficiência a *Produtividade*, está associada à razão *output/input* cujo objetivo consiste na otimização dos ativos físicos junto à mão de obra contratada e, por seu turno, a *Rentabilidade*, a qual também se presta a determinar a eficiência a partir da rentabilidade financeira e da rentabilidade dos ativos físicos (SPROESSER, 1999).

### 2.2.2 Produtividade e Eficiência

O primeiro passo a ser tomado para determinar o desempenho de uma operação produtiva consiste em determinar as medidas de produtividade e eficiência. É importante salientar que existe uma diferença entre os dois conceitos, onde a primeira é uma razão entre duas quantidades e a eficiência é uma medida adimensional (COELLI et al., 1998).

De acordo com Martins e Laugeni (2005), foi a partir dos anos 1950 que a comunidade científica cunhou uma definição formal sobre produtividade, como sendo o quociente obtido pela divisão do produzido por um dos fatores de produção.

O conceito de produtividade estabelecido por Corrêa e Caon (2008), significa a relação entre o valor da produção resultante e o custo dos insumos empregados durante um processo; pode-se, através dessa perspectiva, considerar a produção como um todo ou uma medida parcial que tenha uma maior relevância para uma determinada atividade.

Postula Ferreira (2012) que, enquanto a eficiência mede o que foi produzido, a produtividade é o quociente entre o que foi produzido com os insumos que foram gastos para produzir; como é o resultado da divisão de duas quantidades distintas, a produtividade tem unidades de medida diferentes para cada caso. Ainda, segundo o autor, a produtividade é expressa em unidades decorrentes do problema específico em análise.

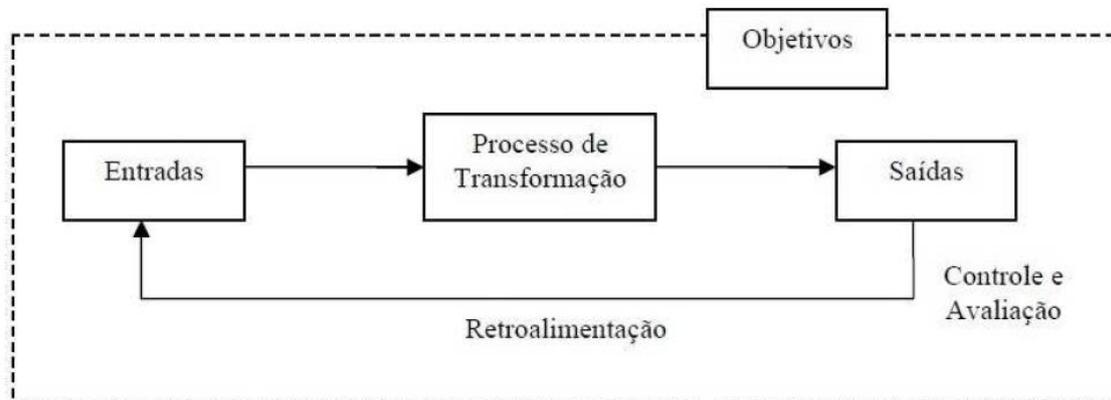
De acordo com Benites (2005), é fundamental entender o conceito e as medidas de produtividade para medir e avaliar os resultados obtidos em um sistema produtivo, qualquer que seja este. O autor destaca que os problemas na mensuração de produtividade surgem no instante em que são definidas as variáveis (*inputs*) determinantes, ou seja, os fatores que influenciam mais diretamente o resultado do processo produtivo. A produtividade de uma organização é uma dimensão que corresponde às quantidades dos insumos utilizados na realização de suas atividades bem como às quantidades de resultados gerados. A produtividade varia de organização para organização em função de diferenças na tecnologia de produção utilizada, de diferenças ambientais e na eficiência do processo de produção (BELONNI, 2000).

Uma definição genérica de produtividade, segundo Caron (2003), consiste na utilização mais racional e eficiente dos fatores de produção, tendo como elementar objetivo alcançar o máximo de produção com a utilização do menor espaço de tempo e com os menores custos. Genericamente, de acordo com o autor, a forma de medir a produtividade é obtida pela divisão da produção física por um dos fatores empregados, a saber, trabalho, capital, matérias-primas e tecnologia.

Sob esse aspecto, Ferreira e Gomes (2009), afirma que a produtividade pode ser dividida em duas definições básicas: **produtividade parcial** para uma relação entre o produzido (medido de alguma maneira) e o consumido de um dos recursos utilizados. Nesse sentido, existe a produtividade da mão-de obra, do capital, entre outros fatores de produção; e **produtividade total** para a relação da medida do output obtido entre dois intervalos de tempo  $i$  e  $j$ , a preços do instante inicial, e comparado com a medida do input consumido entre dois intervalos de tempo  $i$  e  $j$ .

Mediante os conceitos a produtividade está inserida em um sistema produtivo, com entradas e saídas através de um processo de transformação dos insumos, bem como sua constante retroalimentação, atingindo um ciclo que se repete constantemente. A Figura 02 representa um sistema e o processo de transformação oriundo dele.

**Figura 02** - Representação de um sistema



**Fonte:** Moreira (2008).

As considerações de Martins e Laugeni (2005) sobre eficiência remetem a uma ideia de otimização, pois, segundo eles, vez que a eficácia é uma medida de quão próximo se chegou dos resultados que foram previamente estabelecidos, a eficiência é a quantidade de empenho necessária para alcançar a meta: quanto menos empenho for utilizado para a meta, mais eficiente será a organização.

De modo geral, o conceito de eficiência organizacional refere-se à forma como se obtém o resultado. A eficiência está mais relacionada ao “como” produzir com o menor dispêndio possível, visando obter a mesma quantidade de produto com o mínimo de insumo, ou obter a máxima quantidade de produto com a mesma quantidade de insumo (MARTINS E LAUGENI, 2005).

A eficiência é um conceito relativo e não absoluto. Isso quer dizer que se pode determinar que algo é eficiente, comparando com algo semelhante. Geralmente não é possível decidir se, por exemplo, uma empresa é eficiente em termos universais, sempre poderão existir alternativas para “como” operacionalizar de maneira mais eficiente (ROBALO, 1995).

A eficiência, portanto, está ligada à operação interna da organização e não está relacionada diretamente ao atingimento da meta. Assim, a organização eficiente é aquela que realiza suas tarefas com o mínimo de recursos possíveis. Na teoria econômica, a eficiência está presente na Teoria da Produção. O seu conceito parte da ideia que a empresa se dispõe de determinados insumos e os combina buscando produzir um ou mais produtos (MONTELLA, 2009).

Ainda seguindo a lógica da teoria econômica, o conceito de eficiência está relacionado à condição de Pareto, que se refere a alocação ótima ou a eficiência de recursos na firma. Ser eficiente segundo a condição de Pareto, significa que cada indivíduo alcança a máxima satisfação com o mínimo de despesas. Isso implica em afirmar que para que um indivíduo possa ganhar mais, outro precisa necessariamente perder. Aplicando o conceito de eficiência de Pareto nas organizações empresariais, essa será eficiente quando alcançar a máxima produção com o mínimo possível de insumos, de tal maneira que qualquer outra combinação de insumos será incapaz de gerar maior produção com a tecnologia atual, ou seja, estaria gerando uma perda ao consumir um excesso de insumos (ARÊAS, 2005).

Pinilla (2001) destaca três aspectos do entendimento de eficiência, relacionando-os a um tipo de decisão que precisa ser tomada pela firma:

**1. Eficiência de Escala:** é quando a empresa alcança o nível de produção ótimo, isto é, maximiza o seu benefício total, fazendo com que a condição de benefício marginal se iguale ao custo marginal;

**2. Eficiência Alocativa:** é quando a empresa escolhe as combinações de fatores de produção capazes de minimizar o custo total de produção. As quantidades dos fatores devem ser tais que os seus respectivos produtos marginais sejam iguais aos preços dos fatores;

**3. Eficiência Técnica:** é quando a empresa obtém o máximo possível de produto com a quantidade de fatores utilizada, ou é capaz de produzir a quantidade escolhida com o mínimo possível dos fatores de produção. Isto implica assumir que não há desperdício de recursos; esta condição, quando verificada, significa que a firma está trabalhando sobre a sua função de produção.

Levando em consideração os conceitos de eficiência de Pareto, há outro fator que deve ser considerado na análise da eficiência: o valor econômico dos fatores. Isso quer dizer que a melhor combinação de insumos pode não ser economicamente eficiente. Além dos conceitos de eficiência de escala, alocativa e técnica, existe outro conceito de eficiência: a eficiência econômica (GOMES E BAPTISTA, 2004).

Para finalizar então as conceituações, a eficiência econômica segundo definida por Gomes e Baptista (2004) é a combinação da eficiência técnica e da eficiência alocativa, que resultam em uma medida de eficiência econômica total. Nota-se que a eficiência técnica se preocupa unicamente com os aspectos físicos da produção, enquanto

a alocativa e, conseqüentemente, a econômica abrangem aspectos econômicos, demandando informações de preços de mercado dos produtos.

A eficiência econômica de uma empresa pode ser mensurada através do produto:  
 $EE = ET \times EA$ .

### 2.2.3. Eficiência Técnica

Farrel (1957) foi um dos pioneiros a elucidar que, medidas com o intuito de avaliar a produtividade da empresa eram limitadas, uma vez que não conseguiam combinar medidas de vários insumos e construir um indicador único de medida de eficiência. Sendo assim, propôs que a eficiência abrangesse duas dimensões básicas: **eficiência técnica** e **eficiência alocativa**, referindo-se esta, a habilidade da firma em utilizar os recursos ótimos, dado os seus níveis de preços, diminuindo assim os custos.

Coelli, Rao e Batesse (1997) asseveram que a eficiência deve ser concebida em duas dimensões, que são a eficiência técnica e a eficiência alocativa. A primeira dimensão deve ser empregada quando se faz menção apenas às quantidades físicas de insumos e produtos, desconsiderando assim perspectivas financeiras (custos e lucros); a segunda dimensão deve ser utilizada quando se deseja mensurar a eficiência da combinação entre recursos físicos e financeiros.

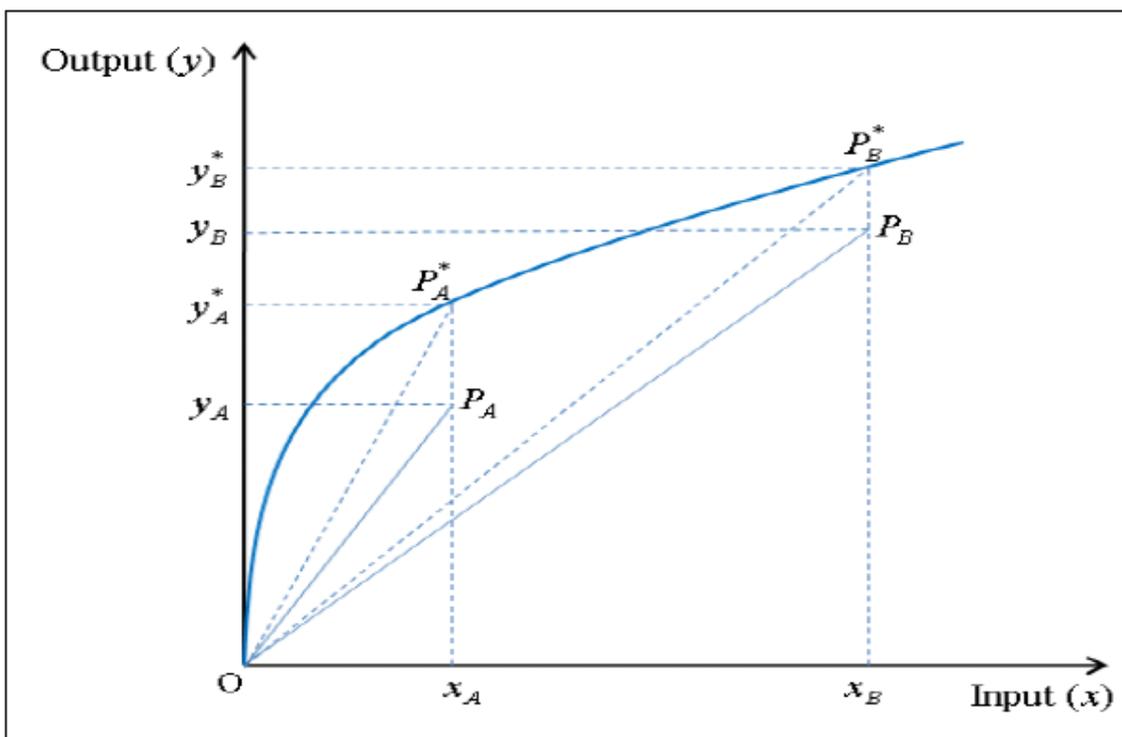
Eficiência técnica, de acordo com Ferreira e Gomes (2009), compara o que foi produzido por unidade de insumo utilizado, com o que poderia ter sido produzido. Sob esta perspectiva, essa comparação repousa na menor utilização possível dos recursos, para se obter a produção de um bem ou serviço. A “melhor forma de utilização” dos recursos é proveniente da tecnologia adotada ou ao processo de produção.

Miller (1981, p. 185), afirma que a eficiência técnica é a “relação entre o produto e os insumos; medida em termos das unidades físicas do produto comparadas com as unidades físicas dos insumos”. Varian (2010) salienta que um processo produtivo será eficiente tecnicamente, quando a produção do bem em questão não puder ser aumentada sem que ocorra diminuição na quantidade de outro bem. Dessa forma, fica evidente que a eficiência técnica reflete a habilidade da empresa em obter máximo produto, através dos insumos que dispõe.

Tendo em vista a natureza das unidades analisadas neste estudo, a utilização do conceito de eficiência técnica se faz mais aplicável na mensuração do desempenho (FARREL, 1957). A eficiência abordada neste trabalho é de caráter técnico, haja vista a utilização dos recursos físicos para subsidiar a análise da eficiência operacional das usinas amostradas, desconsiderando, portanto, os recursos financeiros. Assim, o termo eficiência utilizado no decorrer do trabalho refere-se, exclusivamente, à eficiência técnica.

A fim de ilustrar graficamente os conceitos de produtividade média e de eficiência técnica orientada pelo *output*, apresenta-se em seguida a Figura 03. A curva representa a função de produção; a área delimitada pela curva identifica os planos de produção possíveis. Por sua vez, as coordenadas  $(x, y)$  de qualquer ponto pertencente à curva, indicam a combinação *input/output* que tornam uma *Decision Making Unit* – Unidade Tomadora de Decisão (DMU), eficiente. Os pontos não pertencentes à curva têm como coordenadas as combinações *input/output* das DMU's ineficientes (VASQUEZ, 2012).

**Figura 03:** Produtividade média e eficiência técnica orientada pelo *output*.



**Fonte:** Vasquez, 2012. Nota: (\*) quantidade máxima que se pode produzir com uma dada quantidade de  $x$ .

Os declives ( $P_A$  e  $P_B$ ) indicam as produtividades médias; quanto maior for o declive tanto maior será a produtividade média. Na Figura 03, a produtividade média da unidade A é maior que a da unidade B; contudo, esta é mais eficiente que A. Também as produtividades médias ótimas ( $P^*$ ) são diferentes; reputando tais diferenças a não

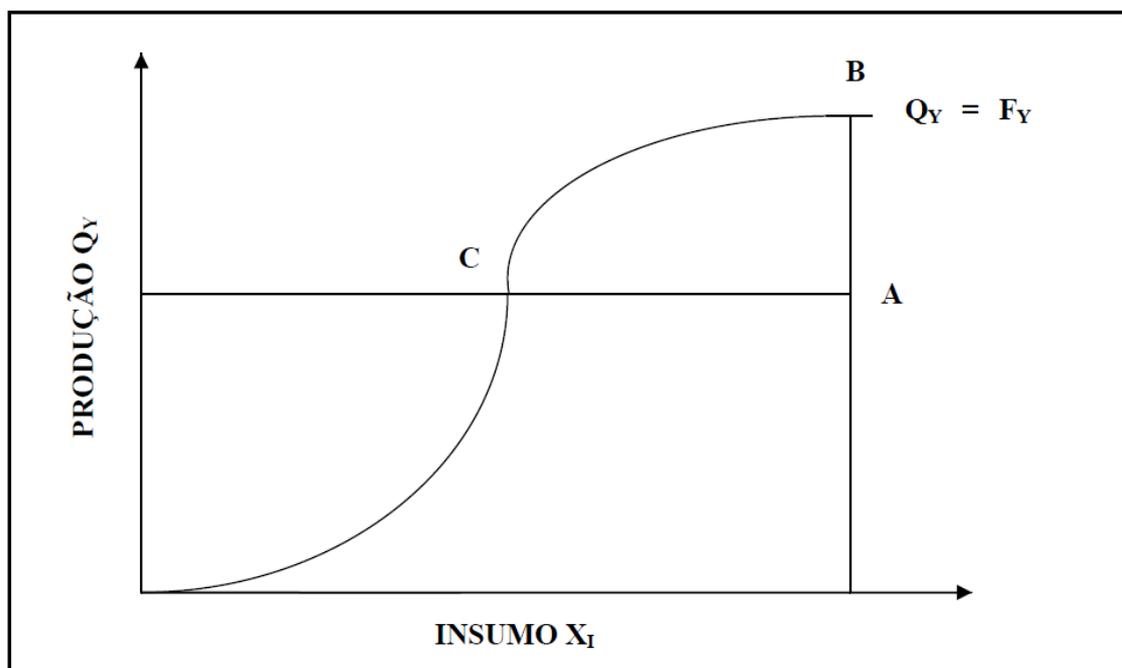
linearidade da função de produção. Nestas situações diz-se que os rendimentos à escala são variáveis.

Segundo Varian (2010), uma empresa é tecnicamente viável quando a mesma opera eficientemente a combinação dos insumos utilizados para a produção dos seus produtos. Como ser eficiente tecnicamente implica assumir que não há desperdício de recursos, isso significa que a firma está trabalhando sobre a sua função de produção. Para tanto, na Figura 04, está relacionada eficiência e produtividade utilizando-se o gráfico da função de produção à curto prazo da teoria da produção da microeconomia, partindo do processo de produção de um único produto, através da utilização de um único insumo.

Para conseguir encontrar a quantidade ótima de produção da firma, ou seja, o ponto eficiente tecnicamente, é preciso conceituar: Produção Total, Produto Marginal e Produto Médio.

De acordo com Montela (2009), a Produção Total é todo o volume produzido em um determinado período de tempo. Produto Marginal é a variação no Produto Total proveniente do acréscimo de uma unidade no fator de produção variável. No limite, o Produto Marginal é igual à derivada primeira da função de produção em relação os insumos. Produto Médio é a relação entre a quantidade produzida e a quantidade de insumos necessária à produção.

**Figura 04** - Função da produção: produtividade e eficiência técnica.



Fonte: Ferreira e Gomes (2009, p.25).

O Ponto B, é o ponto crítico da curva de Produção total. Antes desse ponto, acréscimos nos insumos aumentam a produção e depois desse ponto, acréscimos nos insumos diminuem a produção, já que a capacidade instalada continua sendo a mesma e no curto prazo, as empresas não conseguem se adaptar a tanto insumo (MONTELLA, 2009).

Antes do ponto C, é o chamado ponto de inflexão da curva de Produção Total. No início da curva de Produção Total, acréscimos nos insumos aumentam a produção com retornos crescentes, e depois, acréscimos nos insumos continuam aumentando a produção, mas com retornos decrescentes. Isso deve-se à lei dos Rendimentos Marginais Decrescentes. Antes desse ponto, acréscimos na quantidade produzida aumentam os custos com taxas decrescentes, e depois desse ponto, acréscimos na quantidade produzida continuam aumentando os custos, mas com taxas crescentes (MONTELLA, 2009).

Partindo da origem do gráfico, a empresa obtém retornos crescentes. Isso significa dizer, que até o ponto B, a empresa continua recebendo retornos, ainda que decrescentes. Levando em consideração o comportamento da Produção Marginal, a partir do ponto B, a empresa passa a ter retornos negativos, porque mesmo com o aumento dos insumos a Produção Total cai (MONTELLA, 2009).

A produção Média, que é a relação entre o Produto Total e a quantidade de insumos, também obedece à Lei dos Rendimentos Decrescentes. Tanto assim, que ela aumenta à medida que os insumos aumentam, e depois de atingir seu máximo, ela cai, ainda que o fator insumo continue aumentando (MONTELLA, 2009).

Antes do ponto C, a Produção Marginal chega no seu ápice. Por ser o ponto de inflexão da curva, onde a Produção Média é menor que a Produção Marginal, este estágio é considerado irracional. A empresa que produzir nesse estágio estará deixando de ganhar. A política a ser adotada nessa situação, é a de incremento dos insumos (MONTELLA, 2009).

O ponto C do gráfico, mostra o ponto máximo que a Produção média alcança. Nesse ponto ela se iguala à Produção Marginal. Após se igualarem, a Produção Média passa a ser maior que a Produção Marginal, e conseqüentemente, o Custo Médio passa a ser menor do que o Custo Marginal. Dessa forma esse estágio é considerado racional. Nele encontra-se o ponto de otimização da produção (MONTELLA, 2009).

No ponto B, onde a Produção é máxima, a Produção Marginal passa a ser negativa. Isso quer dizer que, o aumento de insumos ao invés de fazer aumentar a produção Total,

faz com que ela diminua. Nesse sentido, pode-se dizer que, a partir desse ponto, os custos crescem indefinidamente. A empresa que produzir nesse estágio, estará perdendo dinheiro. A política a ser adotada é a de diminuir a quantidade produzida (MONTELLA, 2009).

Então, os pontos entre C e B, na Figura 04, são eficientes tecnicamente, uma vez que eles produzem o máximo de  $Q_y$ . No entanto, fazendo um comparativo com a produtividade, o ponto C é o mais produtivo, basta observar que para produzir  $Q_y$  no ponto B é necessário aumentar a quantidade  $X_i$ , representada por  $\overline{CA}$ , porém, o aumento da produção  $\overline{AB}$  é menor em relação à distância  $\overline{CA}$ , perfazendo uma produtividade marginal menor que 1  $\left(\frac{AB}{CA} < 1\right)$  (FERREIRA E GOMES, 2009).

Outra informação relevante é que, uma atividade próxima ao ponto C, será mais produtiva que a atividade no ponto B, mas menos eficiente, por não se encontrar sobre a função de produção (onde a curva possui os  $Q_y$  máximos). Sendo assim, a produção no ponto A é ineficiente e sua produtividade média é menor comparada aos pontos B ou C (FERREIRA E GOMES, 2009).

### 2.3. DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA

O objetivo deste item é identificar as variáveis exógenas que determinam a eficiência técnica das usinas sucroenergéticas brasileiras de acordo com a literatura existente, isso significa dizer que estas variáveis interferem na obtenção de açúcares totais recuperáveis. Os açúcares totais recuperáveis (ATR) representam a quantidade total de açúcares obtidos da cana-de-açúcar (sacarose, glicose e frutose). A concentração de açúcares (ATR) na cana-de-açúcar varia, em geral, na faixa de 13,0% a 17,5% (Ripoli et al., 2004); e, é a partir dessa quantidade que normalmente se realiza o pagamento da matéria-prima para os fornecedores.

#### 2.4.1. Condições climáticas e fisiológicas

As características genéticas da cana-de-açúcar estão associadas as condições predominantes do local de cultivo. A forma como estes fatores interagem podem propiciar períodos de maior crescimento e amadurecimento. Partindo da análise feita por Nagumo

(1993) quando há limitação dos fatores essenciais de estímulo ao crescimento, a planta modifica seu metabolismo básico, passando assim a canalizar os fotossintatos produzidos para os tecidos de armazenamento, o que caracteriza o período de maturação.

Durante o período de maturação, a cana-de-açúcar passa a armazenar a sacarose, da base para o ápice da planta. À medida que a maturação progride, o teor de sacarose tende a se igualar nas diversas partes dos colmos (FERNANDES, 1982).

A maturação da cana-de-açúcar é um aspecto importante que deve ser levado em consideração ao tratar do complexo sistema de produção dos derivados da cana-de-açúcar. As usinas dependem do fornecimento de um fluxo contínuo de matéria-prima para que possa funcionar em sua capacidade total. Em sentido econômico e agrônomo, a cana estará em condição de ser industrializada, quando apresentar teor mínimo de sacarose, acima de 12,275% do peso do colmo. Quanto maior for a concentração de sacarose no colmo, maior será o rendimento na extração (DEUBER, 1988).

Em se tratando da relação dos fatores climáticos, um estudo feito por Amorim et al. (2000) constatou que existe uma correlação linear positiva entre a umidade do ar no momento do corte com a porcentagem de solo e quantidade de bactérias na cana. Outro estudo realizado por Larrahondo, et al. (1998), verificou que altas quantidades de solo estão ligadas ao maior desgaste do maquinário agrícola e dos equipamentos da indústria. Assim como a elevada umidade do ar, a chuva pode promover o aumento da quantidade de impurezas na matéria-prima

O Brasil apresenta as condições climáticas mais variadas para a lavoura canavieira devido a sua grande extensão territorial. Para Barbieri e Villa Nova (1977), algumas regiões possuem clima ideal que permitem a produção econômica da cultura sem exigir recursos e técnicas especiais. Todavia, existem também aquelas onde as restrições são tomadas como fatores limitantes, onde somente o cultivo de determinadas variedades através de recursos extras, podem corrigir as deficiências e venham prevenir os efeitos do frio, permitindo uma lavoura canavieira produtiva.

Segundo Barbieri e Villa Nova (1977), as lavouras de cana-de-açúcar são mais exigentes quando se trata das condições climáticas. Para que a cana-de-açúcar tenha uma alta produção de sacarose, é preciso encontrar uma região com condições de temperatura e umidade adequadas para seu desenvolvimento.

Pereira et al. (2002) enfatizam que o rendimento máximo é determinado essencialmente pelas características genéticas e pelo grau de adaptação ao ambiente. O

ambiente considerado ideal é onde a precipitação tenha uma boa distribuição durante o período de crescimento da planta, contudo, a cana necessita de um período mais seco antes da colheita, com maior luminosidade, constatado pelos autores, pela correlação entre os fatores ambientais e climáticos e a produção de açúcar (DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

Fica claro assim, que o clima é o fator exógeno que mais influencia a produtividade da cana-de-açúcar (BARBIERI, 1993; KEATING ET AL., 1999; OMETTO, 1978, 1980). Dessa forma, os modelos que não levam este efeito em análise podem, no máximo, representar uma fração da variação total da produtividade (BEAUCLAIR, 1994).

Em condições reais de cultivo, ocorrem perdas de rendimento devido a condições climáticas adversas durante períodos curtos, suprimento limitado de água e nutrientes, e operações problemáticas de cultivo, incluindo a preparação do solo, eliminação de ervas daninhas e colheita. Essas limitações são muito complexas e seus efeitos sobre o rendimento são difíceis de serem quantificados (DOORENBOS E KASSAM, 1994).

A cultura da cana-de-açúcar está sujeita à influência das mais variadas condições climáticas ao longo de seu desenvolvimento. Brunini (2010) ressalta que a temperatura do ar e a distribuição de chuvas são os fatores mais importantes para o sucesso da atividade produtiva comercial.

O solo é um dos componentes do conjunto de fatores que influenciam na produção da cana-de-açúcar, destacando-se pelo seu importante papel para o suporte físico e o suprimento de água e nutrientes às plantas. Portanto, o conhecimento das características edáficas é importante para julgar o potencial dos ambientes de produção (LEPSCH, 1987).

A cana-de-açúcar não necessita de um tipo especial de solo para se desenvolver e é bastante adaptável, podendo ser cultivada em solos de textura muito variável, desde arenosos até muito argilosos, bem como em solos com altos teores de matéria orgânica. Porém, para aumentar a produtividade em ATR, as condições, sejam climáticas, da planta ou edáficas, precisam estar muito bem alinhadas (KOFFLER E DONZELLI, 1987).

Teramoto (2003) avaliou e aplicou modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar baseados em variáveis do solo e do clima. Para avaliar a aplicabilidade do modelo proposto, o autor realizou uma avaliação preliminar com resultados experimentais e uma análise de regressão que mostrou uma relação altamente significativa entre a produtividade estimada pelo modelo e a obtida nos experimentos

considerados. Assim, o autor concluiu que o modelo de estimativa de produtividade relativa com base em variáveis do solo estima adequadamente a produtividade relativa da cana-de-açúcar. Esse modelo é mais preciso quando se trabalha com escalas maiores e é uma ferramenta de avaliação de terras que considera, de forma holística e integrada, os diversos fatores envolvidos, sendo mais apropriado que a análise estatística isolada. O modelo mostrou-se uma ferramenta útil para identificação do potencial produtivo de áreas para cultura da cana-de-açúcar.

Magalhães (1987) aponta que dos fatores ambientais a temperatura, é o de maior significância para o desempenho da produção de sacarose na cana. Temperaturas mais elevadas podem não causar perda na eficiência desde que haja irrigação ou umidade no solo. O mesmo não acontece quando a temperatura fica abaixo de 21°C, pois a cana sofre diminuição na taxa de alongamento dos colmos e acúmulo de sacarose.

Devido a essas afirmações através das pesquisas já existentes, o clima é considerado o fator determinante principal das restrições impostas pelo ambiente físico, constituído pela interação dos componentes, clima, solo e planta que influenciam respectivamente a época de colheita, o número programado de cortes e a eleição de variedades (GEMENTE ET AL., 1986).

#### 2.4.2. Condições logísticas

Em se tratando das condições logísticas para a movimentação da matéria prima até as usinas, o transporte rodoviário é o mais apropriado. Dessa forma, é importante analisar criteriosamente se a qualidade das rodovias fornece benefícios econômicos ao sistema logístico de transporte de cargas (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2008), dentre eles, a diminuição de custos, entre outros. De acordo com Valente *et. al.* (2011, p. 133), um dos fatores que influenciam nos custos de transporte é justamente o estado de conservação das vias.

De acordo com a pesquisa conduzida por CEL/COPPEAD (2002), tratando-se da eficiência do transporte de cargas no Brasil, identificou-se que o mesmo opera em baixa eficiência. A pesquisa anual feita pela Confederação Nacional de Transporte, sobre as condições da malha rodoviária no país identificou que, em 2017, 61,8% das extensões das rodovias pesquisadas receberam a qualificação entre regulares, ruins ou péssimas (CNT, 2018).

A qualidade das vias de acesso às usinas são fatores relevantes no que se refere ao rendimento do processo industrial de recuperação do açúcar que depende da qualidade da matéria-prima entregue. A cana-de-açúcar após colhida, mantém suas características físico-químicas inalteradas por pouco tempo, necessitando, portanto, ser processada imediatamente após a sua recepção na unidade industrial, para evitar quedas de rendimento na extração de sacarose (VIANA, 2007).

Essa dinâmica foi evidenciada por Ludvgsen (1999), afirmando que, uma das principais variáveis de escolha em utilizar-se ou não o transporte intermodal, reside no padrão de qualidade das rotas selecionadas.

Hijjar e Alexim (2006) através de seus estudos referentes aos terminais intermodais de grãos, afirmam que dentre os fatores de ineficiência das vias de acesso às usinas (congestionamentos, largura das rodovias de acesso, área de estacionamento, sinalização, filas) as condições de pavimentação das rodovias foram um dos principais fatores citados da ineficiência prejudicial ao terminal.

Dessa forma, a localização das usinas é um fator influenciador na chamada barreiras à entrada de novos competidores pelo modelo de Porter (1997), influenciando a competitividade da indústria, que por sua vez, pode afetar o desempenho dos agentes envolvidos.

### 2.4.3. Condições de sanidade

A literatura existente demonstra que existe uma influência significativa do tempo decorrido entre o corte da cana e o seu processamento (GENTRY; GASCHO, 1972; IRVINE, 1993; ARAUJO, 1996; EGGLESTON et al. 2001). Após o corte, a cana pode se deteriorar rapidamente em função das condições ambientais, do modo de despalha, tipo de corte e infestação por pragas (IRVINE, 1993). Seguindo esta linha de raciocínio, a deterioração da cana logo após a colheita, acarreta problemas, tais como: menor qualidade tecnológica da matéria-prima, menor eficiência de extração, com conseqüente queda no rendimento industrial (STURION ET AL. 1975).

A deterioração da cana-de-açúcar após a colheita é influenciada pela sua sanidade e condições ambientais (EGGLESTON ET AL, 2001). Segundo Irvine (1993), os colmos de cana-de-açúcar podem se deteriorar mediante processos enzimáticos, que atuam promovendo a redução da pureza. Além da redução na produtividade de colmos, as pragas

da cana-de-açúcar, a ocorrência de plantas invasoras, doenças e insetos afetam negativamente a qualidade da matéria-prima no processo de fabricação do álcool (PRECETTI, et al. 1988; IRVINE, 1993; DINARDO-MIRANDA et al, 2002).

Para James (1999), o clima é um grande influenciador da qualidade da cana, e pode ou não favorecer o acúmulo de sacarose. Segundo Mutton (2005), os reflexos da condição ambiental nas deteriorações que ocorrem no pós-colheita da cana-de-açúcar, devem ser levados em consideração também, podendo prejudicar ao desempenho na obtenção de açúcar e álcool.

## 2.4. APLICAÇÕES DO SEGUNDO ESTÁGIO DO MODELO DE ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.

Nos últimos anos, diversos autores têm trabalhado em pesquisas relacionadas com a obtenção dos escores de eficiência através da técnica de DEA. Isso tem contribuído significativamente para a evolução dessa abordagem ao longo dos anos. Isso pode ser constatado na relevância das pesquisas realizadas por Banker (1993) e Simar e Wilson (2007).

Para exemplificar ainda mais esta afirmação, Cooper, Seiford e Tone (2007) salientam para o número cada vez mais crescente de estudos que combinam entre si os resultados gerados pela técnica DEA, no primeiro estágio, com análises multivariadas de dados, como análise de regressão e análise estocástica da fronteira (Stochastic Frontier Analysis – SFA), em um segundo estágio. Para Fried et al. (2002), essas abordagens de DEA em dois estágios (two-stage DEA approaches) são fruto do reconhecimento, por parte dos pesquisadores, de que fatores ambientais ou variáveis contextuais podem influenciar de forma significativa nos escores de eficiência.

Afim de assegurar a aplicabilidade das variáveis exógenas no segundo estágio do modelo DEA, no Quadro 01 são apresentados alguns trabalhos que utilizaram o modelo DEA com variáveis exógenas em relação aos seus respectivos objetos de estudo.

**Quadro 01:** Variáveis exógenas aplicadas no segundo estágio do modelo DEA diversas áreas.

<b>Título</b>	<b>Autor (es)</b>	<b>Variáveis exógenas</b>
<b>EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS PRODUTORES DE MANGA DO VALE DO SÃO FRANCISCO</b>	Juliana de Sales Silva Monaliza de Oliveira Ferreira  João Ricardo Ferreira de Lima	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Escolaridade;</i></li> <li>✓ <i>Núcleo pertencente;</i></li> <li>✓ <i>Comercialização com o exterior;</i></li> <li>✓ <i>Interação com alguma instituição de pesquisa;</i></li> <li>✓ <i>Existência de dívidas; e</i></li> <li>✓ <i>Se a propriedade desenvolve outra atividade econômica.</i></li> </ul>
<b>EFICIÊNCIA DE CUSTOS OPERACIONAIS DAS COMPANHIAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: UMA ANÁLISE EM DOIS ESTÁGIOS (DEA &amp; TOBIT)</b>	Daniel de Pina Fernandes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Tipo de propriedade;</i></li> <li>✓ <i>Perdas não técnicas;</i></li> <li>✓ <i>Densidade de consumidores;</i></li> <li>✓ <i>Densidade de rede;</i></li> <li>✓ <i>Descargas; e</i></li> <li>✓ <i>Vegetação.</i></li> </ul>
<b>CONDICIONANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA</b>	Magda Aparecida Nogueira  Sônia Maria Leite Ribeiro do Vale  Heleno do Nascimento Santos  Adriano Provezano Gomes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Porcentual da área cultivada;</i></li> <li>✓ <i>Porcentual dos estabelecimentos com assistência técnica;</i></li> <li>✓ <i>Porcentual dos estabelecimentos que possuem energia elétrica;</i></li> <li>✓ <i>Porcentual dos estabelecimentos que utilizam irrigação;</i></li> <li>✓ <i>Porcentual de estabelecimentos que utilizam adubos e corretivos do solo;</i></li> <li>✓ <i>Porcentual dos estabelecimentos com controle de pragas e doenças;</i></li> <li>✓ <i>Porcentual dos estabelecimentos que utilizam curvas de nível;</i></li> <li>✓ <i>Valor dos investimentos por número de estabelecimentos (estoque de capital);</i></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Valor de financiamentos pelo número de estabelecimentos (investimento na federação);</i></li> <li>✓ <i>Taxa de alfabetização do meio rural.</i></li> </ul>
<b>ESTIMAÇÃO PARAMÉTRICA DE ESCORES DE EFICIÊNCIA EM 2 ESTÁGIOS: IMPACTO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO AJUSTE DAS EFICIÊNCIAS REGULATÓRIAS DAS EMPRESAS BRASILEIRAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA 4º CICLO DE REVISÃO TARIFÁRIA PERIÓDICA</b>	Aline Veronese da Silva	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Vegetação;</i></li> <li>✓ <i>Precipitação;</i></li> <li>✓ <i>Declividade.</i></li> </ul>
<b>ESCORES ROBUSTOS DE EFICIÊNCIA E SEUS DETERMINANTES: O CASO DAS AGÊNCIAS DO BANCO DO BRASIL</b>	Maria da Conceição Sampaio de Sousa João Carlos Félix Souza	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Região de localização;</i></li> <li>✓ <i>Renda per capita do município;</i></li> <li>✓ <i>Concorrência;</i></li> <li>✓ <i>Número de clientes;</i></li> <li>✓ <i>Renda dos clientes;</i></li> <li>✓ <i>Ambiente de trabalho;</i></li> <li>✓ <i>Satisfação do cliente;</i></li> <li>✓ <i>Analfabetismo;</i></li> <li>✓ <i>Educação superior.</i></li> </ul>
<b>UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA), NO DIAGNÓSTICO DA EFICIÊNCIA DE CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO <i>LITOPENAEUS VANNAMEI</i> (BOONE, 1931)</b>	Ivan Rodrigues de Oliveira	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Oxigênio dissolvido;</i></li> <li>✓ <i>Temperatura (°C);</i></li> <li>✓ <i>Ph;</i></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Transparência (cm).</i></li> </ul>
<p><b>EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS NA EDUCAÇÃO PÚBLICA: ESCORES ROBUSTOS E FATORES DETERMINANTES</b></p>	<p>Bernardo P. Schettini</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>% de escolas localizadas em área urbana;</i></li> <li>✓ <i>Número de matrículas em escolas públicas municipais no ensino fundamental;</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Renda média municipal per capita;</i></li> <li>✓ <i>Taxa de desocupação da população com 10 anos ou mais de idade;</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>% de crianças pobres;</i></li> <li>✓ <i>Coefficiente de Gini de alunos que trabalha fora de casa;</i></li> </ul> </li> </ul> </li> <li>✓ <i>% de professores que tem outra atividade fora da área de educação para complementar a renda;</i></li> <li>✓ <i>% de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados;</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Longevidade: esperança de vida ao nascer;</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Mortalidade infantil;</i></li> <li>✓ <i>Taxa de analfabetismo;</i></li> </ul> </li> </ul> </li> <li>✓ <i>% de pais ou responsáveis que frequentam as reuniões escolares “sempre” ou “quase sempre.”</i></li> </ul>
<p><b>EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS DOS ESTADOS DO NORDESTE: UMA ABORDAGEM EM DOIS ESTÁGIOS</b></p>	<p>Josué Nunes de Araújo Junior</p> <p>Wellington Ribeiro Justo</p> <p>Roberta de Moraes Rocha</p> <p>Sônia Maria Fonseca Pereira Oliveira Gomes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Proporção de crianças de 0 a 5 de anos de idade residente em domicílios com responsável analfabetos;</i></li> <li>✓ <i>Proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade que residem em domicílios com saneamento inadequado;</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Renda média domiciliar;</i></li> <li>✓ <i>Proporção de analfabetos com mais de 15 anos;</i></li> </ul> </li> <li>✓ <i>Proporção de domicílios com saneamento inadequado;</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Quantidade de alunos matriculados na 5ª.</i></li> <li>✓ <i>Quantidade de alunos matriculados na 9ª.</i></li> </ul> </li> <li>✓ <i>Localização da escola: 0 - Rural 1 – Urbano.</i></li> </ul>

<p><b>A EFICIÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS PÚBLICOS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO</b></p>	<p>Jorge Filipe Santos Rodrigues da Ponte</p>	<p><i>Exportações de produtos de alta tecnologia em percentagem da produção exportada;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>O índice de proteção de direitos de propriedade intelectual;</i></li> <li><i>O índice de liberdade e tamanho do governo, calculado todos os anos pelo Frasier Institute;</i></li> <li>✓ <i>Valor acrescentado da indústria em percentagem do PIB; e</i></li> <li><i>O número de alunos da Educação Superior (ISCED 5 e 6) por milhão de habitantes.</i></li> </ul>
<p><b>DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA NO SETOR DE SUPERMERCADO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE UTILIZANDO MÉTODO DE FRONTEIRA DE PRODUÇÃO</b></p>	<p>Tricia Thaise e Silva Pontes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Experiência;</i></li> <li>✓ <i>Fusões e Aquisições;</i></li> <li>✓ <i>Poder de mercado.</i></li> </ul>
<p><b>EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA E SEUS DETERMINANTES NO SETOR VAREJISTA DA ESPANHA: NOVAS EVIDÊNCIAS</b></p>	<p>Moreno e Carrasco</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Idade;</i></li> <li>✓ <i>Concentração;</i></li> <li>✓ <i>Localização;</i></li> <li>✓ <i>Nível de qualificação dos funcionários.</i></li> </ul>
<p><b>A EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS USINAS SUCROENERGÉTICAS: DETERMINANTES E IMPACTOS PARA A ECONOMIA BRASILEIRA</b></p>	<p>Luiza Amara Maciel Braga</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <i>Localização;</i></li> <li>✓ <i>Tamanho;</i></li> <li><i>A média do número de anos de comercialização das variedades de cana utilizada pela usina (Nº de anos);</i></li> <li>✓ <i>A quantidade de ART retirada da cana por trabalhador;</i></li> <li>✓ <i>Total de investimentos industriais realizados na safra 2011/12 (R\$).</i></li> </ul>

**Fonte:** elaborado pelo autor.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Buscando compreender melhor o papel das usinas sucroenergéticas e o seu desempenho operacional, essa pesquisa será conduzida segundo critérios propostos por Collis e Hussey (2005): Quanto aos seus objetivos constitui-se como um estudo analítico, quanto ao processo, este estudo é quantitativo e quanto à lógica se classifica como uma pesquisa hipotética dedutiva.

O método hipotético dedutivo proposto pelo filósofo austríaco Karl Popper, busca a eliminação dos erros de uma hipótese. Faz isso a partir da ideia de testar a falsidade de uma proposição, ou seja, a partir de uma hipótese, estabelece-se que situação ou resultado experimental nega essa hipótese e tenta-se realizar experimentos para negá-la. Assim, método hipotético-dedutivo busca a verdade eliminando tudo o que é falso (POPPER, K. R., 2004).

Este trabalho não busca apenas a exploração e descrição dos fenômenos que envolvem o sistema produtivo de uma usina sucroenergética. Ele buscará analisar e explicar o motivo desses fenômenos. Busca-se explicar quais os determinantes do desempenho das usinas sucroenergéticas. Para tanto, vários autores utilizam o termo analítico como sendo: explanatória, explicativa, causal, entre outros sinônimos.

Collis e Hussey (2005) compreendem a pesquisa analítica ou explanatória como um entendimento dos fenômenos, descobrindo e mensurando as relações causais entre eles. Vergara (2007) descreve a investigação explicativa, como algo inteligível e objetiva justificar o motivo do fenômeno. Em outras palavras, busca esclarecer quais fatores contribuem, de alguma forma, para a ocorrência de um determinado comportamento.

Para Hair *et. al.* (2005) a pesquisa analítica enquadra-se como uma relação causal, no qual, uma mudança em um evento provoca uma mudança correspondente em outro evento. No entanto, a ressalva repousa na questão de uma regressão linear, apesar de ser objetivamente uma relação estatística do tratamento dos dados, ela não infere, necessariamente, uma relação causal real entre os fenômenos, mas sim uma relação estrita entre as variáveis dependentes e independentes (GUJARATI, 2006).

A Regressão linear múltipla será a ferramenta matemática-estatística utilizada para o tratamento dos dados no que se refere a análise dos determinantes do desempenho das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros. Partindo de uma pesquisa cujo tratamento e análise dos dados, serão basicamente numéricos, esse trabalho enquadra-se como um enfoque quantitativo. Uma declaração objetivamente quantitativa infere a importância do estabelecimento das variáveis que serão mensuradas e observadas, para em seguida serem relacionadas umas com as outras (CRESWELL, 2007).

### 3.1 MODELO ANALÍTICO

Este trabalho realizará duas etapas de cálculos. Em sua primeira etapa, será realizado o modelo DEA para as usinas sucroenergéticas brasileiras afim de obter os escores de eficiência das mesmas e assim dar prosseguimento ao segundo estágio do modelo.

A primeira etapa consiste em avaliar a eficiência operacional das usinas sucroenergéticas em Mato Grosso do Sul através da razão *output/inputs* e mensurar o nível de eficiência entre os mesmos, para o período referente às safras 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015. O primeiro estágio do modelo será concebido por sete *inputs* que são: a área estimada de colheita manual (ha); a área estimada de colheita mecânica (ha); horas de operação (min./ano); capacidade nominal de moagem de cana-de-açúcar (t/dia); capacidade nominal de produção de açúcar (t/dia); capacidade nominal de produção de etanol (m<sup>3</sup>/dia); capacidade nominal de armazenamento de etanol (m<sup>3</sup>/dia) e um *output*, qual seja, a produção de ATR (t/ano).

A segunda etapa consistirá em realizar o modelo Tobit com os escores de eficiência determinados pelo primeiro estágio do modelo DEA. Como o primeiro estágio, utilizou em sua análise variáveis endógenas, ou seja, aquelas em que a usina possui controle, o segundo estágio buscará uma análise através de variáveis exógenas, que são aquelas que extrapolam o âmbito das usinas e não podem ser controladas pela administração da mesma, como por exemplo as variáveis climáticas, edáficas e de logística.

A variável dependente que suporta essa verificação é composta dos próprios escores do primeiro estágio. Os níveis de eficiência serão mensurados admitindo retornos variáveis de escala, utilizando-se a orientação a *output*. A escolha desta abordagem reflete

no fato de as características das usinas demandarem tais condições, uma vez que a abordagem orientada para insumos, reduzindo a utilização destes, não seria compatível com a disposição operacional de uma usina, no qual almeja a máxima utilização dos insumos em virtude dos altos investimentos fixos possivelmente já realizados.

### 3.1.1 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados é uma técnica bastante apropriada para gerar informações mais precisas; nesse sentido, os modelos utilizados em DEA, segundo a abordagem de Charnes, Cooper e Rhodes, viabilizaram um avanço na análise da eficiência organizacional.

Cabe agora uma definição mais precisa de dois conceitos importantes à Análise Envoltória de Dados, são eles: eficiência orientada a insumo e eficiência orientada a produto. No DEA, a eficiência orientada a insumo refere-se à quantidade de insumos ou recursos que pode ser reduzida sem diminuir a produção. A eficiência orientada ao produto, ao contrário, decorre do fato de quanto se pode produzir mais sem precisar aumentar a quantidade de insumo. Em ambos os casos, o objetivo é obter ganhos de produtividade através da eliminação de fontes de ineficiência.

Como pano de fundo à orientação voltada tanto para insumos ou a produtos, o DEA apresenta dois modelos distintos de modelagem não-paramétrica para medir a eficiência de uma DMU, são eles: o modelo CCR (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978) e o modelo BCC (BANRKER; CHARNES; COOPER, 1984). O primeiro modelo permite uma avaliação objetiva da eficiência global e identifica as fontes e estimativas das eficiências identificadas; enquanto o segundo modelo distingue as ineficiências técnicas e de escala, estimando a eficiência técnica pura, verificando se nas operações estão presentes ganhos de escalas constantes, crescentes ou decrescentes.

Em termos matemáticos, a DEA calcula a eficiência através da razão entre uma soma ponderada de saídas (*outputs*) e uma soma ponderada de entradas (*inputs*). O peso para cada fator de ponderação (insumos e produtos) é obtido através da resolução de um problema de programação fracionária, em que cada unidade analisada maximiza sua eficiência (MELLO et al, 2003).

**a) Modelo DEA com Retornos Constantes de Escala**

Esse modelo surge com a metodologia elaborada por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), sendo conhecido como modelo CCR. De acordo com Marcelice (2006), esse modelo produz uma avaliação objetiva da eficiência, identifica as fontes e estima as quantidades das assim identificadas ineficiências; este modelo admite orientação a insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*), com retornos constantes de escala e com medida de eficiência radial.

Para Ferreira e Gomes (2009), no modelo CCR, a produção varia proporcionalmente à variação dos insumos ou vice-versa. Ele determina a eficiência técnica pela otimização da divisão entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs*.

A formulação matemática original do modelo CCR, proposta por Ceretta e Niederauer (2001), considera um dado número de empresas ( $N$ ) produzindo  $m$  quantidade de produtos  $y$  a partir de  $n$  quantidade de insumos  $x$ . Uma empresa  $k$  qualquer produz  $y_{rk}$  quantidade de produtos com a utilização de  $x_{ik}$  de insumos. O objetivo consiste então em encontrar o máximo indicador de eficiência  $h_k$  em que  $u_r$  é o peso específico a ser determinado para um produto  $r$ , e  $v_i$  o peso específico de cada insumo  $i$ .

Esta modelagem busca minimizar o consumo de insumos mantendo em um plano de produção o mesmo nível de produto; e a sua formulação é estabelecida da seguinte maneira:

*Maximizar*

$$h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk}$$

*Sujeito a*

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$y = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$

$$r = 1, \dots, m ; i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, N$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$y = \text{produtos} ; x = \text{insumos} ; u, v = \text{pesos}$

$$r = 1, \dots, m ; i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, N$$

Na perspectiva de Kassai (2002), a primeira restrição do modelo pode ser definida como o resultado da empresa, ou DMU, vez que consiste na subtração entre a soma das quantidades produzidas multiplicada pelos pesos dos produtos ( $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj}$ ) e a soma da multiplicação dos insumos consumidos por seus pesos ( $\sum_{i=1}^n v_i x_{ij}$ ), limitando-se a zero. Nesta situação, as empresas que obtiverem o resultado 0 (zero) serão consideradas eficientes.

Na segunda restrição, conforme a autora, a soma do produto das quantidades consumidas de recursos pelos pesos (preços) específicos pela empresa  $k$  ( $\sum_{i=1}^n v_i x_{ij}$ ) é igual a 1. Desta forma, o máximo de resultado possível de se obter para  $h_k$  é 1, considerada, portanto, eficiente. Inversamente, se a empresa  $k$  apresentar um indicador inferior a 1, será então considerada uma DMU ineficiente.

Na ótica de avaliação orientada pelos *inputs*, conforme a aceção de Vasquez (2012), a eficiência é definida como o fator mínimo com que todos os *inputs* da DMU avaliada podem ser reduzidos proporcionalmente sem diminuir o nível de nenhum *output* e corresponde a 0 (zero). Identificadas as DMU's eficientes, definindo a fronteira de eficiência, podem estas servir de *benchmarks* às DMU's ineficientes e, como tal, indicar as melhores práticas a serem adotadas.

O modelo CCR também pode ser orientado ao produto (*output*) com a seguinte formulação:

*Minimizar*

$$h_k = \sum_{i=1}^n v_r x_{rk}'$$

*Sujeito a*

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^m u_y y_{rk} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$y = \text{produtos} ; x = \text{insumos} ; u, v = \text{pesos}$$

$$r = 1, \dots, m ; i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, N$$

De acordo com Vasquez (2012), na avaliação orientada pelo *output*, a eficiência é definida como o fator mínimo com que todos os *outputs* da DMU avaliada podem ser aumentados proporcionalmente sem diminuir o nível de nenhum *input* correspondente. Kassai (2002) postula que o objetivo nesta orientação consiste em maximizar o nível de produção utilizando ao máximo os insumos existentes. Para a autora, os dois modelos são equivalentes e pressupõem retornos constantes de escala.

#### b) Modelo DEA com Retornos Variáveis de Escala

O modelo BCC, elaborado por Banker, Charnes e Cooper (1984) distingue entre ineficiência técnica e de escala, estimando a eficiência técnica pura, a uma determinada escala de operações, identificando se estão presentes ganhos de escala crescentes, decrescentes ou constantes para futuras explorações (KANESIRO, 2008; KASSAI, 2002).

Conforme Belloni (2000), o Modelo BCC pressupõe tecnologias que exibam retornos variáveis à escala de produção. Ao possibilitar que a tecnologia demonstre retornos à escala diferentes ao longo de sua fronteira, esse modelo admite que a produtividade máxima varie em função da escala de produção. O indicador da eficiência técnica, segundo o autor, resultante da aplicação do Modelo BCC permite identificar a ineficiência técnica isolando da ineficiência produtiva o componente associado à ineficiência de escala. Livre das dificuldades advindas de considerar a escala de produção, o modelo possibilita a utilização de DMU's de portes distintos.

Nessa acepção, Vasquez (2012) coloca que o pressuposto do modelo CCR é aplicável quando as DMU's operam no seu nível ótimo de escala. Para situações em que tal condição não se verifica, é desejável que as DMU's sejam comparadas apenas com as que operam com características semelhantes.

O modelo BCC, assim como o modelo CCR, possibilita trabalhar com dois tipos de orientação, quais sejam, ao consumo (*input*) e ao produto (*output*). A formulação matemática do modelo BCC orientado ao consumo pode ser expressa da seguinte maneira:

Maximizar

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - u_r'$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$$

$$\sum_{i=1}^n u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_k \leq 0$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$y = \text{produtos} ; x = \text{insumos} ; u, v = \text{pesos}$   
 $r = 1, \dots, m ; i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, N$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$y = \text{produtos} ; x = \text{insumos} ; u, v = \text{pesos}$   
 $r = 1, \dots, m ; i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, N$

Percebe-se que é introduzida uma variável  $u_k$  apresentando os retornos variáveis escala; essa variável não deve atender à restrição de positividade, podendo, de tal maneira, assumir valores negativos, representando assim os retornos variáveis de escala (KASSAI, 2002).

A formulação do modelo BCC com orientação ao produto (*output*), conforme Kassai (2002), é equivalente à formulação matemática supramencionada; com o termo  $v_k$  representando a possibilidade de retornos de escala variáveis, podendo assumir valores negativos ou positivos. A formulação do modelo pode ser assim representada:

*Minimizar*

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} + v_k'$$

*Sujeito a*

$$\sum_{i=1}^n u_y y_{rk} = 1$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - v_k \leq 0$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$y = \text{produtos} ; x = \text{insumos} ; u, v = \text{pesos}$   
 $r = 1, \dots, m ; i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, N$

Recobrando Belloni (2012), a possibilidade de retornos de escala variáveis do modelo BCC admite que a produtividade máxima varie em função da escala de produção; o modelo permite, porquanto, a utilização de DMU's de portes distintos.

O modelo BCC, pelas exposições colocadas, é o mais adequado para atender às finalidades deste trabalho, já que as usinas sucroenergéticas localizadas em Mato Grosso do Sul apresentam estruturas físicas diferenciadas, mas utilizam os mesmos fatores (insumos e produtos). A predileção pelo modelo também é justificada pelo fato de o estudo da eficiência operacional não considerar o nível de escala praticado pelas usinas amostradas.

A proposta de análise dos dados, considerando os fatores influenciadores no desempenho de uma DMU, está de acordo com o que se denomina “segundo estágio do modelo DEA”. A técnica de mensuração DEA, designa no seu primeiro estágio, a verificação dos escores da eficiência de um conjunto de DMU estudadas. O segundo estágio possui o propósito de determinar quais são os fatores que desempenham o papel de estabelecer esse nível de desempenho, uma vez que o primeiro estágio se limita a discutir a eficiência sob a ótica dos insumos e produtos da empresa.

Os escores da eficiência (variável dependente) possuem valores que variam de 0 a 1. Tal perspectiva determina que os Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) não poderão ser utilizados uma vez que a variável não é livremente distribuída. O modelo *Tobit* é uma alternativa ao MQO quando a variável dependente for limitada pois, a estimação por mínimos quadrados ordinários do modelo de regressão censurada produz estimativas de parâmetros tendenciosas e inconsistentes, pois a censura introduz uma correlação entre o termo de erro da regressão e as covariáveis  $X$  (FERREIRA E BRAGA, 2007).

### 3.1.2 Regressão censurada (Tobit) em painel

O modelo Tobit, também conhecido como modelo de regressão censurada, originalmente formulado por James Tobit, é uma extensão do modelo econométrico Probit, e é conhecido por permitir análise de uma amostra onde só há informações para algumas observações (GUJARATI, 2006). Para Chilingirian (1995), o modelo Tobit sendo utilizado no segundo estágio do DEA, fornece estimativas esclarecedoras. Como já exposto, o MQO não é o indicado para estimar uma amostra censurada, uma vez que os parâmetros extraídos seriam tendenciosos e inconsistentes. Conforme Gujarati (2006),

a estimação dos parâmetros do modelo Tobit se dá através do Método da Máxima Verossimilhança (MV), que segundo o autor, estima as observações conhecidas e desconhecidas de uma amostra censurada.

O método de máxima verossimilhança, para a obtenção das estimativas dos coeficientes  $\beta$ , possibilita isolar e descrever a contribuição das variáveis censuradas, bem como das variáveis não censuradas, na formação da função de verossimilhança (FERREIRA E BRAGA, 2007). Assim, por levar em conta explicitamente as observações para as quais não se tem informação, o método de máxima verossimilhança produz estimativas confiáveis em relação às estimativas por MQO (FERREIRA E BRAGA, 2007).

De acordo com Greene (2003), a formulação geral do modelo Tobit se expressa na equação abaixo:

$$y_i^* = X_i\beta + \varepsilon_i$$

Em que  $y_i^*$  é a variável dependente estimada, também conhecida como variável latente;  $X_i$  representa o vetor das variáveis explicativas; e  $\beta$  é o vetor dos parâmetros a ser estimado. Assume-se que  $\varepsilon_i$  seja normalmente distribuído, com média zero e variância constante,  $\sigma^2$  ou seja, ( $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ ).

A variável  $y_i$  que é efetivamente observada, ou seja, o escore da eficiência observado no primeiro estágio do DEA, é definida da seguinte forma:

$$\begin{cases} y_i = y_i^* & \text{se } y_i^* < y_i^c \\ y_i = y_i^c & \text{se } y_i^* \geq y_i^c \end{cases}$$

Na equação acima,  $y_i^c$  representa o valor censurado, e como já mencionado, esse valor é 1. Para tanto, a variável obedece a seguinte formulação:

$$\begin{cases} y_i = y_i^* & \text{se } y_i^* < 1 \\ y_i = 1 & \text{se } y_i^* \geq 1 \end{cases}$$

De acordo com Vasconcelos e Alves (2000), estima-se o vetor de parâmetros  $\beta$  e o desvio padrão  $\sigma$  da regressão, através da seguinte função Log-verossimilhança:

$$L(\beta, \sigma) = \sum_{y=y_i^c} \log \left[ 1 - \Phi \left( \frac{y_i^c - X_i\beta}{\sigma} \right) \right] + \sum_{y_i < y_i^c} \log \left[ \frac{1}{\sigma} \phi - \Phi \left( \frac{y_i - X_i\beta}{\sigma} \right) \right]$$

Em que  $F$  e  $f$  representam, respectivamente, a função distribuição cumulativa e função densidade normal avaliadas em  $\frac{\beta x'_i}{\sigma}$ .

Sobre os efeitos marginais das variáveis explicativas no valor esperado  $y_i$ , a equação que permite essa inferência é dada por:

$$\frac{\partial E\left(\frac{y_i}{x_i}\right)}{\partial x_i} = \beta \phi\left(\frac{\beta x'_i}{\sigma}\right)$$

Sendo conhecida a estimação dos efeitos marginais das variáveis independentes sobre a variável dependente, é possível verificar o efeito dos fatores externos incluídos no modelo em relação ao desempenho das usinas sucroenergéticas. A técnica utilizada para a estimação é a de dados em painel ou de dados longitudinais, que consiste num conjunto de dados combinados em dimensões tanto de série temporal como de corte transversal. Os modelos de painel permitem explorar, simultaneamente, variações ao longo do tempo e entre diferentes unidades ou grupos (BALGATI, 1995).

Segundo Balgati (1995), a disposição dos dados em painel permite o uso de um número mais elevado de observações, o que contribui para maior variabilidade dos dados, menor colinearidade entre as variáveis, elevação do número de graus de liberdade, maior eficiência do modelo estimado e é mais apropriado para o estudo de mudanças dinâmicas. Além disso, Mendonça e Nonnemberg (2005) expõem que a vantagem do emprego de dados em painel é que esse método permite levar em consideração as características idiossincráticas (heterogeneidade) existentes entre as unidades estudadas.

Duas especificações são comumente utilizadas para a estimação de dados em painel: efeitos fixos e efeitos aleatórios. Segundo Marques (2000), a primeira é mais apropriada para os casos em que se pretende prever o comportamento individual. A segunda é mais coincidente com o objetivo de se estudar toda a população, não um selecionado conjunto de indivíduos.

Uma versão do Modelo Tobit para dados em painel, com adição de efeitos individuais específicos, é proposta por Cameron e Trivedi (2005), como:

$$Y_{it}^* = \alpha_i + X_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \text{ onde,}$$

$$\varepsilon_{it} \sim N[0, \sigma_\varepsilon^2], \text{ e } Y_{it} = Y_{it}^* \text{ se } Y_{it}^* > 0 \text{ e } Y_{it} = 0 \text{ se } Y_{it}^* \leq 0.$$

A função densidade conjunta para as  $i$ -ésimas observações  $Y_i = (Y_1, \dots, Y_t)$  pode ser escrita como:

$$f(Y_i | X_i, \beta, \sigma_\varepsilon^2, \sigma_\alpha^2) = \prod_{t=1}^T \left[ \frac{1}{\sigma_\varepsilon} \phi_{it} \right]^{d_{it}} [1 - \Phi_{it}]^{1-d_{it}}$$

Sendo  $\phi_{it} = \phi(Y_{it} - \alpha_i - X_{it}'\beta / \sigma_\varepsilon)$ , e  $\Phi_{it} = \Phi(\alpha_i - X_{it}'\beta / \sigma_\varepsilon)$  que representam, respectivamente, a função densidade de probabilidade (pdf) e a função de distribuição cumulativa (cdf).

Conforme Cameron e Trivedi (2005) a estimação de máxima verossimilhança com efeitos fixos maximiza a log-verossimilhança com relação à  $\beta$ ,  $\sigma_\varepsilon^2$ , e  $\alpha_1, \dots, \alpha_N$ . Contudo, para painéis menores ( $T < 8$ ) o estimador  $\beta$  se mostrou inconsistente, e indicam a estimação com efeitos aleatórios como solução.

Sob a suposição que  $\alpha_i \sim N[0, \sigma_\alpha^2]$ , a estimação de máxima verossimilhança com efeitos aleatórios de  $\beta$ ,  $\sigma_\varepsilon^2$  e  $\sigma_\alpha^2$  maximiza a log-verossimilhança

$$\sum_{i=1}^N \ln f(Y_i | X_i, \beta, \sigma_\varepsilon^2, \sigma_\alpha^2), \text{ onde: } f(Y_i | X_i, \beta, \sigma_\varepsilon^2, \sigma_\alpha^2) = \int f(Y_i | X_i, \beta, \sigma_\varepsilon^2, \sigma_\alpha^2) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\alpha^2}} \exp\left(\frac{-\alpha_i}{2\sigma_\alpha^2}\right)^2 d\alpha_i.$$

Assim, Cameron e Trivedi (2005) afirmam que o modelo Tobit em painel mostra-se como alternativa para estimacões onde a base de dados - com acompanhamentos longitudinais - apresenta variáveis com censura. Como visto, este não se mostra consistente quando utilizado para efeitos fixos (exceto para painéis maiores).

### 3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS E AMOSTRA

A avaliação da eficiência operacional, nos termos já colocados, foi medida por meio da técnica matemática não paramétrica DEA. O primeiro procedimento adotado para a seleção das variáveis utilizadas no modelo, de acordo com o que está no Quadro 02, foi o levantamento de dados bibliográfico e coleta, buscando identificar as variáveis que mais poderiam impactar na eficiência operacional das usinas.

**Quadro 02:** Variáveis do primeiro estágio – eficiência técnica.

<i>Input(s)</i>	<i>Impactos prevaletentes</i>
<b>Área estimada de colheita manual (ha)</b>	Expansão da produção; Produtividade agrícola.
<b>Área estimada de colheita mecânica (ha)</b>	Expansão da produção; Produtividade agrícola.
<b>Horas de operação na operação de moagem (min./ano)</b>	Expansão da produção; Eficiência operacional; Custos operacionais.
<b>Capacidade nominal para moagem de cana-de-açúcar (t/dia)</b>	Expansão da produção; Eficiência operacional; Custos operacionais.
<b>Capacidade nominal para produção açúcar (t/dia)</b>	Expansão da produção; Eficiência operacional; Custos operacionais.
<b>Capacidade nominal para produção de etanol (m<sup>3</sup>/dia)</b>	Expansão da produção; Eficiência operacional; Custos operacionais.
<b>Capacidade de armazenagem de etanol (m<sup>3</sup>/dia)</b>	Expansão da produção; Eficiência operacional; Custos operacionais.
<i>Output</i>	<i>Impactos prevaletentes</i>
<b>Açúcares Totais Recuperáveis – ATR (t/ano)</b>	Fabricação dos produtos finais; Rendimento industrial; Lucratividade.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A pesquisa para a realização do segundo estágio do modelo DEA, baseou-se em dados secundários, a partir de revisão bibliográfica, e por meio da consulta de documentos. As informações foram obtidas em sites e base de dados, como os dados de volume pluviométrico obtidos pelo CPTEC/INPE/INMET. Através do CPTEC/INPE/INMET foi possível obter os dados para Temperatura e Índice pluviométrico. A qualidade das estradas refere-se às condições da infraestrutura das vias dos estados onde estão instaladas as usinas. A Confederação Nacional do Transporte (CNT) publica, anualmente, pesquisa denominada “Pesquisa CNT de Rodovias”, tratando das condições da malha rodoviária brasileira, por estado. Essas variáveis estão detalhadas no Quadro 03

juntamente com o embasamento teórico e as hipóteses alternativas formuladas para este estudo.

**Quadro 03** - Resumo das variáveis do segundo estágio.

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	EMBASAMENTO TEÓRICO	HIPÓTESES ALTERNATIVAS	FONTE
DEPENDENTE	<b>EFI:</b> Escores dos níveis de eficiência técnica avaliados para as usinas sucroenergéticas brasileiras	-	<i>"A eficiência das usinas sucroenergéticas são influenciadas pelas variáveis exógenas"</i>	-
INDEPENDENTE	<b>PLUV:</b> volume pluviométrico	Barbieri e Villa Nova (1977); Barbieri, 1993; Keating et al., 1999; Ometto, 1978, 1980); Doorenbos e Kassam (1994); Chaves et al. (2008); Machado et al. (2009); Prado (2007).	<i>"Há relação de influência entre o volume pluviométrico e o desempenho das usinas sucroenergéticas".</i>	CPTEC/INPE /INMET
INDEPENDENTE	<b>TEMP:</b> temperatura	Barbieri e Villa Nova (1977); Barbieri, (1993); Keating et al., 1999; Ometto (1978, 1980); Brunini (2010)	<i>"Há relação de influência entre a temperatura e o desempenho das usinas sucroenergéticas".</i>	CPTEC/INPE /INMET
INDEPENDENTE	<b>DIST:</b> distância média do canal à usina	Mutton (2005)	<i>"Há relação de influência entre a distância média do canal e o desempenho das usinas sucroenergéticas".</i>	CONAB
INDEPENDENTE	<b>QUAL:</b> Qualidade das vias de acesso às usinas.	Ludvigsen (1999); CEL/COPPEAD (2002); Hijjar e Alexim (2006); Bartholomeu e Caixeta Filho (2008);	<i>"a qualidade das vias de acesso às usinas influencia o desempenho das usinas sucroenergéticas".</i>	CNT
INDEPENDENTE	<b>CRCT:</b> características do solo ( <i>dummie</i> ) 1: boas 0: ruim	Barbieri e Villa Nova (1977); Barbieri, (1993); Keating et al., 1999; Ometto (1978, 1980); Brunini (2010)	<i>"as características agrícolas favoráveis influenciam o desempenho das usinas sucroenergéticas".</i>	IBGE

**Fonte:** elaborado pelo autor.

Cada variável independente teve um tratamento para aproximar os resultados da realidade. As variáveis Volume pluviométrico (PLUV) e Temperatura (TEMP), obtidas através dos "Boletins Agroclimáticos mensais"<sup>2</sup> divulgados pelo INMET, tiveram o

<sup>2</sup> <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/boletinsAgroclimaticos>

mesmo tratamento, visto que a literatura assegura que as variáveis exercem maior influência na concentração de ATR no estágio de desenvolvimento lento da cana-de-açúcar. No Brasil, devido a existência de duas safras de cana-de-açúcar, de 12 e de 18 meses, foi necessário adotar o calendário de plantio da cana de 18 meses, pois esta representa significativamente a maior parte da produção total de cana-de-açúcar do país (CONAB, 2013). Dessa forma, foi feita a média aritmética das duas variáveis (PLUV e TEMP) referentes aos 5 meses correspondentes ao período denominado “desenvolvimento lento”.

Segundo o “Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil”<sup>3</sup> divulgado pela CONAB em 2013, no sistema de ano e meio (cana de 18 meses), a cana-de-açúcar é plantada entre os meses de janeiro e março. Nos primeiros três meses, a planta inicia seu desenvolvimento, e com a chegada da seca e do inverno o crescimento passa a ser muito lento durante cinco meses (abril a agosto), vegetando nos sete meses subsequentes (setembro a abril), para, então, amadurecer nos meses seguintes, até completar 16 a 18 meses. Este período (janeiro a março) é considerado ideal para o plantio da cana-de-açúcar, pois apresenta boas condições de temperatura e umidade, garantindo o desenvolvimento das gemas. Essa condição possibilita a brotação rápida, reduzindo a incidência de doenças nos toletes.

A limitação encontrada, e conseqüentemente uma fragilidade do modelo, para a utilização das duas variáveis, refere-se ao fato de não possuir dados de temperatura e volume pluviométrico das áreas de plantio de cana. Dessa forma, foi utilizada a temperatura média e volume pluviométrico médio por estado. Sabe-se que, essa não é a melhor forma para utilização dessas variáveis, porém, devido à dificuldade de utilização da variável de forma ideal, foi mantida tal tratamento.

Em relação ao tratamento dado à variável “distância média de até 20km do canavial à usina” (DIST), foi utilizada como uma variável contínua que se refere à porcentagem de usinas que estão localizadas até 20km do canavial de onde recebem a matéria prima, como adotado pela CONAB em seus relatórios de “Perfil do setor de açúcar e álcool no Brasil”.

A variável “Qualidade das vias de acesso às usinas” (QUAL), refere-se às condições da infraestrutura das vias rodoviárias que fornecem acesso às usinas. A

---

<sup>3</sup> <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/perfil-do-setor-sucroalcooleiro>

Confederação Nacional do Transporte (CNT) publica, anualmente, pesquisa denominada “Pesquisa CNT de Rodovias”<sup>4</sup>, tratando das condições da malha rodoviária brasileira.

Utilizando-se a classificação “ótima”, “boa”, “regular”, “ruim” e “péssima”, o órgão avalia as vias rodoviárias do país no âmbito dos atributos: pavimento; sinalização; geometria; obtendo assim a classificação geral das rodovias. Será usada uma variável *contínua*, que será a porcentagem das vias classificadas em “ótima” ou “boa”. Tal divisão justifica-se nas próprias conclusões da Confederação Nacional de Transporte, afirmando que: “trechos ideais” são aqueles oriundos da classificação geral “ótimo” ou “bom”, e conseqüentemente, “trechos não ideais” são oriundos da classificação geral “regular”, “ruim” e “péssimo”. No entanto, a pesquisa citada trabalha com uma amostragem das extensões das estradas do país, o que não raro, determinado trecho oriundo do acesso à usina pode não ser contemplado na classificação, mostrando uma fragilidade dessa variável que pode não retratar da melhor forma, a condição das estradas enfrentadas pelas usinas.

Outro problema refere-se a dificuldade em diagnosticar a localização exata das usinas. Nesse sentido, adotou-se como critério verificar a concentração das usinas e plantações de cana-de-açúcar através dos mapas de dispersão dos estados da amostra.

A quinta e última variável independente é a “Características do solo” (CRCT). Essa variável levou em consideração o mapa de “Potencialidade Agrícolas”<sup>5</sup> divulgado pelo IBGE em 2010, no qual classifica o território brasileiro através da fertilidade, características do solo, relevo e limitações. Foi utilizada a característica do solo como variável *dummie* em que, a classificação “Boa” representa o valor 1 e as regulares ou ruins, como 0. Uma das limitações encontrada foi a dificuldade em classificar a característica do solo referente ao estado como um todo, visto que todos os estados possuíam áreas com classificações distintas.

A solução encontrada foi utilizar o mapa da CONAB da “área de influência da cana-de-açúcar” para determinar as áreas de maior concentração da produção de cana e fazer a análise das características do solo onde há maior concentração de produção da cana-de-açúcar, buscando se aproximar o máximo possível das características reais do solo da área de localização dos produtores para atribuir o valor referente.

---

<sup>4</sup> [http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Pagina/relatorio\\_por\\_unidade\\_federativa](http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Pagina/relatorio_por_unidade_federativa)

<sup>5</sup> [ftp://geofp.ibge.gov.br/atlas/nacional/atlas\\_nacional\\_do\\_brasil\\_2010/2\\_territorio\\_e\\_meio\\_ambiente/atlas\\_nacional\\_do\\_brasil\\_2010\\_pagina\\_79\\_potencialidade\\_agricola.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/atlas/nacional/atlas_nacional_do_brasil_2010/2_territorio_e_meio_ambiente/atlas_nacional_do_brasil_2010_pagina_79_potencialidade_agricola.pdf)

O Período de análise adotado compreende as safras de 2011/12 a 2014/15. A amostragem será não probabilística, pois essa forma de amostragem dá-se pela dificuldade de acesso às usinas sucroenergéticas em todo o território brasileiro. Nessa situação, a amostragem envolve os estados que possuem as informações necessárias à pesquisa (HAIR JR *et. all*, 2005).

As usinas sucroenergéticas estão inseridas em um oligopólio concentrado. Assim, fica estabelecido que a amostra de usinas para o modelo não precisa ser grande, já que um grupo pequeno de usinas dominam a maior parte da produção. Segundo a Única (2017), as 30 maiores usinas sucroenergéticas brasileiras em capacidade de moagem de cana, representam 86% do total do Brasil. A amostra utilizada será composta pelo total de usinas de cada um dos 14 estados brasileiros com maior relevância em produção de açúcar e álcool durante os 4 anos de análise, totalizando 56 amostras.

Como existem barreiras de acesso e dadas às restrições de orçamento e tempo, a amostragem dar-se-á por disponibilidade de dados secundários. Essa amostra é intencional porque as usinas serão selecionadas de acordo com o critério estabelecido anteriormente.

### 3.3 VARIÁVEIS E HIPÓTESES

A literatura disponível proporcionou subsídios teóricos para a elaboração da seguinte hipótese geral: As variáveis exógenas determinam a eficiência técnica das usinas sucroenergéticas brasileiras. E como hipóteses auxiliares tem-se:

**Variável 1 (PLUV): volume pluviométrico**

H0: *“há relação de influência entre o volume pluviométrico e o desempenho das usinas sucroenergéticas”*;

**Variável 2 (TEMP): temperatura**

H0: *“há relação de influência entre a temperatura e o desempenho das usinas sucroenergéticas”*;

**Variável 3 (DIST): Distância média do canal à usina**

H0: *“há relação de influência entre a distância média do canal à usina e o desempenho das usinas sucroenergéticas”*;

**Variável 4 (QUAL): qualidade das vias**

H0: “a qualidade das vias de acesso às usinas influencia o desempenho das usinas sucroenergéticas”.

#### Variável 5 (CRCT): Características do solo

H0: “há relação de influência entre as características do solo e o desempenho das usinas sucroenergéticas”;

### 3.3.1 Programas Computacionais de DEA

Com o aumento do interesse pelo cálculo da eficiência de unidades produtivas por meio da Análise Envoltória de Dados, vários pacotes computacionais têm surgido com o objetivo de minimizar o tempo de cálculo dos dados e determinar os escores de eficiência (ANGULO-MEZA, *et al.* 2005). A relação dos *softwares* mais utilizados no cálculo da Análise Envoltória de Dados está no Quadro 04.

No entanto, mesmo com desenvolvimentos teóricos introduzidos nos *softwares*, resultados distintos podem ser obtidos entre os programas computacionais, principalmente nos modelos CCR e BCC. Esses pacotes têm fornecido, na grande maioria dos casos, os índices de eficiência das DMU's, os *benchmarks* para as variáveis ineficientes, os alvos, deixando de lado os pesos das variáveis, que podem ser úteis para desenvolvimentos teóricos posteriores.

**Quadro 04:** Programas computacionais de DEA

<i>Software</i>	<b>Modelos DEA</b>	<b>Características</b>
<b>Frontier Analyst</b>	Modelos CCR e BCC	Boa interface gráfica. Não disponibiliza os pesos. Inserção de dados através do Excel. <i>Software</i> comercial.
<b>WARWICK DEA</b>	Modelos CCR e BCC. Modelos com variáveis exógenas, restrição aos pesos, supereficiência, variáveis não discriminatórias para BCC	Restrição de pesos apenas pelo método de AR tipo I, o <i>software</i> requer a inserção dos dados no formato ASCII. <i>Software</i> comercial.
<b>DEA Frontier/DEA Excel Solver</b>	Modelos CCR e BCC, orientação para produto ou insumo	Utiliza o Solver do Excel e não possui limite de número de DMU's. <i>Software</i> comercial.
<b>IDEAS 6.1</b>	Modelos CCR, BCC, aditivo e multiplicativo, supereficiência, variáveis não discriminatórias e categóricas, restrição aos pesos pelo método (AR tipo I)	Inserção de dados apenas pelo <i>software</i> . <i>Software</i> comercial.
<b>EMS</b>	Modelos CCR e BCC, Supereficiência, variáveis não discriminatórias, restrição aos pesos,	Restrição de pesos apenas pelo método de AR I. Inserção de dados por meio do Excel ou

		ASCII. Calcula índices <i>Malmquist</i> . <i>Software Livre</i> .
<b>DEAP</b>	Modelos CCR e BCC. Modelos de eficiência alocativa e global índice <i>Malmquist</i>	Interface com Windows. Calcula o <i>Malmquist index</i> . Não permite a restrição de pesos. <i>Software Livre</i> .
<b>SIAD V3.0</b>	Modelos CCR e BCC, orientação para produto ou insumo, fronteira invertida, restrição de pesos	Restrição de pesos pelos métodos <i>AR</i> e pesos virtuais. Inserção de dados apenas pelo <i>software</i> ou ASCII. Não disponibiliza gráficos. <i>Software livre</i> .

**Fonte:** Adaptado de Angulo-Meza *et al* (2005).

A análise quantitativa foi concebida por meio da técnica matemática não paramétrica Análise Envoltória de Dados – DEA, utilizando para tanto, o *software* SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão, versão 3.0 (Ângulo-Meza et al 2005). Essa técnica permitiu avaliar a eficiência operacional relativa do setor sucroenergético dos estados brasileiros, bem como o desempenho dos estados. Para a realização do segundo estágio do modelo DEA, modelo Tobit em painel, será utilizado o programa estatístico Stata15.

## 4 RESULTADOS

O presente capítulo discute os resultados oriundos da pesquisa, os quais permitiram atender aos objetivos desse trabalho. De início, abordar-se-á a avaliação da eficiência operacional relativa do setor sucroenergético brasileiro.

Serão aqui apresentados os resultados da pesquisa referentes à eficiência operacional relativa dos estados contempladas na amostra; destacando que o período considerado na análise se refere às safras 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014.

A técnica adotada para mensurar o desempenho operacional é a Análise Envoltória de Dados (DEA) vez que ela permite avaliar a eficiência produtiva em DMU's com estruturas físicas distinta. O modelo DEA foi concebido por sete *inputs* que são a área estimada de colheita manual (ha); área estimada de colheita mecânica (ha); horas de operação (min./ano); capacidade nominal de moagem de cana-de-açúcar (t/dia); capacidade nominal de produção de açúcar (t/dia); capacidade nominal de produção de etanol (m<sup>3</sup>/dia); capacidade nominal de armazenamento de etanol (m<sup>3</sup>/dia) e um *output*, qual seja, a produção de ATR (t/ano).

Os resultados foram obtidos com retornos variáveis de escala (BCC) e com orientação à maximização do produto, ou seja, a produção de açúcares totais recuperáveis (ATR), das usinas sucroenergéticas atuantes em seus respectivos estados.

### 4.1. DESEMPENHO DA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA DOS ESTADOS BRASILEIROS

Especificamente no mercado sucroalcooleiro, onde os produtos negociados são *commodities*, a vantagem competitiva tende a estar relacionada ao preço do produto, ao ganho de escala e não a sua diferenciação. Nesse sentido, a liderança das empresas desse setor também está associada à eficiência operacional que, ao ser alcançada, permite a

obtenção de produtos com menor consumo de recursos, o que pode levar, por sua vez, a uma maior margem de lucro (TORQUATO et al., 2009).

Corroborando a afirmação anterior, Torquato et al. (2009), destacam que as unidades produtivas do setor sucroalcooleiro devem buscar a eficiência no uso dos insumos empregados na produção, adequando-se a um novo modelo de produção, que leva em consideração o crescente aumento da concorrência e a otimização da produtividade.

O complexo produtivo inerente a uma unidade de produção de açúcar e/ou álcool exige determinadas capacidades para assegurar uma performance competitiva; sendo certo que a otimização dos ativos envolvidos nas etapas do processo produtivo pode determinar a produtividade agrícola e a lucratividade decorrente. Com efeito, os atributos das usinas pesquisadas que foram possíveis consolidar nesse estudo, são relevantes para os resultados da firma, já que subsidiam análises sobre eficiência relativa na alocação dos recursos.

O primeiro atributo abordado, *Açúcares Totais Recuperáveis – ATR (t/ano)*, diz respeito à matéria-prima básica do processo de fabricação dos produtos finais em uma usina, uma vez que representa a quantidade útil de sacarose no caldo de cana-de-açúcar, ou seja, é um atributo que demonstra o rendimento industrial da atividade bem como a sua rentabilidade.

Sujeito às variações edafoclimáticas, a produção de ATR demanda que o processo de condução das lavouras apresente um bom padrão tecnológico e de manejo desde a colheita, a fim de evitar que as perdas iminentes do processo industrial prejudiquem não somente o rendimento de sacarose, mas também o custo de produção unitário dos produtos finais.

O segundo e o terceiro atributos discutidos está relacionado à dimensão territorial que a usina possui para destinar à cultura; subdividindo-se em *colheita manual e colheita mecânica*, logo, é um dos ativos mais importantes a ser considerado nas decisões sobre expansão da produção e nas avaliações sobre produtividade agrícola.

Por seu turno, as *Horas de Operação (min./ano)* correspondem à quantidade de tempo empregada na operação de moagem; é um atributo elementar à mensuração da eficiência do processo de moagem de cana-de-açúcar bem como dos seus custos.

A *Capacidade Nominal de Moagem de Cana-de-açúcar (t/dia)* corresponde ao volume de produção que a usina suporta nesta etapa do processo produtivo. Este atributo

é utilizado pela Unica (2011) para categorizar a dimensão das usinas; nestes termos, é de acordo com a capacidade de moagem que as usinas recebem a classificação de grande, médio ou pequeno porte.

O atributo *Capacidade Nominal de Produção de Açúcar (t/dia)* diz respeito à capacidade da usina em suportar determinado volume para produzir açúcar; o atributo também reflete as decisões internas sobre a conversão da produção de cana-de-açúcar para a transformação em açúcar ou em etanol, assim como arbitra os projetos de expansão produtiva.

A *Capacidade Nominal de Produção de Etanol (m3/dia)* prediz qual a capacidade da usina para a fabricação de etanol; o atributo, assim como o que imediatamente lhe sucedeu, também revela a opção tomada pela empresa quanto à conversão da produção de cana-de-açúcar bem como impacta as decisões relacionadas à ampliação da produção.

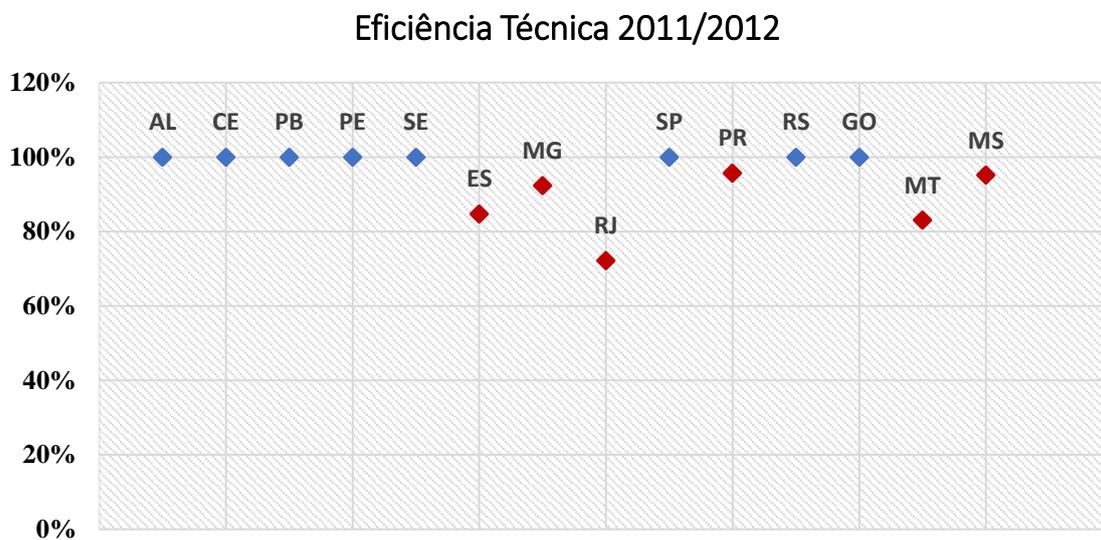
O último atributo operacional apresentado corresponde à *Capacidade Nominal de Armazenamento de Etanol (m3/dia)* das usinas; é um aspecto importante porque estabelece as condições de estocagem para o fluxo comercial do produto. Ainda, o atributo também é fator condicionante para a expansão da produção.

Por meio do acompanhamento do desempenho das safras agrícolas de cana-de-açúcar no país, foi possível contextualizar, nessa perspectiva, o desempenho das usinas sucroenergéticas por estado brasileiro através desses atributos.

Através dos resultados da primeira fase do modelo, é possível afirmar que o setor sucroenergético brasileiro, no conjunto, detém um padrão de eficiência operacional alto, pois 89% dos estados amostrados são considerados eficientes na produção de açúcar e etanol; isso significa dizer que as usinas localizadas nestas regiões conseguiram obter resultados melhores do que as localizadas nos demais estados.

Considerando a eficiência operacional média dos estados, observa-se que seis estados, quais sejam, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, não atingiram a eficiência na safra 2011/2012, como mostra o Gráfico 01.

Gráfico 01: eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros na safra 2011/2012.



Fonte: elaborado pelo autor.

O estado de Alagoas é aquele que apresenta o maior número de empresas do setor sucroenergético do Nordeste, por isso, existe uma infraestrutura instalada que favorece o crescimento e desenvolvimento do setor (CARLUCCI, *et al.* 2014). Conseqüentemente isso pode ter favorecido o estado para obter eficiência máxima durante todos os períodos da análise. Esse resultado corrobora com a afirmação de ROMÃO JÚNIOR (2009) de que alguns equipamentos representam investimentos muito elevados, possuem um custo de implementação alto e, por isso, estão relacionados às características operacionais das usinas.

O acesso às tecnologias independe da localização, já que usinas localizadas em diferentes estados do país conseguem adquirir equipamentos de alta tecnologia de diversos fornecedores que muitas vezes são apresentadas nas diversas feiras do setor (CARLUCCI, *et al.* 2014). Na colheita mecanizada, não existe a necessidade de queimada, o equipamento é capaz de separar a palha do bagaço de cana-de-açúcar. No entanto, parte da palha permanece no trasbordo e vai para a usina como forma de impurezas. (CARLUCCI, *et. all*, 2014).

Carlucci, *et al.* (2014) afirma que, apesar do acesso à tecnologia de processos ser independente da localização, acredita-se que estados como o de São Paulo possui algumas vantagens em relação aos outros estados brasileiros. Segundo Martinelli *et al.* (2011) existem alguns fatores que contribuem para que isso ocorra, como o fato de os centros urbanos servirem como mercados para produtos de açúcar e etanol produzidos na própria

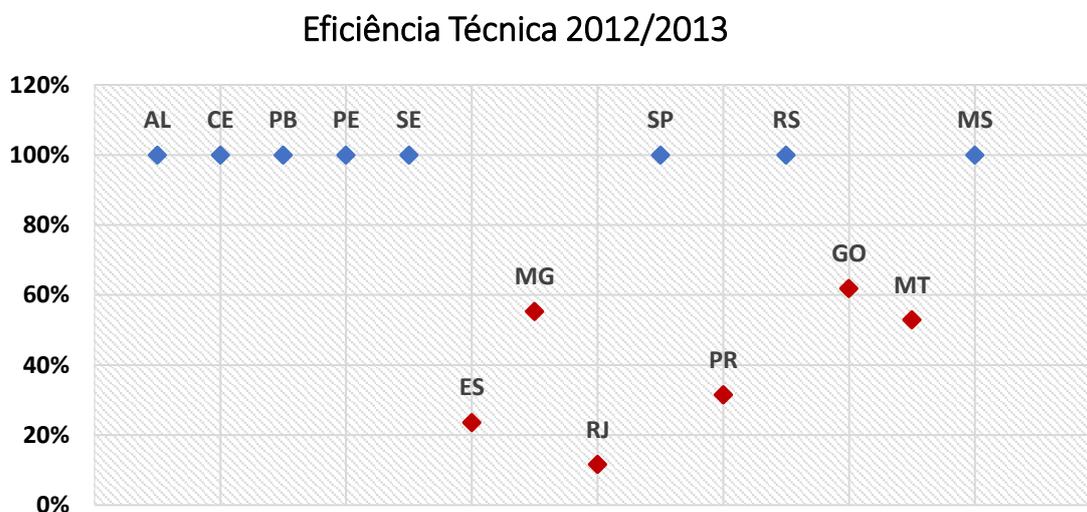
região, a infraestrutura instalada na região na última década e o rápido desenvolvimento da indústria da cana-de-açúcar no estado de São Paulo.

Visando a diminuição dos custos de produção, as novas usinas brasileiras fazem parcerias para a compra de insumos com outras usinas da região. Seguindo o raciocínio de Carlucci, *et al.* (2014), as usinas que já estão instaladas possuem maiores motivações para investir em tecnologias que proporcionem condições para um processo produtivo mais eficiente. Duas tecnologias que exercem grande influência na eficiência operacional e que estão sendo adotadas pelas usinas, são: O sistema de limpeza de cana a seco (SLCS), na qual é realizada a remoção de impurezas vegetais e minerais, sem que haja perda de sacarose, e o filtro para tratamento do caldo.

Ambas são consideradas tecnologias que podem proporcionar uma maior eficiência operacional na planta energética e tendem a ser mais frequentemente utilizadas em usinas que operam em maior escala. Ademais pelo próprio porte aumenta-se a probabilidade de existir capital financeiro para o investimento nestas tecnologias (CARLUCCI, *et al.* 2014).

No Gráfico 02 é possível perceber que os estados brasileiros considerados ineficientes durante as safras analisadas foram: Espírito Santo, Rio de Janeiro e Paraná, e nestes três estados se verificam as maiores distâncias em relação à fronteira de eficiência; os dados referentes à safra 2012/2013, mostram que o Espírito Santo obteve 23,5596% de eficiência, o Rio de Janeiro obteve 11,5448% e o Paraná 31,4712%. Além desses três estados, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso também obtiveram eficiência abaixo de 65%. Suas eficiências foram respectivamente, 55,2181%, 61,8451% e 52,8419%, ficando abaixo da média de eficiência geral dos estados durante as quatro safras.

Gráfico 02: eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros na safra 2012/2013.



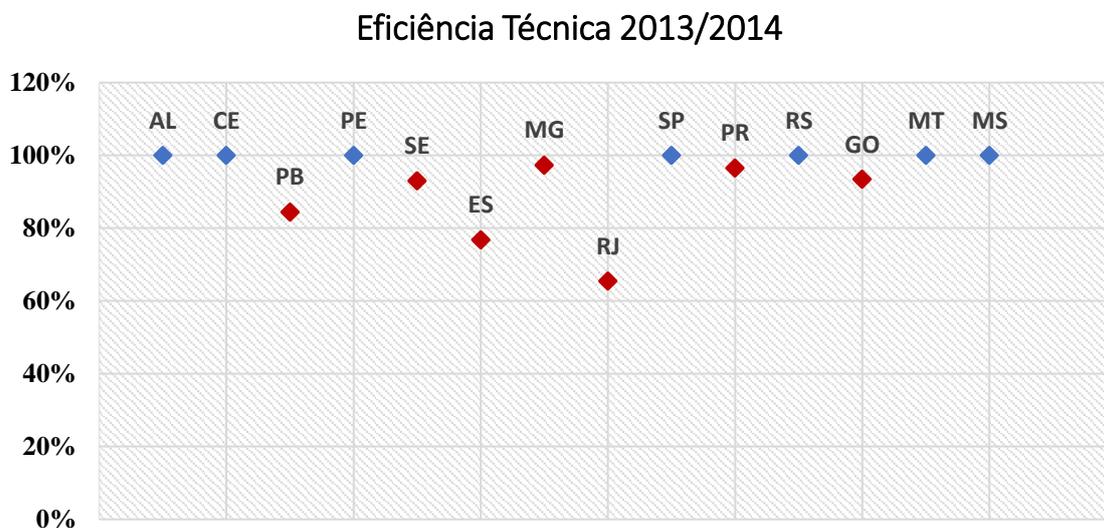
Fonte: elaborado pelo autor.

Outra informação relevante que pode explicar o motivo da ineficiência de alguns estados é que as terras próprias das usinas tendem a apresentar um teor menor de sacarose porque nelas são plantadas variedades genéticas com colheita precoce ou tardia, visando melhorar a linearidade no fornecimento de cana ao longo da safra. Isso pode ser um problema para o modelo DEA apresentado, uma vez que o excesso de cana tardia e precoce pode reduzir o teor médio de ATR.

Diversas usinas utilizam a moenda para a extração do caldo, embora essa tecnologia tenha menor capacidade de extração do difusor, acredita-se que a qualidade obtida a partir da moenda é superior. No momento, o foco ainda é aumentar a quantidade de cana-de-açúcar processada. No entanto, o filtro pode ser utilizado para aumentar a eficiência no tratamento do caldo e elevar assim a eficiência dessas usinas (CARLUCCI, *et al.* 2014).

Na safra de 2013/2014, sete ficaram a baixo da eficiência máxima, mas desse montante, apenas três conseguiram obter eficiência menor que a média geral, que foi de 89%, são eles: Paraíba (84,3918%), Espírito Santo (76,7298%) e Rio de Janeiro (65,4178%). Os outros quatro estados que obtiveram eficiência acima da média foram: Sergipe (92,9555%), Minas Gerais (97,2961%), Paraná (96,5114%) e Goiás (93,4118%). Apesar de não conseguirem a eficiência máxima, essas unidades federativas obtiveram um elevado índice de eficiência, bem próximo de 100%, como está disposto no Gráfico 03.

Gráfico 03: eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros na safra 2013/2014.

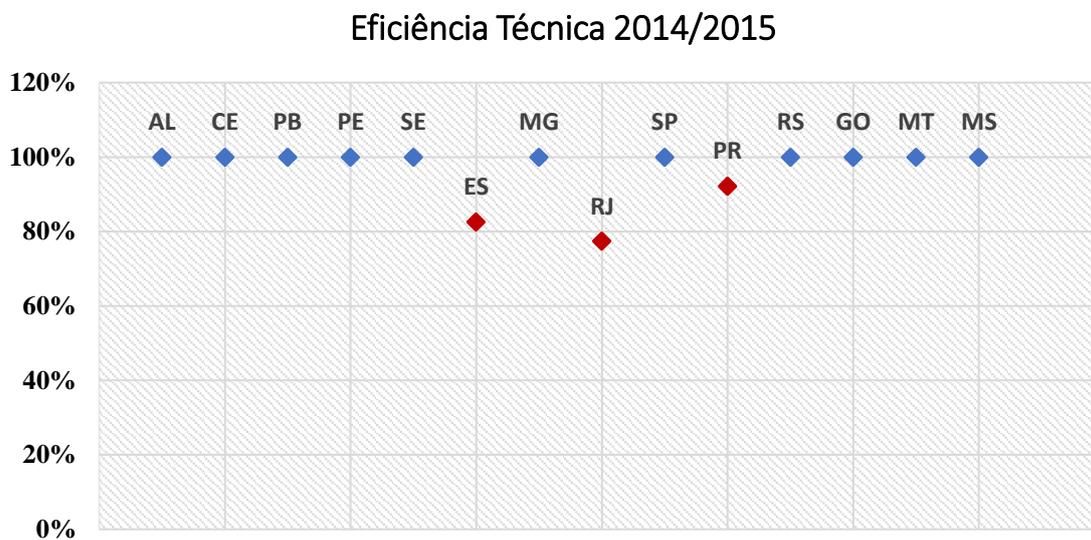


Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da literatura, foi possível verificar que, em virtude dos custos fixos elevados, inerentes às instalações de uma nova planta energética, frequentemente os gestores procuram utilizar a máxima capacidade produtiva instalada, pois um aumento do volume processado pela usina significa um ganho financeiro elevado.

Percebe-se que devido à alta competitividade e concorrência do setor sucroenergético, as usinas que ficam abaixo do nível de eficiência do setor, não conseguem se manter no mercado, principalmente pois precisam se adaptar às novas tecnologias para conseguirem competir com as usinas já instaladas anteriormente. Conseqüentemente, essas usinas precisam tomar decisões para diminuir os custos de produção, buscando novas parcerias e/ou fusões e aquisições. Isso explica o motivo dos estados ineficientes se recuperarem da análise de 2011/12 para 2014/2015, onde neste último ano somente os estados do ES, RJ e PR se mostraram abaixo da eficiência máxima, como está evidenciado no Gráfico 04.

Gráfico 04: eficiência técnica das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros na safra 2014/2015.



Fonte: elaborado pelo autor.

Isso significa dizer que os estados que se mostraram eficientes em todos os períodos de análise deste estudo (AL, CE, PE, SP e RS), possuem diversos fatores que podem ter favorecido para essa eficiência, como a existência de uma infraestrutura instalada, acesso e condições financeiras para a implantação de equipamentos de alta tecnologia entre outros fatores. Para as usinas localizadas nesses estados, independentemente da tecnologia utilizada, são maiores as chances de conseguir obter uma maior produção de açúcar e etanol com o mesmo volume de cana-de-açúcar.

Nesse novo cenário competitivo, as usinas ineficientes precisam buscar melhorias em seus processos internos, adequando-se a um novo modelo de produção, que leva em consideração o crescente aumento da concorrência gerada pela entrada de grupos de capital estrangeiros (TORQUATO, *et al.* 2009). Portanto, o estudo da eficiência operacional em usinas de cana-de-açúcar pode contribuir para uma melhoria dos resultados obtidos no setor sucroenergético.

Conforme HELUANE *et al.* (2007), o modelo de processo e a forma da operação, estão relacionados com a seleção e utilização ótima dos recursos de uma usina de cana-de-açúcar ao longo do tempo, buscando maximizar a eficiência dos equipamentos da unidade produtiva.

Entretanto, para produzir uma maior quantidade de etanol são necessárias melhorias nos fatores tecnológicos, nos processos produtivos de produção e no manejo e cultivo, além do aumento da área plantada (DIAS *et al.* 2011). A conversão da cana-de-

açúcar em açúcar ou em etanol é composta por uma série de processos físicos e químicos que acontecem em subsistemas básicos que podem ser otimizados (MORANDIN *et al.* 2011).

A seguir serão apresentados os resultados das variáveis identificadas como possíveis influenciadoras do desempenho das usinas sucroenergéticas utilizando o chamado segundo estágio do modelo DEA, através do modelo Tobit em painel.

#### 4.2. EFEITOS MARGINAIS DOS DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS ESTADOS BRASILEIROS

Para a verificação dos fatores condicionantes da eficiência das usinas sucroenergéticas dos estados brasileiros, bem como da magnitude dessa influência, procedeu-se à estimação do modelo Tobit, considerando dados em painel com efeitos aleatórios. Utilizou-se, como variável dependente do modelo de regressão, o escore de eficiência gerado através da Análise Envoltória de Dados, com o modelo que pressupõe retornos variáveis à escala (DEA-BCC) e orientação para o produto. As independentes definidas para o modelo foram: Temperatura média e índice pluviométrico do período de desenvolvimento lento da cana, distância geral média (% até 20km), qualidade da estradas e características agrícolas.

Levando em consideração que o modelo analisado possui 56 amostras, 22 delas apresentaram-se ineficientes, o que equivale a 40% da amostra total. Dessa forma, as variáveis exógenas utilizadas no segundo estágio do modelo DEA, buscam demonstrar uma forma de impacto na eficiência das usinas do qual elas não podem controlar diretamente.

Segundo Fried *et al.* (2002), a competência (ou incompetência) gerencial não é suficiente para explicar individualmente variações nos níveis de eficiência, dado que fatores ambientais, variáveis contextuais ou, até mesmo, ruídos estatísticos poderiam exercer alguma influência sobre o desempenho medido. O controle adequado desses impactos poderia indicar possíveis caminhos para os estados se tornarem mais eficiente (SOUZA *et al.* 2007). Os resultados associados ao modelo de regressão Tobit em painel podem ser visualizados na Tabela 01.

**Tabela 01** – Efeitos Marginais dos determinantes da eficiência técnica das usinas sucroenergéticas brasileiras.

<b>VARIÁVEL</b>	<b>COEFICIENTE</b>	<b>ERRO PADRÃO</b>	<b>P-valor</b>
<i>TEMP</i>	.0073653	.036998	0.842
<i>PLUV</i>	-.00267	.0016778	0.112
<i>QUAL</i>	.0070146	.0052675	0.183
<i>DIST</i>	.0121961	.0050779	0.016**
<i>CRCT</i>	-.5012439	.2952594	0.090**
<i>2011</i>	-.3128605	.1134007	0.006 *
<i>2012</i>	-.502607	.1091836	0.000*
<i>2013</i>	-.3050031	.1188996	0.010**
<i>CONST</i>	.9311048	1.001313	0.352
<b>VARIÁVEL</b>	<b>EFEITOS MARGINAIS</b>	<b>ERRO PADRÃO</b>	<b>P-valor</b>
<i>TEMP</i>	.002554	.01294	0.844
<i>PLUV</i>	-.0009259	.00063	0.144
<i>QUAL</i>	.0024324	.00197	0.217
<i>DIST</i>	.0042292	.00189	0.025**
<i>CRCT</i>	-.0984392	.04366	0.024**
<i>2011</i>	-.1392503	.06378	0.029**
<i>2012</i>	-.2472999	.07708	0.001*
<i>2013</i>	-.1330414	.06368	0.037**
<b>Wald Chi2</b>		32.89	
<b>Prob. Wald Chi2</b>		0.0001	
<b>Número de observações</b>		55	
<b>% observações censuradas</b>		60%	

Fonte: Resultados da pesquisa. (\*) significativo a 5%; (\*\*) significativo a 10%.

Os coeficientes estimados através do modelo apresentaram ajustamento satisfatório, demonstrando que as variáveis incluídas no estudo têm considerável poder de explicação para a eficiência, conforme verificado pelo teste  $\chi^2$ , que se apresentou significativo a 1%.

Vários estudos realizados afirmam que uma combinação de fatores contribui para a maior eficiência operacional das usinas. Esses fatores são o solo fértil, o clima favorável, a infraestrutura relativamente boa (SMEETS *et al.* 2008; CESAR *et al.* 1987; MAULE, MAZZA, MARTHA-JUNIOR, 2001; NETAFIM'S AGRICULTURE DEPARTMENT, 2012). Segundo Carlucci, *et al.* (2014), foram encontrados indícios de que os fatores edafoclimáticos são relevantes, na medida em que as usinas, classificadas como eficientes pela técnica DEA, estão localizadas em regiões cujos ambientes de produção são favoráveis. De acordo com SMEETS *et al.* (2008), TORQUATO *et al.* (2009), e MARTINELLI *et al.* (2011), existem evidências de que o estado de São Paulo está localizado em uma região cujos fatores edafoclimáticos são os mais favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar.

Pode-se verificar que das cinco variáveis incluídas no modelo para análise da eficiência dos estados brasileiros, apenas duas apresentaram-se significativas, DIST e CRCT. Logo, não se pôde identificar a influência da TEMP, PLUV e QUAL em seu nível de eficiência, uma vez que essas variáveis não se apresentaram estatisticamente significativas.

Tal resultado pode ser explicado pela limitação encontrada para a utilização dos dados referentes as variáveis TEMP e PLUV, visto que não foi possível utilizar os dados das áreas de plantio de cana. Sendo utilizado, portanto, a temperatura média e volume pluviométrico médio por Estado.

Para QUAL, aceita-se a hipótese nula na qual afirma que a qualidade das estradas próximas às usinas não tem relação com o desempenho da indústria sucroenergética. Resultado similar também foi encontrado por Landivar (2012) em sua pesquisa dos determinantes da eficiência técnica dos terminais intermodais do Brasil. De acordo com o modelo, não importa se as vias rodoviárias de acesso às usinas sejam classificadas em “trechos ideais” ou “trechos não ideais”, ou seja, recebam o conceito de ótimo e bom, ou regular, ruim e péssimo; tal perspectiva não afeta o nível de desempenho das usinas sucroenergéticas. Da mesma forma, as variáveis TEMP e PLUV também se aceitam a

hipótese nula de que a temperatura média e o índice pluviométrico, respectivamente, da etapa de desenvolvimento lento da cana, não afetam o nível de desempenho dos estados.

Já para as variáveis DIST e CRCT, rejeitam-se as hipóteses nulas, afirmando que há relação significativa entre as mesmas e o desempenho da indústria sucroenergética. Deve-se notar, no entanto, que a variável DIST apresentou efeito marginal com sentido positivo. Quanto a isso, é importante ressaltar que a variável DIST, refere-se à porcentagem das usinas dos seus respectivos estados, que estão localizadas até 20km da área de colheita. Assim, pode-se afirmar através do efeito marginal obtido pelo modelo, que quanto maior for a porcentagem de usinas em um raio de até 20km de distância da área de colheita, maior será o aumento na eficiência. O aumento de 1% na frequência relativa das usinas localizadas até 20km de distância acarreta no aumento equivalente a 0.0042292 na eficiência dos estados.

A concorrência se dá via custos de produção, visto que as usinas são tomadoras de preços. Dessa forma, a busca por matéria-prima de alta qualidade com baixo custo se acirra, o que tem levado as empresas a adotarem estratégias de formação de *clusters* regionais para diminuir os custos de produção, além de criarem barreiras a novos entrantes (MILANEZ E NYKO, 2014).

Esperava-se que o efeito marginal da variável *dummy* CRCT fosse positivo, porém, através do modelo obtido pode-se notar que o efeito marginal possui efeito contrário. Isso significa que as boas características do solo diminuem a eficiência das usinas nos estados em 0.0984392. Durante o período de análise, somente os estados de Sergipe e Rio Grande do Sul não foram considerados com boas características do solo.

Os resultados encontrados nesta pesquisa, para as variáveis DIST e CRCT, corroboram com os autores (Barbieri e Villa Nova, 1977; Barbieri, 1993; Keating *et al.*, 1999; Ometto, 1978; 1980; Brunini, 2010); Mutton, 2005) quando asseguram que as usinas com menor custo no transporte da cana, isso inclui perdas e danos da matéria prima, tendem a elevar o nível de eficiência das unidades industriais.

Ao analisar os dois estágios propostos, foi possível determinar a eficiência técnica das usinas instaladas nos estados brasileiros através das variáveis endógenas e mensurar os efeitos marginais das variáveis exógenas sobre a eficiência técnica. De acordo com os resultados alcançados por esta pesquisa, pode-se afirmar que além das variáveis endógenas adotadas no primeiro estágio, as variáveis exógenas podem interferir na eficiência técnica das usinas sucroenergéticas, portanto, é preciso conhecê-las, mesmo

que não se possa controlá-las, e buscar se adaptar a elas visando elevar a eficiência técnica das usinas. Justificando a não significância de algumas variáveis do segundo estágio, pode ter ocorrido um problema de o modelo não conseguir captar de forma precisa os efeitos das variações estocásticas dessas variáveis, devido principalmente ao tratamento que elas tiveram neste estudo. Para aumentar a significância e precisão do modelo, sugere-se o aumento dos anos observados e/ou das variáveis, bem como a utilização do modelo de fronteira estocástica.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração as 56 amostras do primeiro estágio do modelo DEA, 22 delas apresentaram-se ineficientes, o que equivale a 40% da amostra total. Independentemente disso, é possível afirmar que o setor sucroenergético brasileiro possui um padrão de eficiência operacional alto, pois a média de eficiência das observações foi maior que 89% na obtenção de ATR; isso significa dizer que as usinas localizadas nestas regiões conseguiram obter em média, resultados melhores do que as localizadas nos demais Estados.

Os Estados brasileiros considerados ineficientes durante todo o período analisado foram: Espírito Santo, Rio de Janeiro e Paraná, visto que se verifica as maiores distâncias em relação à fronteira de eficiência; os dados referentes à safra 2012/2013, mostram que o Espírito Santo obteve 23,5596% de eficiência, o Rio de Janeiro obteve 11,5448% e o Paraná 31,4712%.

As usinas que já estão instaladas no mercado por mais tempo, possuem maiores motivações para investir em tecnologias que proporcionem condições para um processo produtivo mais eficiente para as usinas. A literatura mostra que existem tecnologias que exercem grande influência na eficiência operacional das usinas em relação ao tratamento do caldo extraído da cana. Essas tecnologias além de proporcionar uma maior eficiência operacional na planta energética e tendem a ser mais frequentemente utilizadas em usinas que operam em maior escala, devido principalmente aos altos custos de investimentos necessários.

No segundo estágio do modelo DEA, verificou-se que das cinco variáveis incluídas no modelo para análise da eficiência dos estados brasileiros, apenas duas apresentaram-se significativas: DIST e CRCT. Logo, não se pôde identificar a influência da TEMP, PLUV e QUAL em seu nível de eficiência, uma vez que essas variáveis não se apresentaram estatisticamente significativas.

Já para as variáveis DIST e CRCT, afirma-se que há relação significativa entre as mesmas e o desempenho das usinas sucroenergéticas. Constatou-se que o aumento de 1%

das usinas localizadas até 20km de distância impacta em um aumento de 0.0042292 na eficiência dos estados. Já em relação a variável CRCT, evidenciou-se um efeito contrário ao esperado. Isso significa dizer que as boas características do solo diminuem a eficiência das usinas nos estados em 0.0984392. A localização das usinas é favorável também do ponto de vista da proximidade com o mercado consumidor e da facilidade de distribuição.

Dessa forma, estes resultados podem dar suporte a formulações de políticas públicas voltadas à melhoria nas estratégias adotadas para as instalações das usinas em localidades com que possuam fatores exógenos favoráveis. Isso faria com que as usinas elevassem sua eficiência sem que precisem aumentar os seus inputs, focando principalmente na distância média das usinas em relação aos plantios de cana-de-açúcar.

A impossibilidade de ir a campo para a realização de entrevistas com gestores de usinas classificadas como eficientes, por motivos financeiros e de tempo pode ser considerada uma limitação, na medida em que seria bastante enriquecedor para este estudo.

No que se refere a sugestões de trabalhos futuros, seria interessante o aprimoramento na coleta e tratamento dos dados climáticos, buscando aproximá-los o máximo possível da realidade das usinas, o que mostrou-se uma limitação deste trabalho, visto que, por se tratar de uma coleta baseada em dados secundários, com sua delimitação geográfica sendo os estados brasileiros, foi utilizada a temperatura média e volume pluviométrico médio por estado, devido a inexistência desses dados de forma desagregada, que pudesse tornar mais fácil a aproximação da realidade do clima na plantação de cana-de-açúcar.

Ainda sobre as limitações enfrentadas nessa pesquisa, está a disponibilidade de dados sobre as condições das rodovias de acesso às usinas. A pesquisa realizada pela CNT, trabalha com uma amostragem das extensões das estradas do país. Porém, devido a impossibilidade de classificação de todos os acessos às usinas dificultou a utilização desta variável. Dessa forma, os trabalhos vindouros devem aprimorar o modelo, para além da coleta de dados, incluindo novas variáveis que possam influenciar na obtenção de ATR e conseqüentemente na eficiência das usinas. Uma alternativa também, seria a utilização do modelo de fronteira estocástica.

Os resultados sugerem, portanto, que, para otimizar a eficiência operacional em usinas de cana-de-açúcar, é necessário que sejam levadas em consideração fatores locais que possam influenciar favoravelmente usinas sejam instaladas em locais favoráveis,

principalmente em relação à localização, para a extração de uma cana-de-açúcar com maior teor de sacarose evitando perdas, e investimentos em equipamentos e tecnologias, para tratamento do caldo, para um processo produtivo mais eficiente.

Por fim, ressalta-se que a realização de estudos quantitativos como este, demanda análises qualitativas mais regionalizadas e em profundidade sobre as práticas de gestão de eficiência das usinas, de forma a consolidar a fronteira do conhecimento sobre este tema de estudo e possibilitar a criação de modelos e procedimentos que contribuam para que as empresas deste setor, que é de suma relevância para a economia do país, tornem-se mais eficientes.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. **Acompanhamento de safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 2. n. 4. Brasília: Conab, 2016a. Disponível em: <[www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_04\\_14\\_09\\_06\\_31\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_4o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_14_09_06_31_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_15-16.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**. v. 3. n. 11. Brasília: Conab, 2016b. Disponível em: <[www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_08\\_09\\_09\\_00\\_07\\_boletim\\_graos\\_agosto\\_2016\\_.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_09_00_07_boletim_graos_agosto_2016_.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. Decreto-lei n. 3.855, de 21 de novembro de 1941. Estatuto da Lavoura Canavieira. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del3855.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del3855.htm)>. Acesso em: 9 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. Decreto-lei n. 9.827, de 10 de setembro de 1946. Dispõe sobre a produção açucareira e dá outras providências. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del9827.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del9827.htm)>. Acesso em: 9 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. **Histórico de produção e moagem**. [20--]. Disponível em: <[www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2](http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2)>. Acesso em: 9 set. 2016.

\_\_\_\_\_. **Indicadores da agropecuária**. Ano XXII, n. 4, abr. 2014. Brasília: Conab, 2014. Disponível em: <[www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_04\\_30\\_11\\_38\\_00\\_revista\\_abril\\_versao\\_final.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_30_11_38_00_revista_abril_versao_final.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Lei n. 178 de 9 de janeiro de 1936. Regula a transação de compra e venda de cana entre lavradores e usineiros. Disponível em: <[legis.senado.gov.br/legislacao/ListaNormas.action?numero=178&tipo\\_norma=LEI&ata=19360109&link=s](http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaNormas.action?numero=178&tipo_norma=LEI&ata=19360109&link=s)>. Acesso em: 16 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Relação Anual de Informações (RAIS). Vínculo 2014. 2014. Disponível em: <[bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_rais\\_vinculo\\_id/caged\\_rais\\_vinculo\\_basico\\_tab.php](http://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/caged_rais_vinculo_basico_tab.php)>. Acesso em: 14 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. **Perspectivas do investimento 2015- 2018 e panoramas setoriais**. Rio de Janeiro: APE/DEPEQ/Comitê de Análise Setorial, 2014. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>. Acesso em 18 ago 2016. FILOSO, S.; CARMO, J. B.; MARDEGAN, S. F.; LINS, S. R. M.; GOMES, T. F.; MARTINELLI, L. A. Reassessing the environmental impacts of sugarcane ethanol production in Brazil to help meet sustainability goals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 1847-1856, 2015.

\_\_\_\_\_. Proálcool – Programa brasileiro de álcool. 2013. Disponível em: [www.novacana.com.br](http://www.novacana.com.br). Acesso em: 12 dez. 2014.

\_\_\_\_\_. **Safra 2012/2013: primeira estimativa**. Coletiva de Imprensa. Campo Grande/MS, 2012.

\_\_\_\_\_. **Setor sucroenergético gera empregos apesar da crise**. 2015. Disponível em: <[biosulms.com.br/noticias/industria/setor-sucroenergetico-gera-empregos-apesar-da-crise-107.html](http://biosulms.com.br/noticias/industria/setor-sucroenergetico-gera-empregos-apesar-da-crise-107.html)>. Acesso em: 15 jun. 2015.

ACADEMIA PEARSON. OSM: uma visão contemporânea. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011

ADECOAGRO SA. **Research Report**. 2011. Disponível em: <[s3.amazonaws.com/zanran\\_storage/bidhitter.com/ContentPages/2496681015.pdfpage=65](http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/bidhitter.com/ContentPages/2496681015.pdfpage=65)>. Acesso em: 5 setembro. 2016.

AMORIM, H. V. **Fermentação Alcoólica: Ciência & Tecnologia**. Piracicaba: Fermentec, 2005, 448 p: il.

AMORIM, H. V. O que é qualidade de matéria-prima? In: REUNIÃO AGRÍCOLA DA FERMENTEC, 8., 2003, São Pedro. **Resumos...** Piracicaba: Fermentec, 2003. p. 5-6.

AMORIM, H. V; OLIVEIRA, A. J; SILVA, L. F. L. F; BERNADINO, C. D; GODOY, A; ALVES, D. M. G. Impact of sugarcane quality on sugar and alcohol yields. **International Sugar Journal**, v.102, n.1214, p.86-88, 2000.

ANGULO-MEZA, Lidia et al. Avaliação do Ensino nos Cursos de Pós-graduação em Engenharia: um enfoque quantitativo de avaliação em conjunto. **Engevista**, Niterói, v. 5, n. 9, p. 41-49, 2003. Disponível em: <<http://www.uff.br/engevista/sumário9.htm>>.

ARAUJO, E. da S.; SANTOS, J. A. P. O desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e sua relevância na economia nacional. **Revista Científica FACIDER**, Colider/MT, n.4, 2013. Disponível em: <[seicesu.col.edu.br/revista/index.php/facider/article/view/37/87](http://seicesu.col.edu.br/revista/index.php/facider/article/view/37/87)>. Acesso em: 26 novembro 2016.

ARAUJO, L. B. E. La pérdida de azúcar por causa de la cosecha. **International Sugar Journal**, v.98, n.1165S, p.5-8, 1996.

ARÊAS, D. B. **Avaliação do Ensino Superior da Engenharia de Produção da UFRJ Usando DEA e uma Abordagem Qualitativa**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005, 137f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA DO MATO GROSSO DO SUL (BIOSUL). **Resultados**. [20--]. Disponível em: <[www.biosulms.com.br/resultados](http://www.biosulms.com.br/resultados)>. Acesso em: 9 ago. 2016.

ASSUNÇÃO, J.; PIETRACCI, B.; SOUZA, P. Fueling development: sugarcane expansion impacts in Brazil. ClimatePolicyInitiative, Iniciativa para o Uso da Terra (INPUT), 2016. Disponível em: <[climatepolicyinitiative.org/wpcontent/uploads/2016/07/Paper\\_Fueling\\_Development\\_Sugarcane\\_Expansion\\_Impacts\\_in\\_Brazil\\_Working\\_Paper\\_CPI.pdf](http://climatepolicyinitiative.org/wpcontent/uploads/2016/07/Paper_Fueling_Development_Sugarcane_Expansion_Impacts_in_Brazil_Working_Paper_CPI.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2016.

AZEVEDO, I. R. **Avaliação de Produtividade e Eficiência Técnica de Navios Utilizando Análise Envoltória de Dados**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. London: John Wiley & Sons, 1995. 257p.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL [BNDES]. **Estudo de viabilidade de produção de biocombustíveis na União Econômica e Monetária do Oeste Africano (UEMOA): África Ocidental e Brasil frente aos desafios das energias renováveis**. CSAO/OCDE e CEREEC/CEDEAO. 2011. Apresentação em PowerPoint. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/12/17/49258016.pdf>>. Acesso em 13 ago. 2016.

BANKER, R. D. Maximum likelihood, consistency and DEA: a statistical foundation. *Management Science*, v. 39, n. 10, p. 1265-1273, 1993.

BANKER, R.D.; CHARNES A.; COOPER, W.W. **Some models for estimation technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis**. *Management Science*, 30(9):1078-1092, 1984.

BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): um modelo matemático-fisiológico de estimativa**. 1993. 142 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N. A. **Climatologia e a cana-de-açúcar**. Araras: PLANALSUCAR – Coordenadoria Regional Sul – COSUL. Climatologia, 1977. 22 p.

BARROS, C. P.; GARCIA, M. T. M. **Performance Evaluation of Pension Funds Management Companies with Data Envelopment Analysis**. *Risk Management and Insurance Review*, Mount Vernon, v.9, n.2, 2006.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi; CAIXETA FILHO, José Vicente. Impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras:

um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 46, n. 3, p.703-738, jul/set 2008.

BATALHA, M.; SILVA, A. L. O. **Sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas**. In: BATALHA, Mário. O. (Coord.). *Gestão agroindustrial*; 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

BEAUCLAIR, E.G.F. **de Produtividade da cana-de-açúcar em função de alguns macronutrientes presentes no caldo e no solo**. Piracicaba, 1994. 98p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BEAUCLAIR, E.G.F. **de Relações entre algumas propriedades químicas do solo e a produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), através de regressão linear múltipla**. Piracicaba, 1991. 90p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BEAUCLAIR, E.G.F. de; PENTEADO, C.R. Cronograma de corte da cana-de-açúcar através da programação linear. In: SEMINÁRIO DA TECNOLOGIA AGRONÔMICA 2., Piracicaba, 1984. **Cronograma de corte da cana-de-açúcar através da programação linear**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1984. p. 424-434.

BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendations integrated system (DRIS); a general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. **Soil Science Bulletin**, v.1, p.1-32, 1973.

BELLONI, J. A. **Uma Metodologia de Avaliação Produtiva de Universidades Federais Brasileiras**. Tese de Doutorado. Santa Catarina: UFSC, 2000.

BENITES, A. T. **Medida de Produtividade para o Varejo Alimentar Brasileiro**. Campo Grande: UFMS, 2005, 125f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2005.

BERGERON, F.; RAYMOND, L.; RIVARD, S. Fit in strategic information technology management research: an empirical comparison of perspectives. **The International Journal of Management Science**, v. 29, p. 125-142, 2001.

BESANKO, D.; DRANOVE, D.; SHANLEY, M.; SCHAEFER, S. **Economics of Strategy**. 6. ed. United States of America: John Wiley & Sons, 2013.

BOVI, R; SERRA, G. E. Folhas verdes, folhas secas, fibra do colmo e a clarificação do caldo de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.457-463, 2001.

BRASIL. Decreto n. 6.961, de 17 de setembro de 2009. Aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6961.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6961.htm)>. Acesso em: 9 ago. 2016.

Brunini, O. (2010). Zoneamento agrícola da cultura da cana-de-açúcar para o Brasil e estimativa da produtividade. *CRUSCIOL, CAC; SILVA, M. de A.; ROSSETO, R*, 27-33. Coelli, Rao e Batters (1997)

BUG Agentes Biológicos. Disponível em: <<http://www.bugagentesbiologicos.com.br>>. Acesso em: 05 jun. 2009.

CALLADO, A. A. C.; CALLADO, A. L. C.; ALMEIRA, M. A. **Indicadores de Desempenho Não-Financeiros no Agronegócio**: um estudo exploratório. XLIV Congresso SOBER. Fortaleza, 2006.

CAMERON, A. C., TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics**: methods and applications. New York: Cambridge University Press, 2005.

CAMERON, A. C., TRIVEDI, P. **Microeconometrics using stata**, Revised Edition. Stata Press, 2010.

CARLUCCI, Fabio Vogelaar; JUNIOR, Alexandre Pereira Salgado; NOVI, Juliana Chiaretti. **Aplicação da Análise Envoltória de Dados (AED) na Avaliação da Eficiência Operacional Relativa entre Usinas de Cana-de-açúcar no Território Brasileiro**. Engenharia Agrícola, v. 34, n. 5, 2014.

CARON, A. **Inovações Tecnológicas nas Pequenas e Médias Empresas Industriais em Tempos de Globalização**: o caso do Paraná. Tese de Doutorado. Santa Catarina: UFSC, 2007.

CARRE, D. **Les Performances: concepts, forms et niveaux d'appréhension**. in\_\_ ARENA, R. et alli. "Traité d'économie industrielle." Chapitre Six. Economica, 2<sup>ème</sup> éd., Paris, 1991. (MUNARETTO, 2013).

CARVALHO, L. C. C. Mais oportunidades que ameaças. São Paulo. **Agroanalysis**, p. 36-38, 1997.

CASADO, Frank L.; SOUZA, Adriano M. **Análise Envoltória de Dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na Educação Superior**. Revista do Centro de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Federal de Santa Maria, v. 1, p. 1-154, 2007.

CASTILLO, R.; **Dinâmicas recentes do setor sucroenergético no Brasil: competitividade regional e expansão para o bioma cerrado**. *GEOgraphia* – Ano. 17 – Nº 35 - Dossiê – 2015.

CDATA-Stern, L. W., & El-Ansary, A. I. (1982). Marketing Channels.

CEL/COPPEAD (Centros de Estudos em Logísticas/ COPPEAD/UFRJ). 2002, *Transporte de Cargas no Brasil, Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País*. Relatório de Pesquisa, CEL/COPPEAD, Rio de Janeiro.

CENTENARO, M. **Um estudo sobre investimento direto externo no setor sucroenergético do estado de Mato Grosso do Sul**. 2012. 199 f. Tese (Doutorado em

Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo/RS, 2012. Disponível em: <[www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/3082/MoisesCentenaro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/3082/MoisesCentenaro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 9 out. 2015.

CESAR, M. A. A.; DELGADO, A. A.; CAMARGO, A. P. de; BISSOLI, B. M. A.; SILVA, F. C. **Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial.** *STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v. 6, p. 32-38, 1987.

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

CHRISTENSEN, Clayton M. **O crescimento pela inovação: como crescer de forma sustentada e reinventar o sucesso.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. Rostock (2011),

COELLI, T.; RAO, D.S.P.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis.** London: Kluwer Academic, 1998. 275 p.

COELLI, T.J. Recent developments in frontier modelling and efficiency measurement. *Australian Journal of Agricultural Economics*, v.39, n.3, p.219-245, 1995.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira de cana-de-açúcar.** v. 2. n. 2. Brasília: Conab, 2015. Disponível em: <[conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_08\\_13\\_15\\_58\\_44\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_2o\\_lev\\_-\\_15-16.pdf](http://conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_13_15_58_44_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_15-16.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE.  
<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/relatorio-gerencial>

CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS. 4, 1999, Campinas, SP, **Anais...** p.24-27, 1999.

COOK, W. D.; ZHU, J. **Data Envelopment Analysis: modeling operational processes and measuring productivity.** Binding: Paperback, 262p, 2008.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software.** New York: Springer, 2007.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software.** New York: Springer, 2007.

CORRÊA, H. L.; CAON, M. **Gestão de Serviços: lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes.** 1ª Ed. 6ª. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.

Coughlan, A. T., Anderson, E., Stern, L. W., & El-Ansary, A. (2006). *Marketing Channels*. (7th ed.) Prentice Hall.

DA SILVA, A. V. (2015). Estimação paramétrica de escores de eficiência em 2 estágios: impacto das variáveis ambientais no ajuste das eficiências regulatórias das empresas brasileiras de distribuição de energia elétrica para 4o Ciclo de Revisão Tarifária Periódica.

Dantas, A., Kertsnetzky, J., & Prochnik, V. (2002). **Empresa, indústria e mercados**. *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 23-41.

DASKIN, M.S. *Logistics: an overview of the state of the art and perspectives on future research*. *Transportation Research - A*, Vol. 19A, N° 5/6, p. 383- 393, 1985.

DE ARAÚJO JÚNIOR, J. N., Justo, W. R., de Moraes Rocha, R., & Gomes, S. M. F. P. O. (2016). Eficiência técnica das escolas públicas dos estados do Nordeste: uma abordagem em dois estágios. *Revista Econômica do Nordeste*, 47(3), 61-73.

**Demonstrações Contábeis**. 318. 2002. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP.

DEUBER, R. Maturação da cana-de-açúcar na região sudeste do Brasil. In: Seminário de tecnologia agrônômica, 4., 1988, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: Centro de Tecnologia COOPERSUCAR, 1988. p. 33-40.

DIAS, M. O. S.; CUNHA, M. P.; JESUS, C. D. F.; ROCHA, G. J. M.; PRADELLA, J. G. C.; ROSSELL, C. E. V.; MACIEL FILHO, R.; BONOMI, A. **Second generation ethanol in Brazil: can it compete with electricity production?** *Bioresource Technology*, Kidlington, v. 102, p. 8964-8971, 2011.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. 882 p.

DO NASCIMENTO, M. R. R., Rodrigues, W. O. P., & Schlindwein, M. M. (2015). **Reflexos do setor canavieiro para o crescimento econômico da microrregião de dourados em mato grosso do sul**. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 17(2).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. (Traduzido por GHEYI, H. R.; SOUZA, A.A.; DAMASCENO, F.A.V.; MEDEIROS, J.F. Campina Grande: FAO, 1994. 306 p. (Irrigação e Drenagem 33).

EGGLESTON, G; LEGENDRE, B; RICHARD, C. Effect of harvest method and storage time on sugarcane deterioration I: cane quality changes. **International Sugar Journal**, v.103, n.1232, p. 331-338, 2001.

FAGUNDES, Michelly Gonçalves. **Desempenho operacional de terminais intermodais de contêineres**. 2006. 122 f. Dissertação (Mestrado). Curso de Mestrado em Engenharia de Transporte, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.

FARINA, E. M. M. Q. Competitividade e coordenação de sistemas agroindustriais: um ensaio conceitual. **Revista Gestão & Produção**, v. 6, n. 3, p. 147-161, 1999.

FARINA, E. M. M. Q.; ZYLBERSZTA JN, D. **Competitividade do agribusiness brasileiro**. São Paulo: PENSA/USP; Rio de Janeiro: IPEA. 1998. v.5. Sistema agroindustrial da cana-de-açúcar, sistema agroindustrial da soja. p. 139.

FARRELL, M. J. **The Measurement of productivity efficiency**. Journal of the Royal Statistical Society, Oxford, v. 120, n. 3, p. 253 – 281, 1957.

FERNANDES, A. C. Refratômetro de campo. **Boletim Técnico Coopersucar**, São Paulo, v. 19, 1982. p. 5-12.

FERNANDES, D. D. P. (2015). Eficiência de custos operacionais das companhias de distribuição de energia elétrica no Brasil: uma análise em dois estágios (DEA & TOBIT).

FERRAZ J, KUPFER D, HAGUENAUER L. **Made in Brazil: Desafios Competitivos para a Indústria**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P., **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

FERREIRA, Marco Aurélio Marques; BRAGA, M. J. Desempenho das cooperativas na indústria de laticínios do Brasil: uma abordagem por grupos estratégicos. **RAUSP: Revista de Administração**, v. 42, p. 302-312, 2007.

FERREIRA, R. N. **Governança Cooperativa e Desempenho**: uma análise em empresas brasileiras de capital de giro. Tese de Doutorado. Lavras: UFLA, 2012.

FRIED, H. O. et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 17, n. 1/2, p. 157-174, 2002.

GAZZONI, D. L. **Integra 2010**. [20--]. Disponível em: <[www.gazzoni.eng.br/pagina36.htm](http://www.gazzoni.eng.br/pagina36.htm)>. Acesso em: 20 junho. 2016.

Gemente, A. C., Pinazza, A. H., Brugnaro, C., GUMARÃES, E., OLIVEIRA NETO, G. R., Kruglianskas, I., & SEBRAGIA, R. (1986). Planejamento agrícola. *BRUGNARO, C.; SEBRAGIA, R. Gerência agrícola em destilarias de álcool*, 2, 29-83. Pereira et al. (2002)

GOLDMAN, A. **Evaluating the Performance of the Japanese Distribution System**. Journal of Retailing, vol 68, n°1, spring 1992.

GOMES, Adriano Provezano; BAPTISTA, Antônio José Medina dos Santos. Análise Envoltória de Dados: conceitos e modelos básicos. In: SANTOS, Maurinho Luiz dos;

VIEIRA, Wilson da Cruz (ed). **Métodos quantitativos em economia**. Viçosa MG: Editora UFV, 2004. 653 p. p. 121-160.

GRANEMANN, S. R.; RODRIGUEZ, C. M. T. **Monitoramento do Desempenho Logístico em Cadeia de Suprimentos de Hortaliças: um estudo de caso**. In: FIGUEREDO, A.; PRESCOTT, E.; MELO, M. F de. Integração entre produção familiar e o mercado varejista: uma proposta. Brasília: Universa.

GREGORIU, G. N. **Optimizations of the Largest US Mutual Funds Using Data Envelopment Analysis**. Journal of Asset Management. Londres, v.6, n.6, 2006.

GREGORIU, G. N. **Optimizations of the Largest US Mutual Funds Using Data Envelopment Analysis**. Journal of Asset Management. Londres, v.6, n.6, 2006.

GUEMAWAT, Pankaj. **A Estratégia e os Cenário dos Negócios**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman Companhia, 2007.

GUPTA, N.; TRIPATHI, S.; BALOMAJUMDER, C. **Characterization of pressmud: a sugar industry waste**. Fuel, Amsterdam, v. 90, n.1, p. 389-394, 2011.

HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.

HELUANE, H.; COLOMBO, M.; HERNÁNDEZ, M. R.; GRAELLS, M.; PUIGJANER, L. **Enhancing sugar cane process performance through optimal production scheduling**. *Chemical Engineering and Processing*, v. 46, p. 198-209, 2007.

IRVINE, J. E. Sugarcane. In: CHEN, J.C.P.; CHOU, C.C. (Ed) **Cane Sugar Handbook**. A Manual for Cane Sugar Manufactures and their Chemists. New York, John Wiley & Sons, Inc., 12th ed., 1993, 1090 p.

IRVINE, J. E; LEGENDRE, B. L. Deterioration in chopped and whole-stalk sugarcane. **Proceedings of the XVI Congress International Society of Sugarcane Technologist**, São Paulo, Brasil, 9-29 September, 1977, p.963-970.

JAMES, G. The chemical ripening of sugarcane. **International Sugar Journal**, v.101, n.1211, p.560-562, 1999.

KASSAI, Silvia. **Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de**

KISHI, Cláudia Freire da Silva. **Avaliação da Eficiência Operacional das Usinas Sucroenergéticas Atuantes no Estado de Mato Grosso do Sul**. 141 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Curso de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2015.

KOFFLER, N. F., & Donzelli, P. L. (1987). Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas, Fundação Cargill, 1, 19. Magalhães (1987)

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223–253, 2010. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/17.pdf](http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/17.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2015.

Kupfer, D. (1992). Padrões de concorrência e competitividade. *Encontro Nacional da ANPEC*, 20, 1.

LARRAHONDO, J. E et al. O. Evaluation of cane trash. **International Sugar Journal**, v.100, n.1200, p.587-591, 1998.

LARRAHONDO, J. E. Calidad de La Caña de Azúcar. Cenicaña, 1997. Disponível em: [www.cenicana.org/pdf/documentos\\_no\\_seriados/libro\\_el\\_cultivo\\_cana/libro\\_p337-354.pdf](http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p337-354.pdf)

LAVANHOLI. M. G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool. In: **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2008. p. 697-722.

LAWRENCE, P.; LORSCH, J. **Differentiation and Integration in Complex Organizations**. Administrative Science Quarterly, v. 12, p. 1-48, 1967.

LEITE, G. H. P. et al. Qualidade tecnológica, produtividade e margem de contribuição agrícola da cana-de-açúcar em função da aplicação de reguladores vegetais no início da safra. **Ciência Rural**, v.39, n.3, maio-jun, 2009. p.726-732.

LEPSCH, I. F. (1987). Influência dos fatores edáficos na produção. *Ecofisiologia da produção. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato*, 83-98.

LUCHINI, L. C. Contaminação ambiental por agroquímicos. In: CICLO SOBRE

LUDVIGSEN, J., 1999. Freight transport supply and demand conditions in the Nordic Countries: recent evidence. **Transportation Journal** 39 (2), 31–54.

MARQUES, L. D. **Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão de literatura**. Porto, Portugal: Faculdade de Economia do Porto, 2000. 82 p. (CEMPRE Working Paper).

MARTINELLI, L. A.; GARRETT, R.; FERRAZ, S.; NAYLOR, R. **Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: evidence from the state of Sao Paulo**. *Agricultural Systems*, Kidlington, V. 104, p. 419-428, 2011.

MARTINELLI, L. A.; GARRETT, R.; FERRAZ, S.; NAYLOR, R. Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: evidence from the state of São Paulo. *Agricultural Systems*, v. 104, n.5, p. 419-428, 2011. Salles-Filho et al. (2017)

MARTINS. P. G.; LAUGENI. F. P. **Administração da Produção**. 2ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MASON, Edward S. **Price Production Policies of Large-Scale Enterprise**. American Economic Review, v.29, n.1, p.64-71, 1939.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JUNIOR, G. B. **Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita**. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, p. 295-301, 2001.

MELLO, E. P. G. **Produtividade Total dos Fatores, Mudança Técnica, Eficiência Técnica e Eficiência de Escala na Indústria Brasileira**. Minas Gerais: UFMG, 2003, 104f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais.

MIELNIK, O.; SERIGATI, F.; GINER, C. What prospects for the Brazilian ethanol sector? **EuroChoices** – Agricultural Economics Society and European Association of Agricultural Economists (EAAE), v. 16, n. 1, p. 37-42, 2017.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D. Panorama setorial 2015-2018 Sucroenergético. In: Banco Nacional do Desenvolvimento [BNDES]. **Perspectivas do investimento 2015-2018 e panoramas setoriais**. APE/DEPEQ/Comitê de Análise Setorial. Brasília: BNDES, 2014. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>. Acesso em 17 ago 2016.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; GARCIA, J. L. F.; REIS, B. L. S. F. S. O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões políticas. **BNDES Setorial n° 35**, p. 277-302, BNDES, 2012.

MILLER, Roger Leroy. **Microeconomia: teoria, questões e aplicações**. Tradução Sara Gedanke. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1981. 507 p.

MIRANDA, J. R. **História da cana-de-açúcar**. São Paulo: Komedi, 2008.

Montella, M. (2009). *Micro e Macroeconomia: Uma abordagem conceitual e prática*. Atlas.

MORANDIN, M.; TOFFOLO, A.; LAZZARETTO, A.; MARÉCHAL, F.; ENSINAS, A. V.; NEBRA, S. A. **Synthesis and parameter optimization of a combined sugar and ethanol production process integrated with a CHP system**. *Energy*, Kidlington, v. 36, p. 3675-3690, 2011.

MULLER, A. L; PLAYER, M. R; WEISE, M. B. An Examination of the input, disposition and effect of dirt in Queensland Sugar Mills. **Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Australia, 1982, p.1-9.

MUTTON, M. A. Modo de ação do sal de isopropilamina de N-(fosfometil) glicina (glifosate) e efeito maturador na cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR, 1., 1993, Guarujá. **Anais...** p. 9-17.

MUTTON, M. J. R; MUTTON, M. A. Identificação de perdas de açúcares no setor agrícola. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.23, n.4, p.42-46, 2005.

MUTTON, M. J. R; MUTTON, M. A. Maturadores químicos em cana-de-açúcar: III – Efeitos na fermentação etanólica e microbiota do mosto. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2002. p.452-457.

NAGUMO, M. (1993). Elevação do teor de sacarose com uso de Roundup em solo de alta fertilidade. *SEMINÁRIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR*, 1, 47-60.

NAGUMO, M. Elevação do teor de sacarose com uso de Roundup em solo de alta fertilidade. In: SEMINÁRIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR, 1., 1993, Guarujá. **Anais...** 1993. p. 47-60.

NAKANO et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, 920p.

NAKANO, O.; ROMANO, F. C. B.; PESSINI, M. M. O. Broca do rizoma (*Migdolus* spp.) In: NAKANO, O., ROMANO, F. C. B., PESSINI, M. M. O. (Eds.). **Pragas de Solo**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, p.25-35, 2001.

NARDIN, R. R. Treinamento do setor de entomologia de Grupo Virgolino de Oliveira açúcar e álcool. In: GRUPO VIRGOLINO DE OLIVEIRA, 2002, Itapira, p.2, 3 e 6.

NASCIMENTO, M. R. R. do; RODRIGUES, W. O. P.; SCHLINDWEIN, M. M. Reflexos do setor canavieiro para o crescimento econômico da microrregião de dourados em Mato Grosso do Sul. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 17, n. 2, 2015, p. 149–162, 2015.

NEELY, Andy; ADAMS, Chris. Performance Prism. **Encyclopedia Of Social Measurement**, [s.i.], v. 3, n. , p.41-48, 2005.

NETAFIM'S AGRICULTURE DEPARTMENT. Disponível em: <[http://www.sugarcane crops.com/p/soil\\_requirement/](http://www.sugarcane crops.com/p/soil_requirement/)>. Acesso em: 18 abril. 2018.

NOGUEIRA, M. A., do Vale, S. M. L. R., do Nascimento Santos, H., & Gomes, A. P. **CONDICIONANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA**.

NONNENBERG, M. J. B., & Mendonça, M. J. C. D. (2005). Determinantes dos investimentos diretos externos em países em desenvolvimento. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 35(4), 631-655.

NOVA CANA. Cana-de-açúcar deu origem à 17% de toda energia do Brasil em 2015. 2016. Disponível em: <[www.novacana.com/n/cana/meio-ambiente/cana-de-acucar-origem-17-energia-brasil-2015-280716/](http://www.novacana.com/n/cana/meio-ambiente/cana-de-acucar-origem-17-energia-brasil-2015-280716/)>. Acesso em: 4 ago. 2016.

NYKO, D., Garcia, J. L. F., Milanez, A. Y., & Dunham, F. B. (2010). A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada.

OECD/FAO. **Agricultural Outlook 2017-2026**. Paris: OECD Publishing, 2017.

Oliveira, E. C. (2017). Investimentos no setor sucroenergético: análise do perfil das operações automáticas de financiamento contratadas com o sistema BNDES no período de 2000 a 2015. *Revista de Administração da UFSM*, 10, 44-62.

OLIVEIRA, I. R. D. (2008). Utilização da análise envoltória de dados (DEA), no diagnóstico da eficiência de cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (BOONE, 1931).

OMETTO, J. C. **Parâmetros meteorológicos e a cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 1980. 17 p.

ORLANDI, M. *et. al.* O mercado de trabalho formal na agroindústria canavieira de Mato Grosso: uma análise comparativa entre 1999 e 2009. **Revista de Estudos Sociais**, Cuiabá/MT, v. 13, n. 26, p. 183–203, 2011. Disponível em: <periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/res/article/view/276/1357>. Acesso em: 20 nov. 2015.

PAULILLO, L. F.; SOARES, S. S.; FELTRE, C.; MARQUES, D. S. P.; VIAN, C. E. F. As transformações e os desafios do encadeamento produtivo do etanol no Brasil. In: SANTOS, G. R. (Org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas**. Brasília-DF, IPEA, 2016.

PAULILLO, L. F.; VIAN, C. E.; SHIKIDA, P. F.; MELLO, F. T. Álcool combustível e biodiesel no Brasil: quo vadis? **Revista de economia e sociologia rural**. Brasília, v. 45, n. 3, p. 532 – 565, out. 2007.

PELOIA, P. R. **Proposta de Medição de Desempenho Aplicado à Mecanização Agrícola: um estudo de caso no setor sucroalcooleiro**. São Paulo: USP, 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2008.

PEREIRA, C. N. **Análise Exploratória da Eficiência Produtiva das Usinas de Cana-de-Açúcar na Região Centro-Sul do Brasil com o Método Análise Envoltória de Dados (DEA) - Índice de Malmquist**. São Paulo: UNICAMP, 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, 2012.

PEREIRA, M. C. **A Expansão da Cadeia Sucroalcooleira em Mato Grosso do Sul, Dinâmica e Determinantes**. Mato Grosso do Sul: UFMS, 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.

PINILLA, A. A. **La Medición de La Eficiencia y La Productividad**. Madrid: Ediciones Pirámide, 2001.

PINTO, A. de S. **Controle de pragas da cana-de-açúcar**. Sertãozinho: Biocontrol, 2006, 64p. (Boletim Técnico Biocontrol, n.1)

PONTE, J. F. S. R. D. (2012). *A eficiência da utilização de recursos públicos no sistema de produção de conhecimento* (Doctoral dissertation, Instituto Superior de Economia e Gestão).

PONTES, T. T. *Determinantes da eficiência técnica no setor de supermercados brasileiro: uma análise utilizando métodos de fronteira de produção* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Popper, K. R. (2004). *A lógica da pesquisa científica*. Editora Cultrix.

Porter, M. E. (1992). *Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior* (Vol. 1). Rio de Janeiro: Campus.

PORTER, M. **Vantagem Competitiva**: criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Elsevier, 31a Ed. 1989.

POSSAS, Sílvia. “Concorrência e Inovação” in: Pelaez, V. e Szmrecsányi, T. (orgs.) *Economia da Inovação Tecnológica*. São Paulo: Hucitec, 2006.

PRECETTI, A. A. C. M et al. Perdas tecnológicas em cana-de-açúcar, devido à ação da saúva mata-pasto *Atta bisphaerica*. **Boletim Técnico COOPERSUCAR**. São Paulo, v.40, p 3-8, 1989.

PRECETTI, A.A.C.M.; TERÁN, F.O.; SANCHEZ, A.G. Alterações nas características tecnológicas de algumas variedades de cana-de-açúcar, devidas ao dano da broca *Diatraea saccharalis*. **Boletim Técnico COOPERSUCAR**. São Paulo, v.40, p.3-8, 1988.

REETZ, E. R.; *et al.* Anuário Brasileiro da Cana-de-açúcar. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2013. Disponível em: <[www.grupogaz.com.br/tratadas/eo\\_edicao/24/2013/11/20131101\\_3a6f23666/pdf/4181\\_can\\_de\\_acar\\_2013.pdf](http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/24/2013/11/20131101_3a6f23666/pdf/4181_can_de_acar_2013.pdf)>. Acesso em: 5 setembro 2016.

REIS, L. N. G. dos; BRITO, J. L. S. A expansão da cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo mineiro e Alto Paranaíba–MG. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., Curitiba, 2011. **Anais...** disponível em: <[www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0407.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0407.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2015.

REZENDE, M. L.; RICHARDSON, J. W. Economic feasibility of sugar and etanol production in Brazil under alternative future prices outlook. **Agricultural Systems**, v. 138, p. 77-87, 2015.

RIPOLI, M. (2004). *Ensaio de dois sistemas de obtenção de biomassa de cana-de-açúcar (saccharum spp) para fins energéticos. 2004 213 p* (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado)–Faculdade de Ciências Agrárias. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu).

ROBALO, António. **Eficácia e Eficiência organizacionais**. Revista Portuguesa de gestão. Lisboa p. 105-116. 1995.

RODRIGUES, L. D. **A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o Zoneamento Agroecológico como ferramenta para mitigação.** 2010. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <[www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/monografia.-1.pdf](http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/monografia.-1.pdf)>. Acesso em: 30 set. 2015.

ROMÃO JUNIOR, R. A. 2009. 165 f. **Análise da viabilidade do aproveitamento da palha da cana-de-açúcar para cogeração de energia numa usina sucroalcooleira.** 2009. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

SALLES-FILHO, S. L. M.; CASTRO, P. F. D.; BIN, A.; EDQUIST, C.; FERRO, A. F. P.; CORDER, S. Perspectives for the Brazilian bioethanol sector: The innovation driver. **Energy Policy**, v. 108, n. 1, p. 70-77, 2017.

SAMPAIO, M. A. P. (2015) *360º: o périplo do açúcar em direção à Macrorregião Canavieira do Centro-Sul do Brasil.* 799 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Universidade de São Paulo. São Paulo.

SCHETTINI, B. P. (2014). Eficiência técnica dos municípios Brasileiros na educação pública: Escores robustos e fatores determinantes.

SCHLESINGER, S. **Cooperação e investimentos internacionais no Brasil: a internacionalização do etanol e do biodiesel.** Rio de Janeiro: Fase, 2012.

SHIKIDA, P. F. A.; AZEVEDO, P. F.; VIAN, C. E. F. **Desafios da Agroindústria Canavieira no Brasil Pós-Regulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v.49, n.3, jul./set. 2011.

SILVA, J. D. S., & FERREIRA, M. D. O. Eficiência técnica dos produtores de manga do Vale do São Francisco. *Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE).*

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Estimation and inference in two-stage, semiparametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, v. 136, n. 1, p. 31-64, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R; **Administração da Produção: Atlas**, 2ª edição de 2002.

SLATER, Stanley F.; OLSON, Eric M.; REDDY, Venkateshwar K. Strategy-Based Performance Measurement. **Business Horizons**, [s.i.], v. 40, n. 4, p.37-44, July/Aug. 1997.

SMEETS, E.; JUNGINGER, M.; FAAIJ, A.; WALTER, A.; DOLZAN, W. T. **The sustainability of Brazilian ethanol: an assessment of the possibilities of certified production.** *Biomass and Bioenergy*, Kidlington, v. 32, p. 781-813, 2008.

SOUSA, M. D. C. S. D., & Souza, J. C. F. (2014). Escores robustos de eficiência e seus determinantes: o caso das agências do banco do Brasil.

SOUZA, G. S. et al. Economic efficiency of Embrapa's research centers and the influence of contextual variables. *Pesquisa Operacional*, v. 27, p. 15-26, 2007.

SOUZA, G. S.; STAUB, R. B. Two-stage inference using data envelopment analysis efficiency measurements in univariate production models. *International Transactions in Operational Research*, v. 14, n. 3, p. 245-258, 2007.

SPROESSER, R. L. **Um Modelo de Produtividade para o Varejo**: o caso do varejo de alimentos. In: *Varejo Competitivo*. São Paulo: Atlas, v.3, 1999.

STERN, L.W.; El ANSARY, A.I. *Marketing channels*. 2th ed. NJ:Prentice-Hall, 1982.

STOFFEL, I. **Administração do desempenho**: metodologia gerencial de excelência. Florianópolis: Perspectiva, 1997.

STOFFEL, I. **Administração do desempenho**: metodologia gerencial de excelência. Florianópolis: Perspectiva, 1997.

STUPIELLO, J.P. Matéria-prima: qualidade total. In: SEMINÁRIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR,1, 1993, Guarujá. **Anais ...** Guarujá, 1993, p. 83.

STURION, A. C., & Fernandes, A. C. (1975). Anais do 3. Seminario COPERSUCAR da Agroindustria Acucareira.

TORQUATO, S. A.; MARTINS, R.; RAMOS, S. F. **Cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: eficiência econômica das regionais novas e tradicionais de produção**. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 39, n. 5, 2009.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Cenários e desafios para a expansão do setor sucroenergético**. 2012. 19 slides. Disponível em: <[www.unica.com.br/documentos/apresentacoes/cana-de-acucar/pag=1](http://www.unica.com.br/documentos/apresentacoes/cana-de-acucar/pag=1)>. Acesso em: 1 jun. 2015.

UNICADATA. Dados da união da indústria de cana-de-açúcar. <http://www.unica.com.br/colunas/43128270920310903120/uma-belo-monte-em-capacidade-instalada-pelo-setor-sucroenergetico/>. Disponível em: agosto de 2017.

UNICADATA. Dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar. Portal UNICA. 2016. Disponível em: Acesso em: outubro/2016.

UN-WATER. Water and energy. **World Water Development Report 2014**. v. 1, 2014. The United Nations World Water Development Report, 2014. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741E.pdf>>. Acesso em: 10 outubro 2016.

VALENTE, Amir Mattar et al. **Gerenciamento de Transporte e Frotas**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

VARIAN, H. (2010). *Microeconomia*. Elsevier Brasil.

VASQUEZ, M. C. **Eficiência e Produtividade no Ensino Superior Público**. Tese de Doutorado. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2012.

VENKATRAMAN, N. **The Concept of fit in strategy research: Towards verbal and statistical correspondence**. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology/Sloan School of Management, 1988.

VIANA, R. S. **Aplicação de maturadores químicos no final de safra, associada à eliminação de soqueira em área de reforma do canavial**. 2007. 46 f. Dissertação (Trabalho de Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

VOLPATO, J. L. M. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento do perfil de solo em colhedoras de cana-de-açúcar**. 2001. 204 f. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 684 p.

YATES, R.A. Factors that affect the quality of sugarcane – Part II: Management practices. **International Sugar Journal**, v.98, n.1171, p.362-366, 1996.

## **ANEXO**

**Tabela 01:** escores de eficiência dos estados brasileiros.

UF	Inputs				Outputs			Eficiência	
	Área estimada de colheita manual (há)	área estimada de colheita mecânica (há)	Horas de operação (min./ano)	Capacidade nominal para moagem de cana (t)	Capacidade nominal para produção de açúcar (t)	Capacidade nominal para produção de etanol (mil l)	Capacidade de armazenagem de etanol (m3)		Total ATR (t/ano)
<b>2011/2012</b>									
AL	363,415	64,535	3,891	37,000,000	3,266,175	1,102,600	480,100	3,627,949	1
CE	580	1,131	1,080	751,900		56,135	34,000	14,193	1
ES	38,651	25,288	3,797	5,984,160	147,056	518,960	145,860	497,715	0.846424
GO	134,143	522,457	3,783	65,327,340	2,104,500	4,318,068	951,596	6,417,604	1
MG	198,379	541,014	4,162	59,366,550	4,092,000	4,519,800	1,377,602	7,007,840	0.922627
MS	47,629	424,414	4,108	56,849,760	2,664,000	3,885,000	1,185,800	4,457,669	0.950795
MT	55,397	167,170	3,991	17,568,150	605,500	1,504,581	583,500	1,869,020	0.830177
PB	112,280	14,404	4,190	7,956,000	327,600	651,300	223,200	898,980	1
PE	306,892	4,863	3,803	24,631,250	2,360,750	723,450	241,716	2,173,507	1
PR	305,744	285,865	4,144	61,811,222	4,809,000	4,053,300	940,963	5,560,770	0.956561
RJ	40,076	9,218	3,606	4,819,800	168,780	174,000	69,000	273,279	0.721036
RS	1,877		4,306	121,500		8,100	6,000	11,120	1
SE	37,884		3,488	3,714,480	144,816	201,600	59,400	328,545	1
SP	1,203,470	3,131,797	4,298	404,522,550	28,542,000	22,612,500	9,419,134	42,195,899	1
<b>2012/2013</b>									
AL	344,253	73,479	3,796	35,928,000	3,195,000	1,100,520,000	539,100	23,459,852	1
CE		726	1,170	522,500		40,375,000	15,100	56,822	1
ES	29,569	30,239	3,668	4,598,000	134,330	353,780,000	117,796	423,259	0.235596
GO	122,048	618,085	4,192	68,977,380	4,287,455	5,007,636,000	1,580,596	7,323,439	0.618451
MG	141,563	575,937	4,062	62,655,540	4,915,300	4,555,820,000	1,346,717	7,050,022	0.552181
MS		469,867	4,648	37,682,106	3,115,266	4,842,684,000	1,033,500	5,106,636	1
MT	52,680	185,690	4,376	19,512,600	642,600	1,502,460,000	632,500	2,216,376	0.528419
PB	103,491	7,396	4,025	7,219,200	242,520	577,160,000	205,700	5,292,651	1
PE	255,664	4,421	3,691	19,424,200	2,149,480	782,680,000	199,116	13,573,865	1
PR	235,251	339,373	4,355	66,139,472	5,461,276	3,576,580,000	941,000	5,487,492	0.314712

<b>RJ</b>	29,200	14,617	2,524	3,669,500	173,630	190,635,000	56,000	215,400	0.115448
<b>RS</b>	1,564		900	42,500		3,000,000	6,000	2,816	1
<b>SE</b>	35,082		3,644	3,563,520	151,380	256,650,000	41,400	2,147,512	1
<b>SP</b>	984,941	3,437,785	4,425	422,603,749	31,151,918	21,837,255,317	7,486,802	45,256,732	1
<b>2013/2014</b>									
<b>AL</b>	351,785.10	65,664.90	3,479	29,339,600	15,242,980	929,060	211,240	2,700,591	1
<b>CE</b>		1,760.00	1,110	210,000		10,500	15,000	15,222	1
<b>ES</b>	23,881.80	41,458.20	4,024	5,679,420	145,642	389,752	120,296	444,816	0.767298
<b>GO</b>	98,616.00	719,774.00	4,444	71,662,320	4,358,880	5,735,880	1,688,596	8,621,727	0.934118
<b>MG</b>	155,966	623,864.00	4,596	75,719,112	5,874,190	5,811,477	1,462,717	8,190,466	0.972961
<b>MS</b>	720	653,780.10	4,310	53,248,300	1,901,445	4,396,770	1,101,160	5,254,486	1
<b>MT</b>	102,351.20	135,508.80	4,761	19,084,240	487,600	1,249,104	542,500	2,339,890	1
<b>PB</b>	107,643.50	14,706.50	3,769	6,720,000	176,750	528,500	204,200	668,649	0.843918
<b>PE</b>	281,584.50	3,045.50	3,414	15,548,000	1,576,094	451,230	162,116	1,630,098	1
<b>PR</b>	203,246	383,153.80	4,624	65,915,032	5,822,442	3,774,948	893,500	5,745,280	0.965114
<b>RJ</b>	11,061.80	27,998.20	2,816	3,850,200	180,420	198,090	56,001	233,117	0.654178
<b>RS</b>	427.6	992.4	2,250	135,000		9,000	6,000	7,628	1
<b>SE</b>	44,470.00		3,504	3,440,640	152,880	192,696	53,400	291,448	0.929555
<b>SP</b>	1,140,741	3,411,298.80	5,070	473,073,056	51,109,948	24,879,216	8,988,686	50,131,877	1
<b>2014/2015</b>									
<b>AL</b>	316,683.70	68,576.30	3,945	24,615,600	13,443,680	779,056	388,440	2,848,163	1
<b>CE</b>		1,800.00	1,110	210,000		10,500	15,000	15,446	1
<b>ES</b>	35,552.40	33,307.60	3,825	4,684,350	97,194	313,459	120,296	393,121	0.825059
<b>GO</b>	133,427.60	720,782.40	3,466	68,857,460	2,880,450	6,269,520	1,797,192	9,257,194	1
<b>MG</b>	122,118	683,411.70	3,768	58,909,788	4,684,950	4,652,586	995,877	8,136,873	1
<b>MS</b>	61,213.50	607,056.50	4,214	45,028,877	2,811,575	3,396,256	932,200	5,554,442	1
<b>MT</b>	28,811.20	197,158.80	4,437	19,700,700	669,300	1,884,128	632,500	2,410,649	1
<b>PB</b>	115,363.60	15,256.40	3,784	6,986,600	173,760	546,620	204,200	830,647	1
<b>PE</b>	258,309.10	1,820.90	2,328	13,326,000	1,262,880	481,680	188,116	1,733,832	1
<b>PR</b>	172,778	462,201.90	4,350	68,328,365	9,010,370	3,227,255	936,006	5,840,529	0.921392
<b>RJ</b>	11,378.40	21,621.60	2,856	2,386,400	91,200	146,680	43,000	190,167	0.773693
<b>RS</b>	126	1,224.00	1,900	181,800		12,120	6,000	7,439	1

<b>SE</b>	44,420.00		3,504	3,440,640	152,880	192,696	53,400	313,535	1
<b>SP</b>	696,300	3,989,430.50	4,831	500,496,441	69,452,777	24,066,350	8,573,500	47,413,240	1
<b>TOTAL</b>	<b>9,700,699</b>	<b>23,836,425</b>	<b>202,612</b>	<b>3,143,740,870</b>	<b>296,612,619</b>	<b>44,766,099,840</b>	<b>60,310,337</b>	<b>364,167,536</b>	<b>50</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>186,552</b>	<b>476,728</b>	<b>3,618</b>	<b>56,138,230</b>	<b>6,179,430</b>	<b>799,394,640</b>	<b>1,076,970</b>	<b>6,502,992</b>	<b>0.896066304</b>
<b>DESVIO PADRÃO</b>	<b>267120.45</b>	<b>935555.1409</b>	<b>1021.112</b>	<b>113596042.3</b>	<b>13194226.58</b>	<b>3097801522</b>	<b>2178518.6</b>	<b>11886082.1</b>	<b>0.201712971</b>

Fonte: Adaptado da Conab (2017).

**Tabela 02:** Variáveis do segundo estágio do modelo DEA

<b>VARIÁVEIS</b>						
<b>ESTADOS</b>	<b>ESCORES DE EFICIÊNCIA</b>	<b>TEMP</b>	<b>PLUV</b>	<b>DIST</b>	<b>ESTR</b>	<b>CRCT</b>
<b>2011/2012</b>						
<b>ALAGOAS</b>	1	24.152	213.604	40.3	67.22	1
<b>CEARÁ</b>	1	25.0145	104.347	21	88.52	1
<b>PARAÍBA</b>	1	24		52	77.5	1
<b>PERNAMBUCO</b>	1	22.9689	134.993	29.8	62.97	1
<b>SERGIPE</b>	1	24.6933	155.893	41.9	50.58	0
<b>ESPÍRITO SANTO</b>	0.846424	22.6389	69.05	33.5	34.3	1
<b>MINAS GERAIS</b>	0.922627	20.389	19.0558	41.5	50.7	1
<b>RIO DE JANEIRO</b>	0.721036	20.1551	60.785	65.9	39.56	1
<b>SÃO PAULO</b>	1	18.815	41.1019	78.7	43.88	1
<b>PARANÁ</b>	0.956561	16.5975	126.733	61.9	52.32	1
<b>R. GRANDE DO SUL</b>	1	14.239	160.376	62.1	64.71	0
<b>GOIÁS</b>	1	22.742	19.106	28.5	48.36	1
<b>MATO GROSSO</b>	0.830177	24.0967	26.7068	29.9	57.64	1
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>	0.950795	20.8433	60.82	27.4	48.36	1
<b>2012/2013</b>						
<b>ALAGOAS</b>	1	24.5208	97.4	51.9	67.1	1
<b>CEARÁ</b>	1	26.3491	29.4962	29.6	82.2	1
<b>PARAÍBA</b>	1	24.8333	82.56	39.5	77.7	1
<b>PERNAMBUCO</b>	1	23.7578	47.3822	29.3	60.4	1
<b>SERGIPE</b>	1	24.8467	87.0467	35.6	32.2	0
<b>ESPÍRITO SANTO</b>	0.235596	23.0895	73.4818	28.9	37.6	1
<b>MINAS GERAIS</b>	0.552181	20.7096	27.5883	32.9	44.2	1
<b>RIO DE JANEIRO</b>	0.115448	20.3697	69.1141	60.6	40.3	1
<b>SÃO PAULO</b>	1	18.907	77.5089	78.7	30.2	1
<b>PARANÁ</b>	0.314712	17.19	136.525	47.8	48.8	1
<b>R. GRANDE DO SUL</b>	1	15.2463	86.5489	58.7	60.6	0
<b>GOIÁS</b>	0.618451	22.788	37.6694	35.1	46.3	1
<b>MATO GROSSO</b>	0.528419	24.0414	52.0893	15.9	54.4	1
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>	1	20.8633	92.64	37.3	48.6	1
<b>2013/2014</b>						
<b>ALAGOAS</b>	1	24.872	154.324	47.1	66.91	1
<b>CEARÁ</b>	1	25.8491	88.5509	11.6	92.54	1
<b>PARAÍBA</b>	0.843918	25.17	129.207	37.9	77.79	1
<b>PERNAMBUCO</b>	1	23.92	89.6089	26.7	60.95	1
<b>SERGIPE</b>	0.929555	25.0067	153.207	42.5	44.41	0
<b>ESPÍRITO SANTO</b>	0.767298	23.0222	46.8059	36.8	39.23	1

<b>MINAS GERAIS</b>	0.972961	20.6104	31.8592	31.8	60.32	1
<b>RIO DE JANEIRO</b>	0.654178	20.4606	64.5667	65	60.96	1
<b>SÃO PAULO</b>	1	18.5564	55.2111	82.2	39.63	1
<b>PARANÁ</b>	0.965114	16.7325	133.318	62.8	49.38	1
<b>R. GRANDE DO SUL</b>	1	14.1916	128.396	48.9	60.22	0
<b>GOIÁS</b>	0.934118	22.792	34.856	27.6	43.17	1
<b>MATO GROSSO</b>	1	24.2	42.7036	13.1	68.4	1
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>	1	20.8767	75.13	31.2	51.55	1
<b>2014/2015</b>						
<b>ALAGOAS</b>	1	24.504	149.228	50.3	65.74	1
<b>CEARÁ</b>	1	25.7564	66.47	23.5	92.31	1
<b>PARAÍBA</b>	1	24.7167	93.3733	39.9	76.67	1
<b>PERNAMBUCO</b>	1	23.3667	89.9156	28.7	64.56	1
<b>SERGIPE</b>	1	24.9467	129.193	37.3	44.41	0
<b>ESPÍRITO SANTO</b>	0.825059	22.81	62.9964	40.1	50.43	1
<b>MINAS GERAIS</b>	1	20.4505	28.2944	34	35.66	1
<b>RIO DE JANEIRO</b>	0.773693	20.3829	66.6085	61	30	1
<b>SÃO PAULO</b>	1	18.9776	33.1636	78.4	40.85	1
<b>PARANÁ</b>	0.921392	17.2	118.425	49.3	45.29	1
<b>R. GRANDE DO SUL</b>	1	15.2365	151.775	32.4	80	0
<b>GOIÁS</b>	1	22.816	40.546	36.9	51.62	1
<b>MATO GROSSO</b>	1	24.0864	50.0943	14.7	57.46	1
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>	1	20.7917	72.1769	38	61.56	1
<b>TOTAL</b>	50.179713	1221.16	4569.63	2325.9	3129.24	48
<b>MÉDIA</b>	0.896066304	21.8064	83.0841	41.5339	55.8793	0.85714
<b>DESVIO PADRÃO</b>	0.201712971	3.1833	45.0031	17.0036	15.6959	0.35309

**Fonte:** elaborado pelo autor.

## **APÊNDICE**

## Resultados utilizando o modelo BCC, orientação output

DMU	Eficiências			
	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
AL	1,000000	0,607599	0,696200	0,728712
CE	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
ES	0,846424	0,920384	0,463020	0,484642
GO	1,000000	0,691045	0,654477	0,685041
MG	0,922627	0,935773	0,493427	0,516469
MS	0,950795	1,000000	0,475398	0,497598
MT	0,830177	1,000000	0,415088	0,434472
PB	1,000000	0,808462	0,595769	0,623590
PE	1,000000	0,487481	0,756260	0,791576
PR	0,956561	0,700088	0,628237	0,657574
RJ	0,721036	0,790829	0,465103	0,486823
RS	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
SE	1,000000	0,542735	0,728632	0,762658
SP	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
AL	1,000000	0,096118	0,951941	0,996395

CE	1,000000	0,774172	0,612914	0,641536
ES	0,235596	1,000000	0,117798	0,123299
GO	0,618451	1,000000	0,309226	0,323666
MG	0,552181	0,931241	0,310470	0,324968
MS	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
MT	0,528419	1,000000	0,264209	0,276548
PB	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
PE	1,000000	0,089230	0,955385	1,000000
PR	0,314712	0,869478	0,222617	0,233013
RJ	0,115448	1,000000	0,057724	0,060420
RS	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
SE	1,000000	0,139027	0,930487	0,973939
SP	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
AL	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
CE	1,000000	0,989404	0,505298	0,528894
ES	0,767298	0,948825	0,409236	0,428347
GO	0,934118	1,000000	0,467059	0,488870
MG	0,972961	0,901655	0,535653	0,560667

MS	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
MT	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
PB	0,843918	0,974450	0,434734	0,455036
PE	1,000000	0,423633	0,788184	0,824990
PR	0,965114	0,893129	0,535993	0,561023
RJ	0,654178	1,000000	0,327089	0,342363
RS	1,000000	0,961804	0,519098	0,543339
SE	0,929555	0,551879	0,688838	0,721005
SP	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
AL	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
CE	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
ES	0,825059	0,956519	0,434270	0,454549
GO	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
MG	1,000000	0,777045	0,611477	0,640032
MS	1,000000	0,905581	0,547209	0,572763
MT	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
PB	1,000000	0,791907	0,604046	0,632254
PE	1,000000	0,402419	0,798791	0,836093

PR	0,921392	0,980250	0,470571	0,492546
RJ	0,773693	0,945306	0,414194	0,433536
RS	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349
SE	1,000000	0,513002	0,743499	0,778219
SP	1,000000	1,000000	0,500000	0,523349

\*Eficiência normalizada

Pesos das Variáveis

	DMU	Peso Input1	Peso Input2	Peso Input3	Peso Input4	Peso Input5	Peso Input6	Peso Input7	Peso output1	v0
0,01215529	AL	0,00000117	0,00000192	0,00000601	0,00000000	0,00000006	0,00000000	0,00000040	0,00000028	-
4,53709270	CE	0,00000000	0,00000000	0,00502497	0,00000000	0,00131620	0,00000006	0,00000313	0,00007046	-
0,00270418	ES	0,00000810	0,00001973	0,00000222	0,00000000	0,00000236	0,00000003	0,00000000	0,00000201	-
0,12279386	GO	0,00000000	0,00000000	0,00012542	0,00000000	0,00000010	0,00000000	0,00000048	0,00000016	-
0,00475555	MG	0,00000057	0,00000083	0,00000000	0,00000001	0,00000000	0,00000004	0,00000000	0,00000014	-

0,00683691	MS	0,00000589	0,00000175	0,00000644	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000022	-
0,00029114	MT	0,00000166	0,00000000	0,00000000	0,00000004	0,00000073	0,00000001	0,00000000	0,00000054	
0,10670882	PB	0,00000402	0,00001219	0,00000000	0,00000000	0,00000055	0,00000013	0,00000000	0,00000111	
0,00000000	PE	0,00000174	0,00000254	0,00000000	0,00000000	0,00000004	0,00000001	0,00000172	0,00000046	
0,00228558	PR	0,00000114	0,00000155	0,00000000	0,00000000	0,00000001	0,00000000	0,00000019	0,00000018	
0,06661692	RJ	0,00000000	0,00000637	0,00001095	0,00000000	0,00000333	0,00000126	0,00000832	0,00000366	-
0,35845470	RS	0,00069747	0,00092014	0,00000000	0,00000000	0,00001934	0,00000158	0,00000609	0,00008993	-
0,01025716	SE	0,00002402	0,00003173	0,00000000	0,00000000	0,00000060	0,00000005	0,00000000	0,00000304	-
0,02291956	SP	0,00000000	0,00000000	-0,00000253	0,00000000	0,00000000	0,00000004	0,00000000	0,00000002	
0,00000000	AL	0,00000240	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000001	0,00000000	0,00000000	0,00000004	
15,10941100	CE	0,00180059	0,00008776	0,01371427	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00001760	-
0,17993221	ES	0,00009762	0,00000000	0,00000000	-0,00000009	0,00001176	0,00000000	0,00000000	0,00000236	

GO 0,69112891	0,00000719	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000001	0,00000000	0,00000000	0,00000014	
MG 0,19782280	0,00000787	0,00000000	0,00020653	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000014	-
MS 0,00000000	0,00034233	0,00000000	0,00000000	0,00000001	0,00000001	0,00000000	0,00000000	0,00000020	
MT 0,10729409	0,00001946	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000118	0,00000000	0,00000000	0,00000045	
PB 0,00000000	0,00000856	0,00000000	0,00001799	0,00000000	0,00000049	0,00000000	0,00000000	0,00000019	
PE 0,00692665	0,00000301	0,00000400	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000031	0,00000007	-
PR 0,00863132	0,00001179	0,00000000	0,00000000	0,00000000	-0,00000017	0,00000000	0,00000142	0,00000018	-
RJ 0,16321150	0,00021075	0,00000000	0,00048063	0,00000000	0,00001203	0,00000000	-0,00000049	0,00000464	-
RS 110,03823000	0,01627317	0,00000000	0,07159102	0,00000000	-0,00037205	-0,00000021	0,00362920	0,00035511	-
SE 0,15354377	0,00001690	0,00003763	0,00014414	-0,00000003	0,00000095	0,00000000	0,00000000	0,00000047	-
SP 0,00000000	0,00000033	0,00000000	0,00008685	0,00000000	0,00000001	0,00000000	0,00000000	0,00000002	
AL 0,00881136	0,00000151	0,00000220	0,00000067	0,00000000	0,00000000	0,00000001	0,00000113	0,00000037	-

12,74900300	CE	0,00336136	0,00036789	0,00489198	0,00000000	0,00000000	0,00000007	0,00051138	0,00006569	-
0,02214115	ES	0,00000000	0,00000000	0,00000287	-0,00000002	0,00000474	0,00000003	0,00000625	0,00000225	-
0,07689209	GO	0,00000000	0,00000012	0,00000000	0,00000000	0,00000004	0,00000012	0,00000000	0,00000012	-
0,00122968	MG	0,00000100	0,00000105	0,00000000	0,00000000	0,00000001	0,00000000	0,00000012	0,00000012	-
0,33316730	MS	0,00003916	0,00000000	0,00030280	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000019	-
0,09986703	MT	0,00000000	0,00000000	0,00009344	-0,00000001	0,00000125	0,00000001	0,00000025	0,00000043	-
0,01550815	PB	0,00000423	0,00001065	0,00000351	0,00000007	0,00000040	0,00000003	0,00000000	0,00000150	-
0,00000000	PE	0,00000135	0,00000156	0,00000000	0,00000000	0,00000004	0,00000001	0,00000381	0,00000061	-
0,00160922	PR	0,00000113	0,00000147	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000026	0,00000017	-
0,06904532	RJ	0,00000825	0,00000000	0,00000782	0,00000000	0,00000178	0,00000434	0,00000540	0,00000429	-
0,03901037	RS	0,00000000	-0,00001595	-0,00000021	0,00000040	0,00000000	0,00000504	0,00000000	0,00000440	-
0,36122524	SE	0,00000000	0,00216007	0,00026761	0,00000000	0,00000000	0,00000002	0,00000926	0,00000343	-

0,21354817	SP	0,00000000	0,00000000	0,00023725	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000002	-
0,30984550	AL	0,00000000	0,00000189	0,00000000	0,00000002	0,00000000	0,00000001	0,00000000	0,00000035	
0,00000000	CE	0,11317741	0,00000000	0,00000000	0,00000476	0,00000267	0,00000003	0,00000000	0,00006474	
0,02665469	ES	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00001183	0,00000002	0,00000025	0,00000254	
0,15080352	GO	0,00000412	0,00000000	0,00015896	0,00000000	0,00000003	0,00000000	0,00000000	0,00000011	-
0,41657830	MG	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000006	0,00000000	0,00000030	0,00000012	
0,00058114	MS	0,00000314	0,00000000	0,00000000	0,00000001	0,00000002	0,00000003	0,00000000	0,00000018	-
0,15131394	MT	0,00000467	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000106	0,00000000	0,00000000	0,00000041	
0,12271842	PB	0,00000000	0,00002664	0,00007267	0,00000000	0,00000144	0,00000002	0,00000089	0,00000120	-
0,01141920	PE	0,00000000	0,00000049	0,00000165	0,00000002	0,00000038	0,00000001	0,00000137	0,00000058	-
0,00248233	PR	0,00000079	0,00000023	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000020	0,00000022	0,00000017	-
0,08650439	RJ	0,00000716	0,00000000	0,00000985	0,00000000	0,00000284	0,00000420	0,00000919	0,00000526	-

27,62896600	RS	0,00690389	0,00000000	0,01090385	0,00000000	0,00000000	0,00000012	0,00117339	0,00013443	-
3,00360120	SE	0,00000000	0,00162836	0,00069030	0,00000000	0,00000000	0,00000822	0,00000000	0,00000319	-
0,93683467	SP	0,00000013	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000002	

Alvos

-----

AL (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	363.415,000000			363.415,000000
Input2	64.535,000000			64.535,000000
Input3	3.891,000000			3.891,000000
Input4	37.000.000,000000			37.000.000,000000
Input5	3.266.175,000000			3.266.175,000000
Input6	1.102.600,000000			1.102.600,000000
Input7	480.100,000000			480.100,000000
output1	3.627.949,000000			3.627.949,000000

CE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	580,000000	580,000000	0,000000	580,000000
Input2	1.131,000000	1.131,000000	0,000000	1.131,000000
Input3	1.080,000000	1.080,000000	0,000000	1.080,000000
Input4	751.900,000000	751.900,000000	0,000000	751.900,000000
Input5	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input6	56.135,000000	56.135,000000	0,000000	56.135,000000
Input7	34.000,000000	34.000,000000	0,000000	34.000,000000
output1	14.193,000000	14.193,000000	0,000000	14.193,000000

ES (eficiência:0,846424 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	38.651,000000		38.651,000000	0,000000 38.651,000000
Input2	25.288,000000		25.288,000000	0,000000 25.288,000000
Input3	3.797,000000		3.797,000000	0,000000 3.797,000000
Input4	5.984.160,000000		5.984.160,000000	786.234,774119 5.197.925,225881
Input5	147.056,000000		147.056,000000	0,000000 147.056,000000
Input6	518.960,000000		518.960,000000	0,000000 518.960,000000
Input7	145.860,000000		145.860,000000	11.503,170533 134.356,829467
output1	497.715,000000		588.020,815394	0,000000 588.020,815394

GO (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	134.143,000000			134.143,000000
Input2	522.457,000000			522.457,000000
Input3	3.783,000000			3.783,000000
Input4	65.327.340,000000			65.327.340,000000
Input5	2.104.500,000000			2.104.500,000000
Input6	4.318.068,000000			4.318.068,000000
Input7	951.596,000000			951.596,000000
output1	6.417.604,000000			6.417.604,000000

MG (eficiência:0,922627 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	198.379,000000			198.379,000000
Input2	541.014,000000			541.014,000000
Input3	4.162,000000			4.162,000000
Input4	59.366.550,000			59.366.550,000000
Input5	4.092.000,000000			4.092.000,000000
Input6	4.519.800,000000			4.519.800,000000

Input7	1.377.602,000000	1.377.602,000000	53.220,932491	1.324.381,067509
--------	------------------	------------------	---------------	------------------

output1	7.007.840,000000	7.595.531,906877	0,000000	7.595.531,906877
---------	------------------	------------------	----------	------------------

MS (eficiência:0,950795 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	47.629,000000	47.629,000000	0,000000	47.629,000000
--------	---------------	---------------	----------	---------------

Input2	424.414,000000	424.414,000000	0,000000	424.414,000000
--------	----------------	----------------	----------	----------------

Input3	4.108,000000	4.108,000000	0,000000	4.108,000000
--------	--------------	--------------	----------	--------------

Input4	56.849.760,000000	56.849.760,000000	17.927.421,000127	38.922.338,999873
--------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Input5	2.664.000,000000	2.664.000,000000	1.187.945,704594	1.476.054,295406
--------	------------------	------------------	------------------	------------------

Input6	3.885.000,000000	3.885.000,000000	0,000000	3.885.000,000000
--------	------------------	------------------	----------	------------------

Input7	1.185.800,000000	1.185.800,000000	174.525,557242	1.011.274,442758
--------	------------------	------------------	----------------	------------------

output1	4.457.669,000000	4.688.358,803237	0,000000	4.688.358,803237
---------	------------------	------------------	----------	------------------

MT (eficiência:0,830177 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	55.397,000000	55.397,000000	0,000000	55.397,000000
--------	---------------	---------------	----------	---------------

Input2	167.170,000000	167.170,000000	6.763,199093	160.406,800907
--------	----------------	----------------	--------------	----------------

Input3	3.991,000000	3.991,000000	930,308223	3.060,691777
--------	--------------	--------------	------------	--------------

Input4	17.568.150,000000	17.568.150,000000	0,000000	17.568.150,000000
--------	-------------------	-------------------	----------	-------------------

Input5	605.500,000000	605.500,000000	0,000000	605.500,000000
Input6	1.504.581,000000	1.504.581,000000	0,000000	1.504.581,000000
Input7	583.500,000000	583.500,000000	91.662,004120	491.837,995880
output1	1.869.020,000000	2.251.351,772861	0,000000	2.251.351,772861

PB (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	112.280,000000	112.280,000000	0,000000	112.280,000000
Input2	14.404,000000	14.404,000000	0,000000	14.404,000000
Input3	4.190,000000	4.190,000000	0,000000	4.190,000000
Input4	7.956.000,000000	7.956.000,000	0,000014	7.955.999,999986
Input5	327.600,000000	327.600,000000	0,000000	327.600,000000
Input6	651.300,000000	651.300,000000	0,000000	651.300,000000
Input7	223.200,000000	223.200,000000	0,000001	223.199,999999
output1	898.980,000000	898.979,999999	0,000000	898.979,999999

PE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	306.892,000000	306.892,000000	0,000000	306.892,000000
Input2	4.863,000000	4.863,000000	0,000000	4.863,000000

Input3	3.803,000000	3.803,000000	0,000000	3.803,000000
Input4	24.631.250,000000	24.631.250,000000	0,000000	24.631.250,000000
Input5	2.360.750,000000	2.360.750,000000	0,000000	2.360.750,000000
Input6	723.450,000000	723.450,000000	0,000000	723.450,000000
Input7	241.716,000000	241.716,000000	0,000000	241.716,000000
output1	2.173.507,000000	2.173.507,000000	0,000000	2.173.507,000000

PR (eficiência:0,956561 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	305.744,000000	305.744,000000	0,000000	305.744,000000
Input2	285.865,000000	285.865,000000	0,000000	285.865,000000
Input3	4.144,000000	4.144,000000	328,601138	3.815,398862
Input4	61.811.222,000000	61.811.222,000000	7.610.409,454940	54.200.812,545060
Input5	4.809.000,000000	4.809.000,000000	0,000000	4.809.000,000000
Input6	4.053.300,000000	4.053.300,000000	0,000000	4.053.300,000000
Input7	940.963,000000	940.963,000000	0,000000	940.963,000000
output1	5.560.770,000000	5.813.293,573716	0,000000	5.813.293,573716

RJ (eficiência:0,721036 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	40.076,000000	40.076,000000	1.730,622257	38.345,377743
Input2	9.218,000000	9.218,000000	0,000000	9.218,000000
Input3	3.606,000000	3.606,000000	0,000000	3.606,000000
Input4	4.819.800,000	4.819.800,000	1.552.507,575169	3.267.292,424831
Input5	168.780,000000	168.780,000000	0,000000	168.780,000000
Input6	174.000,000000	174.000,000000	0,000000	174.000,000000
Input7	69.000,000000	69.000,000000	0,000000	69.000,000000
output1	273.279,000000	379.008,826583	0,000000	379.008,826583

RS (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	1.877,000000	1.877,000000	0,000000	1.877,000000
Input2	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input3	4.306,000000	4.306,000000	0,000000	4.306,000000
Input4	121.500,000000	121.500,000000	0,000000	121.500,000000
Input5	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input6	8.100,000000	8.100,000000	0,000000	8.100,000000
Input7	6.000,000000	6.000,000000	0,000000	6.000,000000
output1	11.120,000000	11.120,000000	0,000000	11.120,000000

SE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	37.884,000000			37.884,000000
Input2	0,000001		0,000001	0,000000
Input3	3.488,000000		3.488,000000	0,000000
Input4	3.714.480,000000		3.714.480,0000	0,000000
Input5	144.816,000000		144.816,000000	0,000000
Input6	201.600,000000		201.600,000000	0,000000
Input7	59.400,000000		59.400,000000	0,000000
output1	328.545,000000		328.545,000000	0,000000

SP (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	1.203.470,000000		1.203.470,000000	0,000028
Input2	3.131.797,000000		3.131.797,000000	0,000079
Input3	4.298,000000		4.298,000000	0,000000
Input4	4.045.225.500,000000		4.045.225.500,000000	0,234554
Input5	28.542.000,000000		28.542.000,000000	0,000000
Input6	22.612.500,000000		22.612.500,000000	0,000000

Input7	9.419.134,000000	9.419.134,000000	0,000276	9.419.133,999724
output1	42.195.899,000000	42.195.898,999122	0,000000	42.195.898,999122

AL (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	344.253,000000			344.253,000000
Input2	73.479,000000			73.479,000000
Input3	3.796,000000			3.796,000000
Input4	35.928.000,000000			35.928.000,000000
Input5	3.195.000,000000			3.195.000,000000
Input6	1.100.520.000,000000			1.100.520.000,000000
Input7	539.100,000000			539.100,000000
output1	23.459.852,000000			23.459.852,000000

CE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	0,000001		0,000001	0,000000
Input2	726,000000		726,000000	0,000000
Input3	1.170,000000		1.170,000000	0,000000
Input4	522.500,000000		522.500,000000	0,000000

Input5	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input6	40.375.000,000000	40.375.000,000000	0,000000	40.375.000,000000
Input7	15.100,000000	15.100,000000	0,000000	15.100,000000
output1	56.822,000000	56.822,000000	0,000000	56.822,000000

ES (eficiência:0,235596 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	29.569,000000	29.569,000000	0,000000	29.569,000000
Input2	30.239,000000	30.239,000000	28.789,585504	1.449,414496
Input3	3.668,000000	3.668,000000	496,529244	3.171,470756
Input4	4.598.000,000000	4.598.000,000000	0,000000	4.598.000,000000
Input5	134.330,000000	134.330,000000	0,000000	134.330,000000
Input6	353.780.000,000000	353.780.000,000000	135.201.880,589342	218.578.119,410658
Input7	117.796,000000	117.796,000000	75.890,386297	41.905,613703
output1	423.259,000000	1.796.548,667488	0,000000	1.796.548,667488

GO (eficiência:0,618451 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	122.048,000000	122.048,000000	0,000000	122.048,000000
Input2	618.085,000000	618.085,000000	35.241,568441	582.843,431559

Input3	4.192,000000	4.192,000000	17,133296	4.174,866704
Input4	68.977.380,000000	68.977.380,000000	7.516.388,349275	61.460.991,650725
Input5	4.287.455,000000	4.287.455,000000	0,000000	4.287.455,000000
Input6	5.007.636.000,000000	5.007.636.000,000000	4.681.468.604,568779	326.167.395,431221
Input7	1.580.596,000000	1.580.596,000000	422.125,250627	1.158.470,749373
output1	7.323.439,000000	11.841.576,215422	0,000000	11.841.576,215422

MG (eficiência:0,552181 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	141.563,000000	141.563,000000	0,000000	141.563,000000
Input2	575.937,000000	575.937,000000	10.035,150939	565.901,849061
Input3	4.062,000000	4.062,000000	0,000000	4.062,000000
Input4	62.655.540,000000	62.655.540,000000	0,000000	62.655.540,000000
Input5	4.915.300,000000	4.915.300,000000	113.859,405761	4.801.440,594239
Input6	4.555.820.000,000000	4.555.820.000,000000	4.184.231.777,050982	371.588.222,949018
Input7	1.346.717,000000	1.346.717,000000	185.341,042105	1.161.375,957895
output1	7.050.022,000000	12.767.595,245017	0,000000	12.767.595,245017

MS (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input2	469.867,000000	469.867,000000	0,000000	469.867,000000
Input3	4.648,000000	4.648,000000	0,000000	4.648,000000
Input4	37.682.106,000000	37.682.106,000000	0,000000	37.682.106,000000
Input5	3.115.266,000000	3.115.266,000000	0,000000	3.115.266,000000
Input6	4.842.684.000,000000	4.842.684.000,000000	0,000000	4.842.684.000,000000
Input7	1.033.500,000000	1.033.500,000000	0,000000	1.033.500,000000
output1	5.106.636,000000	5.106.636,000000	0,000000	5.106.636,000000

MT (eficiência:0,528419 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	52.680,000000	52.680,000000	0,000000	52.680,000000
Input2	185.690,000000	185.690,000000	80.717,474863	104.972,525137
Input3	4.376,000000	4.376,000000	619,368620	3.756,631380
Input4	19.512.600,000000	19.512.600,000000	5.994.032,850798	13.518.567,149202
Input5	642.600,000000	642.600,000000	0,000000	642.600,000000
Input6	1.502.460.000,000000	1.502.460.000,000000	1.221.905.111,654071	280.554.888,345929
Input7	632.500,000000	632.500,000000	392.986,004386	239.513,995614
output1	2.216.376,000000	4.194.353,552931	0,000000	4.194.353,552931

PB (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo		
Input1	103.491,000000			103.491,000000	0,000000	103.491,000000
Input2	7.396,000000			7.396,000000	0,000000	7.396,000000
Input3	4.025,000000			4.025,000000	0,000000	4.025,000000
Input4	7.219.200,000000			7.219.200,000000	0,000000	7.219.200,000000
Input5	242.520,000000			242.520,000000	0,000000	242.520,000000
Input6	577.160.000,000000			577.160.000,000000	0,000000	577.160.000,000000
Input7	205.700,000000			205.700,000000	0,000000	205.700,000000
output1	5.292.651,000000			5.292.651,000000	0,000000	5.292.651,000000

PE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo		
Input1	255.664,000000		255.664,000000	0,000000		255.664,000000
Input2	4.421,000000		4.421,000000	0,000000		4.421,000000
Input3	3.691,000000		3.691,000000	0,000000		3.691,000000
Input4	19.424.200,000		19.424.200,000	0,000000		19.424.200,000000
Input5	2.149.480,000000		2.149.480,000000	0,000000		2.149.480,000000
Input6	782.680.000,000000		782.680.000,000000	0,000000		782.680.000,000000

Input7	199.116,000000	199.116,000000	0,000000	199.116,000000
output1	13.573.865,000000	13.573.865,000000	0,000000	13.573.865,000000

PR (eficiência:0,314712 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	235.251,000000	235.251,000000	0,000000	235.251,000000
Input2	339.373,000000	339.373,000000	12.097,101795	327.275,898205
Input3	4.355,000000	4.355,000000	437,296586	3.917,703414
Input4	66.139.472,000000	66.139.472,000000	14.759.132,870953	51.380.339,129047
Input5	5.461.276,000000	5.461.276,000000	0,000000	5.461.276,000000
Input6	3.576.580.000,000000	3.576.580.000,000000	1.575.428.305,540266	2.001.151.694,459734
Input7	941.000,000000	941.000,000000	0,000000	941.000,000000
output1	5.487.492,000000	17.436.557,451587	0,000000	17.436.557,451587

RJ (eficiência:0,115448 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	29.200,000000	29.200,000000	0,000000	29.200,000000
Input2	14.617,000000	14.617,000000	7.591,193541	7.025,806459
Input3	2.524,000000	2.524,000000	0,000000	2.524,000000
Input4	3.669.500,000000	3.669.500,000000	207.176,537325	3.462.323,462675

Input5	173.630,000000	173.630,000000	0,000000	173.630,000000
Input6	190.635.000,000000	190.635.000,000000	0,000000	190.635.000,000000
Input7	56.000,000000	56.000,000000	0,000000	56.000,000000
output1	215.400,000000	1.865.768,319885	0,000000	1.865.768,319885

RS (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	1.564,000000	1.564,000000	0,000000	1.564,000000
Input2	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input3	900,000000	900,000000	0,000000	900,000000
Input4	42.500,000000	42.500,000000	0,000000	42.500,000000
Input5	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input6	3.000.000,000000	3.000.000,000	0,000000	3.000.000,000000
Input7	6.000,000000	6.000,000000	0,000000	6.000,000000
output1	2.816,000000	2.816,000000	0,000000	2.816,000000

SE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	35.082,000000	35.082,000000	0,000000	35.082,000000
Input2	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001

Input3	3.644,000000	3.644,000000	0,000000	3.644,000000
Input4	3.563.520,000000	3.563.520,000000	0,000000	3.563.520,000000
Input5	151.380,000000	151.380,000000	0,000000	151.380,000000
Input6	256.650.000,000000	256.650.000,000000	0,000002	256.649.999,999998
Input7	41.400,000000	41.400,000000	0,000000	41.400,000000
output1	2.147.512,000000	2.147.512,000000	0,000000	2.147.512,000000

SP (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	984.941,000000			984.941,000000
Input2	3.437.785,000000			3.437.785,000000
Input3	4.425,000000			4.425,000000
Input4	422.603.749,000000			422.603.749,000000
Input5	31.151.918,000000			31.151.918,000000
Input6	2.183.725.531,000000			2.183.725.531,000000
Input7	7.486.802,000000			7.486.802,000000
output1	45.256.732,000000			45.256.732,000000

AL (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	351.785,100000	351.785,100000	0,000000	351.785,100000
Input2	65.664,900000	65.664,900000	0,000000	65.664,900000
Input3	3.479,000000	3.479,000000	0,000000	3.479,000000
Input4	29.339.600,000000	29.339.600,000000	0,000000	29.339.600,000000
Input5	15.242.980,000000	15.242.980,000000	0,000000	15.242.980,000000
Input6	929.060,000000	929.060,000000	0,000000	929.060,000000
Input7	211.240,000000	211.240,000000	0,000000	211.240,000000
output1	2.700.591,000000	2.700.591,000000	0,000000	2.700.591,000000

CE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input2	1.760,000000	1.760,000000	0,000000	1.760,000000
Input3	1.110,000000	1.110,000000	0,000000	1.110,000000
Input4	210.000,000000	210.000,000000	0,000000	210.000,000000
Input5	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input6	10.500,000000	10.500,000000	0,000000	10.500,000000
Input7	15.000,000000	15.000,000000	0,000000	15.000,000000
output1	15.222,000000	15.222,000000	0,000000	15.222,000000

ES (eficiência:0,767298 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	23.881,800000			23.881,800000
			2.310,460306	21.571,339694
Input2	41.458,200000			41.458,200000
			3.465,002896	37.993,197104
Input3	4.024,000000			4.024,000000
			0,000000	4.024,000000
Input4	5.679.420,000000			5.679.420,000000
			0,000000	5.679.420,000000
Input5	145.642,000000			145.642,000000
			0,000000	145.642,000000
Input6	389.752,000000			389.752,000000
			0,000000	389.752,000000
Input7	120.296,000000			120.296,000000
			0,000000	120.296,000000
output1	444.816,000000			579.717,419093
			0,000000	579.717,419093

GO (eficiência:0,934118 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	9.861.600.000,000000			9.861.600.000,000000
			9.861.449.896,109800	150.103,890200
Input2	719.774,000000			719.774,000000
			0,000000	719.774,000000
Input3	4.444,000000			4.444,000000
			731,999607	3.712,000393
Input4	71.662.320,000000			71.662.320,000000
			0,000000	71.662.320,000000
Input5	4.358.880,000000			4.358.880,000000
			0,000000	4.358.880,000000
Input6	5.735.880,000000			5.735.880,000000
			0,000000	5.735.880,000000

Input7	1.688.596,000000	1.688.596,000000	96.015,809805	1.592.580,190195
output1	8.621.727,000000	9.229.802,486360	0,000000	9.229.802,486360

MG (eficiência:0,972961 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	155.966,000000	155.966,000000	0,000000	155.966,000000
Input2	623.864,000000	623.864,000000	0,000000	623.864,000000
Input3	4.596,000000	4.596,000000	1.468,677125	3.127,322875
Input4	75.719.112,000000	75.719.112,000000	5.434.746,999720	70.284.365,000280
Input5	5.874.190,000000	5.874.190,000000	0,000000	5.874.190,000000
Input6	5.811.477,000000	5.811.477,000000	0,000000	5.811.477,000000
Input7	1.462.717,000000	1.462.717,000000	0,000000	1.462.717,000000
output1	8.190.466,000000	8.418.083,429244	0,000000	8.418.083,429244

MS (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	720,000000	720,000000	0,000000	720,000000
Input2	653.780,100000	653.780,100000	0,000000	653.780,100000
Input3	4.310,000000	4.310,000000	0,000000	4.310,000000
Input4	53.248.300,000000	53.248.300,000000	0,000004	53.248.299,999996

Input5	1.901.445,000000	1.901.445,000000	0,000000	1.901.445,000000
Input6	4.396.770,000000	4.396.770,000000	0,000000	4.396.770,000000
Input7	1.101.160,000000	1.101.160,000000	0,000000	1.101.160,000000
output1	5.254.486,000000	5.254.486,000000	0,000000	5.254.486,000000

MT (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	102.351,200000	102.351,200000	0,000000	102.351,200000
Input2	135.508,800000	135.508,800000	0,000000	135.508,800000
Input3	4.761,000000	4.761,000000	0,000000	4.761,000000
Input4	19.084.240,000000	19.084.240,000000	0,000000	19.084.240,000000
Input5	487.600,000000	487.600,000000	0,000000	487.600,000000
Input6	1.249.104,000000	1.249.104,000000	0,000000	1.249.104,000000
Input7	542.500,000000	542.500,000000	0,000000	542.500,000000
output1	2.339.890,000000	2.339.890,000000	0,000000	2.339.890,000000

PB (eficiência:0,843918 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	107.643,500000	107.643,500000	0,000000	107.643,500000
Input2	14.706,500000	14.706,500000	0,000000	14.706,500000

Input3	3.769,000000	3.769,000000	0,000000	3.769,000000
Input4	6.720.000,000000	6.720.000,000000	0,000000	6.720.000,000000
Input5	176.750,000000	176.750,000000	0,000000	176.750,000000
Input6	528.500,000000	528.500,000000	0,000000	528.500,000000
Input7	204.200,000000	204.200,000000	12.708,425528	191.491,574472
output1	668.649,000000	792.314,674481	0,000000	792.314,674481

PE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	281.584,500000	281.584,500000	0,000000	281.584,500000
Input2	3.045,500000	3.045,500000	0,000000	3.045,500000
Input3	3.414,000000	3.414,000000	0,000000	3.414,000000
Input4	15.548.000,000000	15.548.000,000000	0,000000	15.548.000,000000
Input5	1.576.094,000000	1.576.094,000000	0,000000	1.576.094,000000
Input6	451.230,000000	451.230,000000	0,000000	451.230,000000
Input7	162.116,000000	162.116,000000	0,000000	162.116,000000
output1	1.630.098,000000	1.630.098,000000	0,000000	1.630.098,000000

PR (eficiência:0,965114 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	203.246,200000	203.246,200000	0,000000	203.246,200000
Input2	383.153,800000	383.153,800000	0,000000	383.153,800000
Input3	4.624,000000	4.624,000000	871,712777	3.752,287223
Input4	65.915.032,000000	65.915.032,000000	13.820.365,009638	52.094.666,990362
Input5	5.822.442,000000	5.822.442,000000	951.452,162950	4.870.989,837050
Input6	3.774.948,000000	3.774.948,000000	0,000000	3.774.948,000000
Input7	893.500,000000	893.500,000000	0,000000	893.500,000000
output1	5.745.280,000000	5.952.954,056041	0,000000	5.952.954,056041

RJ (eficiência:0,654178 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	11.061,800000	11.061,800000	0,000000	11.061,800000
Input2	27.998,200000	27.998,200000	1.783,610532	26.214,589468
Input3	2.816,000000	2.816,000000	0,000000	2.816,000000
Input4	3.850.200,0000	3.850.200,0000	1.120.967,251071	2.729.232,748929
Input5	180.420,000000	180.420,000000	0,000000	180.420,000000
Input6	198.090,000000	198.090,000000	0,000000	198.090,000000
Input7	56.001,000000	56.001,000000	0,000000	56.001,000000
output1	233.117,000000	356.351,228073	0,000000	356.351,228073

RS (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo	
Input1	25.400,200000	25.400,200000	0,000000		25.400,200000
Input2	26.079,800000	26.079,800000	0,000000		26.079,800000
Input3	2.531,000000	2.531,000000	0,000000		2.531,000000
Input4	2.404.840,0000	2.404.840,000	0,000000		2.404.840,000000
Input5	179.950,000000	179.950,000000	0,000000		179.950,000000
Input6	100.300,000000	100.300,000000	0,000000		100.300,000000
Input7	52.341,000000	52.341,000000	0,000000		52.341,000000
output1	227.447,000000	227.447,000000	0,000000		227.447,000000

SE (eficiência:0,929555 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo	
Input1	44.470,000000	44.470,000000	50,000002		44.419,999998
Input2	0,000001	0,000001	0,000000		0,000001
Input3	3.504,000000	3.504,000000	0,000000		3.504,000000
Input4	3.440.640,000	3.440.640,000	0,000020		3.440.639,999980
Input5	152.880,000000	152.880,000000	0,000006		152.879,999994
Input6	192.696,000000	192.696,000000	0,000000		192.696,000000

Input7	53.400,000000	53.400,000000	0,000000	53.400,000000
output1	291.448,000000	313.534,999995	0,000000	313.534,999995

SP (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	1.140.741,200000			1.140.741,200000
Input2	3.411.298,800000			3.411.298,800000
Input3	5.070,000000			5.070,000000
Input4	473.073.056,000000			473.073.056,000000
Input5	51.109.948,000000			51.109.948,000000
Input6	24.879.216,000000			24.879.216,000000
Input7	8.988.686,000000			8.988.686,000000
output1	50.131.877,000000			50.131.876,999504

AL (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	316.683,700000			316.683,700000
Input2	68.576,300000			68.576,300000
Input3	3.945,000000			3.945,000000
Input4	24.615.600,000000			24.615.600,000000

Input5	13.443.680,000000	13.443.680,000000	0,000378	13.443.679,999622
Input6	779.056,000000	779.056,000000	0,000000	779.056,000000
Input7	388.440,000000	388.440,000000	0,000001	388.439,999999
output1	2.848.163,000000	2.848.162,999987	0,000000	2.848.162,999987

CE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input2	1.800,000000	1.800,000000	0,000000	1.800,000000
Input3	1.110,000000	1.110,000000	0,000000	1.110,000000
Input4	210.000,000000	210.000,000000	0,000000	210.000,000000
Input5	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input6	10.500,000000	10.500,000000	0,000000	10.500,000000
Input7	15.000,000000	15.000,000000	0,000000	15.000,000000
output1	15.446,000000	15.446,000000	0,000000	15.446,000000

ES (eficiência:0,825059 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	35.552,400000		35.552,400000	14.007,188699 21.545,211301
Input2	33.307,600000		33.307,600000	6.028,050666 27.279,549334

Input3	3.825,000000	3.825,000000	290,019015	3.534,980985
Input4	4.684.350,000000	4.684.350,000000	618.275,084917	4.066.074,915083
Input5	97.194,000000	97.194,000000	0,000000	97.194,000000
Input6	313.459,000000	313.459,000000	0,000000	313.459,000000
Input7	120.296,000000	120.296,000000	0,000000	120.296,000000
output1	393.121,000000	476.476,291315	0,000000	476.476,291315

GO (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	133.427,600000	133.427,600000	0,000000	133.427,600000
Input2	720.782,400000	720.782,400000	0,000000	720.782,400000
Input3	3.466,000000	3.466,000000	0,000000	3.466,000000
Input4	68.857.460,000000	68.857.460,000000	0,000000	68.857.460,000000
Input5	2.880.450,000000	2.880.450,000000	0,000000	2.880.450,000000
Input6	6.269.520,000000	6.269.520,000000	0,000000	6.269.520,000000
Input7	1.797.192,000000	1.797.192,000000	0,000000	1.797.192,000000
output1	9.257.194,000000	9.257.194,000000	0,000000	9.257.194,000000

MG (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	122.118,300000	122.118,300000	0,000000	122.118,300000
Input2	683.411,700000	683.411,700000	0,000003	683.411,699997
Input3	3.768,000000	3.768,000000	0,000000	3.768,000000
Input4	58.909.788,000000	58.909.788,000000	0,000000	58.909.788,000000
Input5	4.684.950,000000	4.684.950,000000	0,000000	4.684.950,000000
Input6	4.652.586,000000	4.652.586,000000	0,000000	4.652.586,000000
Input7	995.877,000000	995.877,000000	0,000000	995.877,000000
output1	8.136.873,000000	8.136.872,999971	0,000000	8.136.872,999971

MS (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	61.213,500000	61.213,500000	0,000000	61.213,500000
Input2	607.056,500000	607.056,500000	0,000000	607.056,500000
Input3	4.214,000000	4.214,000000	0,000000	4.214,000000
Input4	45.028.877,000000	45.028.877,000000	0,000000	45.028.877,000000
Input5	2.811.575,000000	2.811.575,000000	0,000000	2.811.575,000000
Input6	3.396.256,000000	3.396.256,000000	0,000000	3.396.256,000000
Input7	932.200,000000	932.200,000000	0,000000	932.200,000000
output1	5.554.442,000000	5.554.442,000000	0,000000	5.554.442,000000

MT (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	28.811,200000			28.811,200000
Input2	197.158,800000			197.158,800000
Input3	4.437,000000			4.437,000000
Input4	19.700.700,000000			19.700.699,999991
Input5	669.300,000000			669.300,000000
Input6	1.884.128,000000			1.884.128,000000
Input7	632.500,000000			632.499,999999
output1	2.410.649,000000			2.410.648,999999

PB (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	115.363,600000			115.363,600000
Input2	15.256,400000			15.256,400000
Input3	3.784,000000			3.784,000000
Input4	6.986.600,000			6.986.599,999999
Input5	173.760,000000			173.760,000000
Input6	546.620,000000			546.620,000000

Input7	204.200,000000	204.200,000000	0,000000	204.200,000000
--------	----------------	----------------	----------	----------------

output1	830.647,000000	830.647,000000	0,000000	830.647,000000
---------	----------------	----------------	----------	----------------

PE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	258.309,100000	258.309,100000	0,000000	258.309,100000
--------	----------------	----------------	----------	----------------

Input2	1.820,900000	1.820,900000	0,000000	1.820,900000
--------	--------------	--------------	----------	--------------

Input3	2.328,000000	2.328,000000	0,000000	2.328,000000
--------	--------------	--------------	----------	--------------

Input4	13.326.000,000	13.326.000,000	0,000000	13.326.000,000000
--------	----------------	----------------	----------	-------------------

Input5	1.262.880,000	1.262.880,000	0,000000	1.262.880,000000
--------	---------------	---------------	----------	------------------

Input6	481.680,000000	481.680,000000	0,000000	481.680,000000
--------	----------------	----------------	----------	----------------

Input7	188.116,000000	188.116,000000	0,000000	188.116,000000
--------	----------------	----------------	----------	----------------

output1	1.733.832,000	1.733.832,000	0,000000	1.733.832,000000
---------	---------------	---------------	----------	------------------

PR (eficiência:0,921392 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

Input1	172.778,100000		172.778,100000	0,000000	172.778,100000
--------	----------------	--	----------------	----------	----------------

Input2	462.201,900000		462.201,900000	0,000000	462.201,900000
--------	----------------	--	----------------	----------	----------------

Input3	4.350,000000		4.350,000000	297,716585	4.052,283415
--------	--------------	--	--------------	------------	--------------

Input4	68.328.365,000000		68.328.365,000000	12.483.244,147072	55.845.120,852928
--------	-------------------	--	-------------------	-------------------	-------------------

Input5	9.010.370,000000	9.010.370,000000	3.226.878,028015	5.783.491,971985
Input6	3.227.255,000000	3.227.255,000000	0,000000	3.227.255,000000
Input7	936.006,000000	936.006,000000	0,000000	936.006,000000
output1	5.840.529,000000	6.338.813,182664	0,000000	6.338.813,182664

RJ (eficiência:0,773693 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	11.378,400000	11.378,400000	0,000000	11.378,400000
Input2	21.621,600000	21.621,600000	5.602,120048	16.019,479952
Input3	2.856,000000	2.856,000000	0,000000	2.856,000000
Input4	2.386.400,000	2.386.400,000	63.582,503424	2.322.817,496576
Input5	91.200,000000	91.200,000000	0,000000	91.200,000000
Input6	146.680,000000	146.680,000000	0,000000	146.680,000000
Input7	43.000,000000	43.000,000000	0,000000	43.000,000000
output1	190.167,000000	245.791,249693	0,000000	245.791,249693

RS (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
Input1	126,000000	126,000000	0,000000	126,000000
Input2	1.224,000000	1.224,000000	0,000000	1.224,000000

Input3	1.900,000000	1.900,000000	0,000000	1.900,000000
Input4	181.800,000000	181.800,000000	0,000000	181.800,000000
Input5	0,000001	0,000001	0,000000	0,000001
Input6	12.120,000000	12.120,000000	0,000000	12.120,000000
Input7	6.000,000000	6.000,000000	0,000000	6.000,000000
output1	7.439,000000	7.439,000000	0,000000	7.439,000000

SE (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo	
Input1	44.420,000000		44.420,000000	0,000015	44.419,999985
Input2	0,000001		0,000001	0,000000	0,000001
Input3	3.504,000000		3.504,000000	0,000000	3.504,000000
Input4	3.440.640,000000		3.440.640,000000	0,000871	3.440.639,999129
Input5	152.880,000000		152.880,000000	0,000064	152.879,999936
Input6	192.696,000000		192.696,000000	0,000000	192.696,000000
Input7	53.400,000000		53.400,000000	0,000011	53.399,999989
output1	313.535,000000		313.534,999900	0,000000	313.534,999900

SP (eficiência:1,000000 )

Variável	Atual	Radial	Folga	Alvo
----------	-------	--------	-------	------

















PR	0,22616486	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,36186333	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,01974303	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,35828970	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,03393908	
RJ	0,00000000	0,00000000	0,02083492	0,00000000	0,00000000	0,35064339	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,02093616	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00225870	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,02103330	0,58429353	0,00000000	0,00000000	
RS	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1,00000000	0,00000000	0,00000000	
SE	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1,00000000	0,00000000	
SP	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1,00000000	

**TOBIT EM PAINEL : saídas do programa estatístico STATA15.**

```
. xttobit y TEMP PLUV VIAS DIST CRCT 2011 2012 2013, ll(0) ul(1)tobit
```

Fitting comparison model:

Fitting constant-only model:

Iteration 0: log likelihood = -49.32663

Iteration 1: log likelihood = -33.446198

Iteration 2: log likelihood = -32.20454

Iteration 3: log likelihood = -32.195987

Iteration 4: log likelihood = -32.195986

Fitting full model:

Iteration 0: log likelihood = -37.47674

Iteration 1: log likelihood = -19.927286

Iteration 2: log likelihood = -18.534679

Iteration 3: log likelihood = -18.504942

Iteration 4: log likelihood = -18.504932

Iteration 5: log likelihood = -18.504932



upper = 1                      Right-censored =    33  
 Group variable: id              Number of groups =    14  
 Random effects u\_i ~ Gaussian      Obs per group:  
    min =    3  
    avg =    3.9  
    max =    4  
 Integration method: mvaghermite      Integration pts. =    12  
    **Wald chi2(8) = 32.89**  
**Log likelihood = -12.583919              Prob > chi2 = 0.0001**

```

-----
y |   Coef.  Std. Err.   z  P>|z|  [95% Conf. Interval]
-----+-----
TEMP | .0073653   .036998   0.20  0.842  -.0651494   .0798801
PLUV | -.00267   .0016778  -1.59  0.112  -.0059585   .0006185
VIAS | .0070146   .0052675   1.33  0.183  -.0033095   .0173387
DIST | .0121961   .0050779   2.40  0.016  .0022436   .0221486
CRCT | -.5012439  .2952594  -1.70  0.090 -1.079942   .077454

```

2011	-.3128605	.1134007	-2.76	<b>0.006</b>	-.5351218	-.0905993
2012	-.502607	.1091836	-4.60	<b>0.000</b>	-.716603	-.288611
2013	-.3050031	.1188996	-2.57	<b>0.010</b>	-.5380421	-.0719642
_cons	.9311048	1.001313	0.93	0.352	-1.031433	2.893643

-----+-----

/sigma_u	.2747441	.0910686	3.02	0.003	.0962529	.4532353
/sigma_e	.176554	.0358343	4.93	0.000	.1063201	.2467879

-----+-----

rho	.7077387	.1721911		.331574	.9368866
-----	----------	----------	--	---------	----------

-----

**LR test of sigma\_u=0: chibar2(01) = 11.84      Prob >= chibar2 = 0.000**

*Marginal effects after xttobit*

$y = E(y^*|0 < y < 1)$  (*predict, ys(0,1)*)

= **.92401226**

-----+-----

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[ 95% C.I. ]	X
----------	-------	-----------	---	------	--------------	---

-----

TEMP	.002554	.01294	0.20	0.844	-.022815	.027923	21.7665
PLUV	-.0009259	.00063	-1.46	0.144	-.002168	.000316	83.0841
VIAS	.0024324	.00197	1.23	0.217	-.001431	.006296	41.3436
DIST	.0042292	.00189	2.24	<b>0.025</b>	.000521	.007937	55.4862
CRCT	-.0984392	.04366	-2.25	<b>0.024</b>	-.184017	-.012862	.854545
2011	-.1392503	.06378	-2.18	<b>0.029</b>	-.264261	-.01424	.236364
2012	-.2472999	.07708	-3.21	<b>0.001</b>	-.398382	-.096218	.254545
2013	-.1330414	.06368	-2.09	<b>0.037</b>	-.257858	-.008224	.254545

-----  
 (\*) dy/dx is for discrete change of dummy variable from 0 to 1